

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата геолого-минералогических Ю.К.Советова на диссертацию Мотовой Зинаиды Леонидовны

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА

Представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология

Диссертация Мотовой Зинаиды Леонидовны представляет собой рукопись объемом 158 стр, состоит из пяти глав, введения и заключения и списка литературы - 138 названий. Текст с описанием и анализом фактического материала вместе с иллюстрациями имеет объем 110 стр., остальную часть – 48 стр. занимают таблицы с аналитическим материалом.

Диссертант не стремилась к классическом исследованию, поэтому в работе З.Л.Мотовой нет точной и ясной информации о строении осадочных комплексов, о структуре и происхождении осадочных систем, направлениях переноса обломочного материала. Весь собранный материал нацелен на точный химический и геохимический анализы осадочных пород позднедокембрийских осадочных серий только в одном районе Сибирской платформы, который чаще всего в литературе именуется Присяянским прогибом. Уже по названию видно, что это отдельная тектоническая структура, и автор стремилась показать насколько выполняющие её осадочные комплексы по составу близки к одновозрастным отложениям родственных тектонических структур на южной периферии Сибирской платформы.

Предметом исследования был состав обломочных пород на двух стратиграфических уровнях позднедокембрийского чехла Присяянского прогиба, объектом исследования были песчаники карагасской и оселковой серий. Состав песчаников изучался химическим и геохимическими методами (и внушительный список выполненных анализов и собранных в таблицах на стр.132-158, однозначно показывает основательность подхода автора к этому делу). Петрографические измерения можно рассматривать как дополнительные, скорее иллюстративные, чем информационные. Очень важным в этой работе и весьма полезным для геологов разных специальностей было исследование возраста и геохронологического положения осадочных комплексов в стратиграфической шкале. Цирконометрический метод, обоснованный анализом возраста детритовых цирконов, вынужденно точечный по сложности и стоимости, косвенно восстанавливает или уточняет предварительные вехи исторической последовательности осадочных комплексов. Диссертантом проводился пробоотбор и подготовка препаратов для этого метода и интерпретация спектров значений возраста, что послужило одним из серьезных аргументов суждений о геологической истории осадочных бассейнов и Сибирского кратона, в целом.

Во введение декларированы цель, задачи и актуальность исследования, а также материал, собранный и обработанный автором, на основе которого сделаны выводы об истории осадконакопления регионального масштаба и высказаны некоторые представления о связи осадконакопления на Сибирской платформе с глобальной геодинамикой. Во введение пояснено, что объектом исследования автора были две осадочные серии Бирюсинского Присяянья – карагасская и оселковая серии позднего

риффея и венда (криогения и эдиакария Международной стратиграфической шкалы). Четыре задачи связаны с петрографическим и геохимическим анализами кластических (песчаных) пород указанных серий, пятая задача - сравнить аналитические данные по осадочным сериям Бирюсинского Присяянья с данными по осадочным сериям на всей южной окраине Сибирского кратона – объясняет широкое название диссертационной работы. Около 100 образцов песчаников из карагасской и оселковой серий были изучены петрографическим, химическим и различными геохимическими методами и проведен сравнительный анализ с опубликованными результатами такого изучения песчаников из байкальской (юго-западное Прибайкалье) и патомской серий (Патомское нагорье). В качестве научной новизны этой исследовательской работы декларируется комплексный подход анализа песчаных пород – петрография, химия, геохимия и геохронология на основе возраста детритовых цирконов. Отметим, что слово «впервые» для петрографических исследований не соответствует действительности, давно опубликована более детальная работа на более обширном материале по петрографическому сравнительному анализу песчаников верхней части оселковой серии и перекрывающей усть-тагульской свиты и их многочисленных литостратиграфических аналогов в Енисейском кряже, Иркутском Присяянье и внутреннем поле Иркутского амфитеатра (Советов, 1977).

В качестве трех защищаемых положений доказываются: 1) предполагаемые внутрикратонные источники кластического материала для кластических отложений карагасской серии, марнинской и нижней части удинской свит, 2) предполагаемые «орогенные» (внешние) и внутрикратонные источники кластического материала верхней части оселковой серии в объеме верхнеудинской подсвиты и айсинской свиты, 3) смена источников обломочного материала коррелируется с такой сменой в одновозрастных осадочных толщах Прибайкалья и Патомского нагорья и связана с этапами становления Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Различные аспекты исследования З.Л. Мотова опубликовала на многочисленных региональных геологических конференциях, двух международных конференциях и в качестве первого автора или соавтора научных статей в журналах по списку ВАК.

Глава 1 – Геологическое строение района работ – написана на основе опубликованных работ других исследователей. Рассматривается структура Сибирского кратона и строение краевых частей позднедокембрийского чехла Сибирской платформы. К подписи к Рис.1, на котором изображен Сибирский кратон, есть замечания:

- 1) Наряду с реальными «выступами» докембрийских комплексов показаны области, которые называются «провинциями», но ничего не сказано, почему применена другая тектоническая номенклатура.
- 2) Обнаженные архейские и палеопротерозойские блоки названы «выступами фундамента», но нет никакой информации, что тогда считать чехлом и какой возраст имеет платформа.

В описании геологического строения, при анализе материала и в обсуждении - везде введено словосочетание «фундамент Сибирского кратона» и «чехол Сибирского кратона», что терминологически не верно, т.к. фундамент, как геологическое понятие, имеет неразрывную связь с другим понятием – платформа. Где есть фундамент, там есть (или предполагается) чехол платформы. Понятие Сибирская платформа вообще ни разу не упоминается в тексте работы. Читатель не знакомый с геологией Восточной Сибири так

никогда и не узнает, что изученные осадочные комплексы Бирюсинского Присяянья имеют стратиграфическое продолжение на тысячи километров в качестве нижних членов чехла Сибирской платформы. На стр. 13 приведено значение максимальной мощности осадочных комплексов в краевых частях Сибирской платформы «до 1500 м», что преуменьшено почти на порядок. На стр. 14 написано, с литературной ссылкой, что мощные осадочные серии, которые представляют предмет интересов диссертанта, образовались на «окраине Палеоазиатского океана». В тектонической терминологии есть понятие «окраина континента», «континентальная окраина». Какую «окраину» имеет современный океан около цепи или архипелага островов?

В основу всякого исследования осадочных комплексов всегда положена стратиграфия отложений, которая ранжирует части комплексов по времени образования. Поэтому оппонент обращал больше внимание на характеристику осадочных серий в разделе 1.2. и 1.3. На Рис 3 стратиграфическая схема карагасской и оселковой серий в Бирюсинском Присяянье содержит несколько досадных ошибок: 1) интрузии долеритов и шошонитов в карагасской серии найдены не только в нижней части разреза, но установлены и закартированы на всех стратиграфических уровнях в шангулежской, тагульской и ипситской свитах, 2) мощность отложений айсинской свиты сильно преуменьшена и составляет в хорошо обнаженном разрезе на Бирюсе более 1100 м, 3) не показаны известняки в верхней части удинской свиты, которые выполняют функцию маркирующего горизонта в региональной и межрегиональной корреляции. Дана излишне обширная информация по стратиграфии и составу палеопротерозойских пород Бирюсинского блока, на котором отложений карагасской и оселковой серий не обнаружено.

При описании тектонической структуры Бирюсинского Присяянья (стр.17) выпала из рассмотрения основополагающая работа Н.А.Берзина (1967) по тектонической структуре Присяянского прогиба, вероятно, поэтому автор пишет «... для пород карагасской серии характерно блоковое строение...», не уточняя что это сдвиги и каков масштаб и характер смещений блоков.

В целом, в разделах 1.2 и 1.3 сведения по стратиграфии и составу осадочных серий настолько информационно сжаты, что судить по ним о реальной стратиграфической структуре и составу отложений невозможно. Эти сведения использованы в работе как грубая канва, которая позволяет различать крупные подразделения, из которых взяты образцы пород, но не дают возможности судить из каких детальных подразделений они взяты.

Глава 2, Аналитические методики изучения терригенных отложений, вся предназначена для описания различных параметров химического состава осадочных пород, которые, судя по предшествующему геологическому опыту, дают порознь и в сочетаниях информацию о происхождении компонентов пород. Эта глава содержит все необходимые сведения о главном инструментарии автора диссертации. Прецизионным методам предшествовал петрографический количественный анализ пород в шлифах (около 6 десятков), а также отбор зерен детритовых цирконов под биноклем. Силикатным анализом (мокрой химией) определялись петрогенные окислы, концентрация Co, Ni, и Sc на спектрометре ДФС-13, содержания редких и редкоземельных элементов на масс-спектрометре Agilent 7500 се. Диссертант выясняла распределение в обломочных породах (в основном, в песчаниках) оксидов некоторых металлов и вычисляла по ним петрохимические модули, выясняла распределение в осадочных сериях крупнообломочных

литофильных, транзитных, высокозарядных, радиоактивных и редкоземельных химических элементов. Химическая аналитическая работа лежит в основании всех выводов об уточнении классификации пород, об источниках силикокластического (терригенного) осадочного вещества и, в конечном счете, о вероятном составе области сноса (денудации). Одним из главных направлений геохимических исследований, из которого следовали наиболее ощутимые геологические выводы, был геохронологический анализ детритовых цирконов. Автор составила достаточно подробное описание методов анализа и пробоотбора. Аналитические процедуры по определению возраста цирконов методом LA ICP-MS проводились в разных лабораториях мира: в Университете наук о Земле (Пекин, КНР), в Apatitt to Zircon Inc. (США). Автор сообщает на каких именно приборах проводился анализ

Следующие две главы 3 и 4, объемом 40 стр. с иллюстрациями, содержат главные результаты аналитической работы пород неопротерозойского осадочного чехла «Саянского сегмента» Саяна-Байкало-Патомского пояса.

Глава 3. Характеристика терригенных пород карагаской серии. Изложению собственных исследований предшествует краткий обзор известного по ранее опубликованным работам других геологов. Этот обзор весьма фрагментарен и не имеет цель детально осветить строение серии. Поэтому недостаточно ясно положение точек отбора проб в стратиграфической последовательности отложений. Отметим также, что базальные конгломераты и конгломерато-брекчии шангулежской свиты имеют признаки гляциального (гляцио-флювиального) происхождения, что весьма важно для корреляции оледенений криогения и о чем сообщалось на одной из конференций по ЦАПП (Иркутск, 2015), но даже не упоминается диссертантом. В целом, ясно, что стратиграфические подразделения карагаской серии рассматриваются как петрографически целостные единицы разреза.

В разделе 3.2, петрографическая характеристика терригенных пород карагаской серии, приведено микроскопическое описание песчаников и их классификация по составу трех компонентов. В целом, положение точек состава на треугольных диаграммах близко к данным оппонента. Есть два замечания-вопроса: 1) каким методом производились количественные петрографические анализы, чтобы оценить их валидность (?), 2) какими мотивами руководствовался автор, выбирая классификации и номенклатуры песчаников по Ф. Петтиджону (1981) и Н.Логвиненко (1974), Рис. 7. Знать это важно по двум причинам: количество измеренных зерен должно быть достаточным, чтобы анализ воспроизводился этим методом, классификация песчаников тесно связана с номенклатурой и должна быть точной. В зависимости от выбранной классификации песчаник может получить разные наименования, в частности, это уже достаточно давно мной было показано на основании анализа многих схем (Советов, 1977). В этой же ссылке приведены доказательства того, что термины «аркоз» и «граувакка» могут применяться только в широком смысле - как отражений некоторых общих геологических и петрографических свойств крупных осадочных серий. Петрографическая классификация и номенклатура должны строиться на объективном разделении всего пространства признаков независимым методом. По этим же причинам петрографы никогда не объединяют в одно «царство» силикокластические (терригенные) и карбонатные песчаники. Последние в геологической практике всегда принадлежат «царству» карбонатных пород. В описаниях, количественной характеристике, и на фотографиях, хорошо видно, что это конкретные «случайные» образцы пород, которые не характеризуют классы, которым они принадлежат.

При всей неопределенности количественной оценки состава, сделанной в диссертации, автору удалось понять главное: песчаники всех свит карагасской серии принадлежат полевошпат-кварцевому и кварц-полевошпатовому классам, т.е «аркозовой» серии. Появление «аркозовых» серий всегда связано с размывом гранитоидов и переносом материала в бассейн седиментации.

Более точные методы анализа состава песчаников карагасской серии определены их химическими и геохимическими параметрами, и отражены в разделе 3.3. Литогеохимическая характеристика терригенных пород. Цель такого анализа – расшифровать вещественный состав исходных пород и геодинамические условия бассейна седиментации. Автор в тексте везде применяет словосочетание «область источника сноса», что, по-русски, обозначает два отдельных словосочетания: «область сноса (денудации)» и «источник материала». Такой терминологии мы и будем придерживаться. Химическая классификация песчаников строится на соотношении петрохимических модулей с использованием дискриминантных диаграмм. На диаграмме (Pettijohn et al., 1972, есть публикация монографии на русском языке) песчаники всех свит карагасской серии попадают в четыре класса: лититов, субаркозов и сублититов, а также кварцевых аренитов. Поскольку их минеральный состав преимущественно кварц-полевошпатовый, то становится ясным причины широкого разброса состава от аркозовой до лититовой и суперкварцевой групп. Эта причина в наличии и количестве глинистого и кварцевого цемента. Другая литохимическая особенность песчаников карагасской серии их разделение на две группы по содержанию натрия (Na), которое истолковывается как вторичное изменение и потеря натрия в катагенезе. Это особенность состава не связана с положением в стратиграфической последовательности только одной части коллекции песчаников, поэтому такое толкование проблематично, но возможно.

Диаграммы состава песчаников по соотношению разных петрохимических модулей по (Юдович, Кетрис, 2000) очень неясные и однозначно определяют все песчаники как петрогенные, но дают широкий ряд от супер- до норморсилитов. Какой генетический смысл вкладывает диссертант в эти термины и для чего эта трудоемкая работа рецензенту не понятно.

Определение концентраций редких и рассеянных элементов в песчаниках карагасской серии дало возможность сравнить со средним содержанием элементов в так называемом «среднем протерозойском кратонном песчанике» СПКП, по (Condie, 1993). По содержанию ряда элементов-примесей песчаники шангулежской и тагульской свит немного отличаются от СПКП с положительным или отрицательным знаком или близки к стандарту, но каков тайный генетический смысл такого сравнения автор не объясняет. Это же замечание касается распределения редкоземельных элементов всегда с близким фракционированным спектром и отрицательной европиевой аномалией. На диаграмме A-CN-K (Nessbit, Young, 1989) показана отчетливое изменение составов песчаников от значения почти близкого к среднему граниту к значениям с почти полной потерей натрия, а также к значениям с полной потерей натрия и значительной потерей калия. Первая тенденция изменения состава исходного обломочного материала связана, как считает диссертант, с потерей натрия при катагенезе пород карагасской серии, вторая тенденция, кроме названной причины, связана с выветриванием пород в области сноса, потерей калия и приближением исходного состава гранита к составу иллита. Судя по приведенным признакам изменения калиевых полевых шпатов и характеру цемента, такие выводы представляются логичными.

Особенное место в диссертации занимает раздел 3.5 об исследовании детритовых цирконов из песчаников карагасской серии. Всего было отобрано шесть проб, четыре из шангулежской свиты и по одной из тагульской и ипситской свит. Возраст детритовых цирконов определялся методом LA-ICP-MS. В работе приводится полная информация о процедуре подготовки выборки цирконов, их морфологическом анализе и катодоллюминисцентном анализе срезов для заключения о происхождении. Для выяснения возраста популяции цирконов в каждом стратиграфическом подразделении из проб сделана выборка зерен с конкордантными значениями возраста, поэтому анализы вызывают доверие. Цирконы из шангулежской свиты по возрасту образуют две группы: архейскую и раннепротерозойскую с максимальным возрастом 3778 млрд. лет и минимальным возрастом 1730 млрд. лет, соответственно. На гистограммах (Рис. 17) показан диапазон распределения, частота встречаемости на временной шкалы и интервалы с наибольшей вероятностью возраста. Из этих аналитических данных следует однозначный вывод о происхождении популяций из пород фундамента Сибирской платформы. На гистограммах видна отчетливая закономерность: наиболее выдающийся пик по числу зерен отражает коллизионные магматические события, связанные с образованием Сибирского кратона, другие пики встречаемости отражают тектонические и магматические события амальгамации террейнов при формировании более древних суперконтинентов. Геохронологический анализ детритовых цирконов из тагульской свиты дал идентичную картину группировок по возрасту, что несомненно указывает на один и тот же источник кластического материала – фундамент из внутренних областей Сибирской платформы. Детритовые цирконы из ипситской свиты, кроме архейских и палеопротерозойских зерен, содержат единичные зерна неопротерозоя, в том числе 2 зерна эдиакарского возраста 610 млн. лет. Как считает автор этого отзыва, по седиментологическим данным в предипситское время произошли резкие изменения в бассейне седиментации, связанные с общими изменениями палеогеографии и очень низким падением уровня моря. Имела место деформация чехла, появилось стратиграфическое несогласие. Но внутрикратонные источники обломочного материала сохранились, поэтому появление цирконов столь молодого возраста большая загадка и для постановки научной задачи их происхождения необходимо подтверждение с точным местом отбора пробы и повторным анализом.

В разделе 3.6 – источники вещества и геодинамические условия образования терригенных отложений карагасской серии – автор интерпретирует свои аналитические данные в палеогеографическом и геодинамическом аспектах. Для этого используется известная петрологическая треугольная диаграмма У. Диккинсона с соавторами для ранжирования смесей обломков в песчаниках. Почти все точки состава песчаников шангулежской, тагульской и ипситской свит принадлежат провинции «континентальных блоков» и находятся в полях «стабильного кратона» и «поднятого фундамента», что соответствует и данным оппонента. Часть точек состава находится в пограничной области – в поле «рециклированных орогенов» при содержании обломков пород 5-15%. По данным оппонента состав обломков, соответствующий «рециклированным орогенам», мог появиться в нижней части шангулежской свиты и, возможно, связан с накоплением гляциофлювиальных отложений. Петрографические выводы подтверждены диссертантом распределением соотношения редких, редкоземельных и высокозарядных химических элементов в поле кислых магматических пород на диаграммах К. Мак-Леннана и др.(1993), и М. Куллерса, (2002). Общий вывод диссертанта – основной питающей провинцией был Сибирский кратон, комплексы фундамента платформы – оппоненту представляется верным и полностью соответствующим фактическому материалу. Но

считать, что источником материала была, именно, «южная окраина Сибирского кратона» - преждевременно, без дополнительных седиментологических данных о направлениях и способах переноса кластики этот вывод только предположительный.

Глава 4, характеристика терригенных пород оселковой серии, вся посвящена петрографическому и геохимическому анализам песчаников и их палеогеографической и геодинамической интерпретации. Название главы показывает, что автор исследовала не стратиграфические подразделения и осадочные системы, а имела дело только с образцами пород. Вначале дается очень короткая история исследования этой серии, в которой не рассмотрена одна из основных работ (Советов, 1977), которая была нацелена на описание разрезов и петрографии песчаников верхней части оселковой серии и ее аналогов на Енисейском кряже, в Иркутском Присяянье, Прибайкалье и внутреннем поле Иркутского амфитеатра. Не проанализированы новейшие работы оппонента (Советов, Благовидов, 2004, Советов, 2011а, б, в, Советов, 2018), в которых подробно рассмотрен генезис разных осадочных комплексов оселковой серии и ее стратиграфических аналогов. Если бы это было сделано, диссертант никогда бы не написала, что «...оселковая серия... местами переходит в терригенный флиш», что по определению этого термина в корне не верно. Общая характеристика осадочных комплексов оселковой серии настолько краткая и сжатая, что не дает ясного представления о строении этой очень сложно построенной серии. Автор должна была пояснить в каком стратиграфическом объеме принимаются подразделения серии. Например, судя по петрографическому анализу песчаников и привязке разрезов на местности, удинская свита принимается в объеме легенды геологической съемки, тогда как в работах (Sovetov, 2011, 2018 и др.) верхняя ее часть, представленная муксутской пачкой - наиболее информативна для палеогеографии осадочный комплекса нижней части айсинской свиты, что подтверждает аналитическая работа диссертанта. В описании общей характеристики оселковой серии дано очень преуменьшенное значение мощности айсинской свиты (200-700 м), тогда как в колонке на Рис.3 до 1000 м. И еще одно замечание к стр.65, где написано, что оселковая серия сформировалась в «...пределах обширного окраинно-континентального шельфа», что не верно, т.к. вся ее верхняя часть – айсинская свита - образовалась на аллювиальной равнине, а отдельные пачки нижней части – марнинская и удинская свиты - на гляциофлювиальных равнинах (Советов, 2018). В целом, отложения марнинской, удинской и айсинской свит образовались в 9 различных обстановках осадконакопления, континентальных и морских. Уточним также - марнинская свита залегает на поверхности ледниковой экзарации карагасской серии, т.е. на разных горизонтах ипситской и тагульской свит.

Раздел 4.2. Петрографическая характеристика терригенных пород оселковой серии.

Диссертантом проведен количественный петрографический анализ песчаников марнинской, удинской и айсинской свит и точки модального состава нанесены на треугольные диаграммы Н.Логвиненко и Ф, Петтиджона с соавторами. Почему автор применила для песчаников оселковой серии другие, относительно карагасской серии, дискриминантные диаграммы не объясняется. Классы и номенклатура песчаников карагасской серии и оселковой серии различаются. Главная цель работы сравнить две серии по составу песчаников, но классификации разные. Почти все образцы песчаников удинской и айсинской свит попали в группы аркозовых и полевошпат-кварцевых по одной схеме и аркозовых и субаркозовых – по другой. Оппонент уже достаточно давно доказал, что песчаники айсинской свиты характеризуются низким содержанием полевых шпатов и высоким содержанием обломков пород и резко отличаются от песчаников марнинской +

удинской свит, обогащенных полевыми шпатами (Советов, 2011, Советов и др., 2015). Эти отличия связаны со сменой областей сноса во времени: в начале эдиакария размывались гранитоидные массивы фундамента в центральных районах Сибирской платформы, в позднем эдиакарии появился огромный внешний источник обломочного материала, а внутренний источник почти нацело был перекрыт осадками. Два независимых источника материала и области сноса доказываются также седиментологическими данными (Советов, 2018). Терминологическая однородность состава, показанная диссертантом, по-видимому связана с недоучетом обломков глинистых пород (сланцев) в айсинской свите, которые в условиях катагенеза раздавлены и имеют вид «базального» глинистого цемента между жесткими зернами кварца. Это хорошо подтверждено литогеохимическими данными самой защищаемой, которые прямо подтверждают существование двух областей сноса, исторически сменяющих друг друга.

Замечания к петрографическим измерениям диссертанта сводятся к нескольким пунктам: 1) не рассмотрена процедура и ограничения количественного модального анализа шлифов, 2) не обоснован выбор классификации песчаников, 3) не рассмотрена правомерность применения тех или других наименований, например, терминов «граувакка» и «аркоз».

Геохимическая диагностика песчаников оселковой серии рассмотрена в разделе 4.3. На диаграмме Ф.Петтиджона с соавторами (1976) отлично видно, что песчаники марнинской и нижней части удинской свиты обогащены кремнием и калием, тогда как песчаники верхней части удинской свиты (муksутская пачка айсинской свиты по (Советов, 2018)) и айсинской свиты относительно обогащены алюминием и натрием. Эта закономерность - прямое следствие их петрографического состава, о чем было сказано выше. Автором диссертации рассчитаны петрохимические модули и сделан вывод о петрогенной природе песчаников, какое значение имеет этот термин для уточнения происхождения состава не ясно.

Песчаники всех трех свит оселковой серии проанализированы на содержание петрогенных, редких и редкоземельных элементов в сравнение со средним протерозойским кратонным песчаником (СПКП) по (Condie, 1993). При таком сравнении, на примере удинской свиты, очень хорошо видно отличие песчаников нижней и верхней подсвит, что прямо указывает на разное происхождение и смену области сноса, что легло в основу изменения стратиграфической границы. Другими словами, геохимическая характеристика очень ясно делит удинскую свиту на две петрохимических серии, и граница проходит между двумя ее подсвитами по (Галимова и др., 2013 и в этой диссертации) или между удинской и айсинской свитами в понимании (Советов, 2018). Этот же вывод следует, косвенно, при анализе степени выветрелости пород в области сноса, которая была более интенсивной для пород марнинской и удинской свит (нижняя часть) и менее интенсивной для пород удинской свиты (верхняя часть) и айсинской свиты. Таким образом, независимым методом в независимой лаборатории работой диссертанта решены три задачи: 1) муksутская пачка (верхняя часть удинской свиты) по составу песчаников принадлежит айсинской свите, 2) сильное химическое выветривание происходило на стабильном кратоне во время отложения марнинской и удинской свит, 3) относительно слабое выветривание было в области орогена, который поставлял обломки в айсинскую свиту.

Геохронологическая оценка эдиакарских (вендских) отложений рассмотрены автором в разделе: 4.5 Результаты исследований детритовых цирконов из терригенных

пород оселковой серии. Были исследованы две популяции детритовых цирконов из удинской свиты: (1) из нижней части свиты (нижнеудинская пачка по, Советов, 2018) и (2) верхней части свиты (муksутская пачка по Советов, 2018). В нижней части удинской свиты выявлен конкордантный возраст для 23 зерен, в интервале мезоархей-ранний протерозой. В верхней части удинской свиты выявлены 88 зерен с конкордантным возрастом в интервале мезоархей-ранний протерозой и небольшая группа зерен неопротерозойского возраста от 946 млн. лет до 613 млн лет, с двумя пиками – тоний 780 млн. лет и поздний криогений - 655 млн. лет. Группа молодых цирконов яркое свидетельство появления в области сноса относительно молодого орогена. По данным цирконометрии, геохимии и составу песчаников автор сделала несколько непротиворечивых выводов. (1) Источником вещества удинской свиты (нижняя часть) были внутренние районы Сибирского кратона. (2) Источником вещества этой же свиты (верхняя часть, или муksутская пачка) были отдаленными и могут быть названы рециклированным орогеном. (3) Два источника, которые сменяли друг друга во времени, подтверждены также отношениями редких элементов на диаграммах Мак-Леннана и Куллера. Автор диссертации считает, что источником материала для марнинской серии и нижней части удинской свиты могли быть гранитоиды Саянского комплекса и вулканиты елашской серии, расположенные в соседнем районе на Бирюсинской глыбе, т.е. рядом. Такой вывод не подтверждается седиментологическими данными, направлениями потоков, которые переносили «аркозовый материал однозначно с востока на запад, из внутренних областей Сибирского кратона во внешнюю зону.

Заключительная часть диссертации представлена Главой 5 и названа: сравнительная характеристика позднедокембрийских осадочных толщ южной окраины Сибирского кратона (Саяно-Байкало-Патомский пояс). Краткий литературный обзор эволюции Сибирского кратона сделан в контексте распада суперконтинента Родиния, и отражением распада считается образование Саяно-Байкало-Патомского пояса осадочных бассейнов. Поэтому корреляция седиментационных событий этого пояса автор считает одной из задач и для ее решения дается геодинамическое истолкование собранного и проанализированного фактического материала. Сжатие всей информации в, так называемом, Саянском сегменте пояса привели к нескольким выводам. Как считает автор этой работы, осадочные толщи карагасской серии и нижней части оселковой серии накапливались в условиях континентального шельфа. Оппонентом выше уже было отмечено сильно упрощенное представление диссертанта о палеогеографии и отмечено большое влияние криогенских материковых оледенений, которые приводили к падению и отступанию моря и заканчивались формированием гляциофлювиальных равнин в начале шангулежского, в начале и в середине марнинского времени, в начале удинского времени. Со вторым выводом о близком по составу гранитоидном внутрикратонном источнике (провинции) обломочного материала следует согласиться. Что же касается суждения о появлении «дополнительной» петрографической провинции с породами основного состава для верхней части оселковой серии, то вряд ли это верно по прямым наблюдениям. Мной специально разыскивались в песчаниках айсинской свиты обломки эффузивов, но кроме единичных зерен ничего не обнаружено. Преобладают обломки сланцев, алевропесчаников, железистых и кремневых пород и кварцитов. Возможно, обломки эффузивов настолько изменены, что стали бесструктурными комками из вторичных минералов и их «след» сохранился в виде специфического геохимического тренда? Этот новый источник (провинция) был не дополнительным, а тотальным, потому что прежний закрылся чехлом (Советов, 2018).

Такую же разницу в составе песчаников на тех же самых стратиграфических уровнях отмечает диссертант, вслед за другими исследователями, в «Байкальском сегменте» пояса, но более сложная обстановка была в «Патомском сегменте» пояса. Отсутствует прямая корреляция с «Саянским сегментом» как в части строения осадочных систем, так и геохимии отложений, поэтому требуется более точный и обширный материал, чтобы сопоставление «историй» осадконакопления выглядело логичным. Поскольку диссертант фактическим литологическим материалом по стратонам «Патомского сегмента» не владеет, то к чьей-то принятой точке зрения нужно отнестись более критично.

В разделе 5.3 проведен сравнительный анализ возраста детритовых цирконов в скоррелированных стратиграфических подразделениях Саяно-Байкало-Патомского пояса. Это анализ не привел диссертанта к кардинальному заключению – к какому подразделению МСШ можно приравнять дальнетайгинский горизонт? Решение, между тем, лежит на поверхности. По самым молодым зернам цирконов в айсинской свите ее возраст не превышает самый поздний криогений ~650 млн. лет, в корреляционном аналоге - качергатской свите ~554 млн. лет не превышает венд (поздний эдиакарий). Опираясь на последнюю дату и корреляцию, следует приписать это значение предельному возрасту айсинской свиты, т.е. отнести ее к позднему эдиакарию. Но с учетом находки цирконов в улунтуйской свите с возрастом 631 ± 20 млн. лет можно с некоторой большей уверенностью считать байкальскую и оселковую серии и их аналоги равными не венду, а эдиакарию (Советов, 2018). Этот вывод можно перенести на дальнетайгинскую серию, и считать ее полным аналогом эдиакария. Этот вывод очень важен для истории погружения и осадконакопления и связях осадочных бассейнов в Саяно-Байкало-Патомском поясе.

В разделе 5.3.4 автор обсуждает очень интересную проблему появления в отложениях байкальской и дальнетайгинской серий эдиакария мезопротерозойских (рифейских) детритовых цирконов. Как и все исследователи, диссертант ищет там, что лежит ближе: внутриплатформенные дайки такого возраста, магматические породы Листвянского комплекса. Но возникает вопрос, почему такая популяция цирконов не была принесена раньше, в голоустенский бассейн, с явной внутрикратонной питающей провинцией? Рецензент согласен с представлением о том, что не существует данных о ранне-среднерифейского (мезопротерозойской) магматической активности на южной периферии Сибирского кратона (Гладкочуб и др., 2008, Gladkochub et al. 2010). Но осадочные бассейны этого возраста широко распространены на севере, северо-востоке, юго-востоке кратона и в центральной его части, и погружение должно быть предопределено рифтингом и растяжением.

В завершающем разделе 5.3.5. - Стадии зарождения и эволюции Палеоазиатского океана вдоль южной окраины Сибирского кратона автор сделала попытку рассмотреть происхождение неопротерозойских осадочных серий в контексте глобальной геодинамики. Оппонент согласен с представлением диссертанта о том, что инициальное событие новой глобальной эпохи маркируется внедрением в фундамент и более древние, смятые и метаморфизованные, осадочные комплексы на периферии кратона основной магмы, проявленное в виде базитовых даек и силлов. Это событие было растянуто во времени и произошло в конце тония – начале криогения по МСШ. Но почему это событие, маркированное ранними осадочными бассейнами, которые рассматриваются в диссертации, не начало раскрытия Палеоазиатского океана? Именно так оценивал эту эпоху оппонент по внезапному появлению глубоководных бассейнов в Патомской зоне (Sovetov et al., 2005, Sovetov et al., 2012). Конечно, правомерно делить новую

геологическую эпоху на стадии, ведь процесс раскрытия океана растянут во времени, но важно начало. Оппонент согласен с диссертантом и его коллегами, что более древние (ранний неопротерозой, тоний) офиолитовые комплексы, установленные в складчатых системах за границами Сибирского кратона, пространственно и генетически с ним не связаны и не могут считаться маркерами открытия, именно, Палеоазиатского океана, а не других океанов.

Диссертант, подразделяет позднедокембрийскую историю Сибирского палеоконтинента и прилегающих морей на две стадии: 1) зарождения и эволюции, 2) развития и образования форландового бассейна. Но в тексте выражена двойственная позиция, и почему-то карагасский палеобассейн и одновозрастные палеобассейны вдруг истолковываются как объекты не связанные с океаном, хотя на Рис. 35 (а) они открываются в предполагаемый пролив между Сибирью и Лаврентией или открытый океан? На самом деле этот этап, по мнению оппонента, начальный в океаническом цикле, именно на этом этапе появляются яркие признаки деятельности океана – приливные и глубоководные комплексы отложений (Sovetov et al., 2005). Вторая стадия, со ссылкой на (Li et al.2008, Pisarevsky et al., 2013, Merdith et al.,2017) и Рис. 35 б,в, начинается со свободного «блуждания» Сибири, окруженной со всех сторон Палеоазиатским океаном, что занимает время от 710 до 630 млн. лет., а затем, по мнению автора, наступило начало образования форландового бассейна. Здесь несомненно искажается само понятие «форландовый бассейн», которое имеет смысл, когда доказывается его образование: а) за счет внешних источников материала, б) когда начинается погружение под нагрузку внешней континентальной массы и образуются передовой прогиб и моласса. На Рис 35в Сибирский кратон еще ни с чем не столкнулся, а бассейн с возрастом ~ 630 млн. лет, между тем, назван форландовым. На Рис. 35г Сибирский кратон 610 млн. лет назад сталкивается с террейнами по площади и массе значительно ему уступающими, поэтому они не могли играть роль «катастрофически давящего груза» (как, например, при взаимодействии современных Азиатского и Индостанского континентов) и привести к образованию внутриконтинентального бассейна. Поэтому раннеэдиакарские бассейны на Сибирской платформе не могут называться форландовыми. Скорее всего, это «остаточные» бассейны закрывающегося океана. Настоящий форландовый бассейн возник в позднем эдиакарии не древнее 554 млн. лет (Советов, 2018), на Рис 35 этот этап не показан. Оппонент достаточно детально рассматривал эту проблему (Советов и др., 2015, Sovetov et al., 2016, Советов, 2018). То, что произошло на Сибирском кратоне в позднем эдиакарии, должно быть объяснено другой палеогеографической моделью, в которой взаимодействуют не, так называемые, составные «супертеррейны», а крупные палеоконтиненты, но, очевидно, что только по геохимическим параметрам и возрасту детритовых цирконов построить такую модель невозможно.

В заключение автор работы формулирует главные выводы, которые представляют собой защищаемые положения.

- (1) Кластические породы и отложения карагасской серии криогения и нижней части оселковой серии раннего эдиакария (в объеме марнинской и нижней части удинской свит) петрографически и геохимически принадлежат аркозовым сериям и образовались при разрушении внутрикратонных кислых магматических пород. С этим выводом оппонент согласен.
- (2) Отложения верхней части удинской свиты и айсинской свиты классифицируются как «нормальнощелочные аркозы». С этим утверждение оппонент категорически не согласен. В более ранней работе (Советов, 1977) и в самой последней

(Советов,2018) доказано, что песчаники айсинской свиты, в которую входит и муксутская пачка, принадлежат различным классам кварцевого и литокластитового семейств. Это типичные без- или малополевошпатовые «литокластиты» по всем видам петрографических классификаций и анализам более чем 1000 шлифов. Это также хорошо видно на фотографиях и литохимической диаграмме автора диссертации Рис.23. Как и в каждом природном объекте, в айсинской свите есть отклонения в составе, но важно правило. Загадочная фраза диссертанта: «наблюдается появление относительно мелководных обломочных пород форландового типа» не имеет смысла. Во-первых, «мелководными» бывают не породы, а только отложения. Во-вторых, никаких пород «форландового типа» в принципе не существует, или, другими словами, все, что известно из осадочной петрологии, может быть в таких бассейнах. В-третьих, все отложения айсинской свиты аллювиальные, о какой мелководности сказано, в реках? В-четвертых, реки в этом осадочном бассейне были мелководные и суперглубоководные – «big river». Абсолютно не ясно заключение диссертанта, что в бассейн поступал материал «кислого – основного» состава. Песчаники состоят из моно- и поликристаллического кварца, кварцитов, кремнистых пород, глинистых и слюдяных сланцев, лимонит-гематитовых зерен: что здесь кислое и основное?

- (3) В раннем венде выявлены практически одновременные изменения условий осадконакопления по «литолого-фациальным» отличиям и резким изменением «в возрастных спектрах детритовых цирконов».
- (4) До распада Родинии, между югом Сибири и севером Лаврентии существовал осадочный бассейн, представленный отложениями карагаской и оселковой серии и их стратиграфических аналогов. Выше было сказано об отношении оппонента к «бассейну предшественнику» Палеоазиатского океана, повторим, что приливные отложения и обстановки появились с момента трансгрессии и затопления обширной гляциофлювиальной равнины в самое раннее карагасское время и являлись самым ярким палеогеографическим атрибутом до конца карагасского времени. Связь с открытым океаном установилась, по геологическим меркам, мгновенно. Палеоазиатский океан открылся в позднем криогении и существовал в раннем эдиакарии. Форландовый бассейн на юго-западе Сибирской платформы, который сменил бассейн пассивной окраины, твердо устанавливается по появлению передовых прогибов, молассы, сложенной аллювиальными (часто красноцветными) комплексами, совершенно определенной сменой внутрикратонных источников – внешними, по отношению к кратону, источниками. Это произошло в позднем эдиакарии.

Оценка диссертационной работы Мотовой З.Л.

Тема, по которой выполнена эта работа, сложна для геохимического инструментария, которым владеет диссертант. Обычно такого рода задачи в мировой геологической практике решаются на основе седиментологического анализа и идентификации осадочных систем. Все стратиграфические подразделения стандартной мировой шкалы, которые служат каркасом для суждения об осадочных бассейнах, устанавливаются классическими седиментологическим и палеонтологическим методами, а затем границы маркируются прецизионно.

Что сделано и надолго останется как научный результат? Прежде всего сравнительная химическая и геохимическая характеристика песчаников из двух стратонев: карагаской и оселковой серий Присяянья. Этот материал может анализироваться каждым

осадочных пород и их комплексов. Разночтения всегда поправимы при редактировании рукописи и подготовке её к печати.

Автореферат диссертации отражает ее смысл и содержание и дает достаточно полное представление о плане исследования, работе по этой теме и её результатах. Выводы диссертанта и фактический материал опубликованы в печати.

Считаю, что представленная к защите диссертация З.Л.Мотовой по научной значимости соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, и может защищаться по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология.

18.09.2018

Ю.К.Советов

Ведущий научный сотрудник
Лаборатории Геодинамики и палеомагнетизма
Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН им. А.А. Трофимука,
доцент кафедр «Общей и региональной геологии» и «Петрографии и геологии рудных месторождений» Новосибирского национального исследовательского государственного университета (НГУ)

Юлий Константинович Советов
Адрес: 630090, Новосибирск, Пр. Коптюга 3,
Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН)
sovetovyk@ipgg.sbras.ru т. 8 9134861949

