


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИГГД РАН, член-корр. РАН

 А.Б. Кузнецов

«04» августа 2022 г.



ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Заики Виктора Александровича

«Возраст, источники, условия накопления слабометаморфизованных осадочных комплексов восточной части Монголо-охотского пояса: результаты U-Th-Pb, Lu-Hf и Sm-Nd изотопных исследований вдоль Джагдинского трансекта», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 общая и региональная геология.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, изложенных на 154 страницах и сопровождаемых 40 рисунками, 3 таблицами. Библиографический список включает 99 наименований, в том числе значительное количество ссылок на международные издания.

Актуальность диссертационной работы

Монголо-Охотский складчатый пояс является одним из наиболее значимых структурных элементов Восточной Азии. Несмотря на то, что история формирования пояса более полувека находится в фокусе внимания ученых, многие кардинальные вопросы его эволюции не решены. При этом наиболее дискуссионными являются вопросы о возрасте и взаимоотношениях геологических комплексов, участвующих в строении пояса, а также времени и характере проявления аккреционных и коллизионных процессов. Актуальность диссертации определяется тем, что она направлена на решение наиболее чувствительных проблем формирования Монголо-Охотского складчатого пояса.

Общая характеристика работы, степень обоснованности защищаемых положений и научных выводов

Целью исследования является определение граничных условий для геодинамической модели формирования Монголо-Охотского складчатого пояса на основе данных о геологическом строении, а также результатов минералого-петрографических, Sm-Nd изотопных исследований валового состава метаосадочных пород, а также U-Th-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов из них в пределах Унья-Бомского, Джагдинского террейнов, а также восточной части Тукурингрского террейна. Задачи, сформулированные автором для достижения поставленной цели, подчеркивают комплексный характер и полноту исследований. Они предполагают: 1) установить возраст популяций детритовых цирконов в метаосадочных породах, участвующих в строении Унья-Бомского, Джагдинского и восточной части Тукурингрского террейнов; определить нижние возрастные границы накопления указанных пород; 2) на основе результатов U-Th-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов, Sm-Nd изотопных исследований валового состава метаосадочных пород установить главные источники кластического материала указанных террейнов); 3) выявить граничные условия, имеющие определяющее значение для разработки геодинамической модели формирования Монголо-Охотского складчатого пояса.

Фактическим материалом для написания работы послужила обширная коллекция каменного материала, собранная непосредственно автором в течение полевых исследований в 2017-2019 гг., в ходе которых были изучены все выделяемые стратиграфические подразделения Унья-Бомского, Джагдинского и восточной части Тукурингрского террейнов. Для обоснования защищаемых положений изучено более 200 шлифов, выполнен анализ Sm-Nd состава 24 образцов, проведены U-Th-Pb геохронологические исследования детритовых цирконов в 12 образцах (более 120 зерен в каждом образце) методом LA-ICP-MS, а также Lu-Hf изотопные исследования цирконов в этих же 12 образцах (20-25 зерен в каждом образце). Помимо оригинальных материалов, в диссертации синтезированы опубликованные к настоящему времени стратиграфические, палеонтологические, структурные данные для Унья-Бомского, Джагдинского и восточной части Тукурингрского террейнов.

Личный вклад автора заключался в участии в экспедиционных работах, проведении минералого-петрографических исследований пород, интерпретации Sm-Nd, U-Th-Pb, Lu-Hf изотопных данных.

Во введении сформулированы актуальность исследования, цель и задачи, научная новизна, практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые

автором на защиту. Здесь же приведены информация о фактическом материале и личном вкладе автора, краткое упоминание методов исследований, сведения об апробации работы на мероприятиях различного уровня и имеющихся публикациях.

В первой главе в разделе 1.1 рассматриваются структуры обрамления Монголо-Охотского складчатого пояса. В разделе 1.2 приводится тектоническое районирование пояса. Раздел 1.3 посвящён обзору существующих представлений об истории формирования Монголо-Охотского складчатого пояса, охарактеризованы различные варианты реконструкций.

Во второй главе в полном объеме изложены аналитические методики, задействованные при комплексном изучении метаосадочных пород и цирконов из них Джагдинского трансекта, реализованные на базе ведущих аналитических центров. Детально изложены методические аспекты и описаны параметры выполнения аналитических процедур.

В главе 3 приводится характеристика выделяемых в строении Унья-Бомского, Джагдинского и восточной части Тукурингского террейнов стратиграфических подразделений. Показано что в составе традиционно выделяемых свит и толщ объединены породы различного генезиса: яшмы, вулканиты, песчаники, алевролиты. Известняки, в которых обнаружена фауна, встречаются в виде линз.

В главе 4 приведены оригинальные результаты геохронологических (LA-ICP-MS) U-Th-Pb исследований детритовых цирконов из терригенных отложений вдоль Джагдинского трансекта. При этом данные получены практически для всех выделяемых стратиграфических подразделений.

В разделе 4.1 детально разбираются результаты исследований цирконов из метаосадочных пород Унья-Бомского террейна. Показано, что конкордантный возраст наиболее молодой популяции цирконов нелской свиты составляет 220 ± 3 млн лет, курнальской свиты 200 ± 3 млн лет, амканской свиты 238 ± 4 млн лет.

В разделе 4.2, посвященном Джагдинскому террейну, показано, что конкордантный возраст наиболее молодой популяции цирконов джескогонской свиты составляет $230 + 3$ млн лет (обр. V-32) и $194 + 4$ млн лет (обр. V-11), нектерской свиты - $201 + 2$ млн лет (обр. С-1288) и $215 + 3$ млн лет (обр. V-9), бочагорской свиты $245 + 4$ млн лет (обр. V-10).

В разделе 4.3 приведены результаты исследований цирконов из метаосадочных пород восточной части Тукурингского террейна. Показано, что конкордантный возраст наиболее молодой популяции цирконов тунгалинской толщи $203 + 3$ млн лет (обр. V-54) и $202 + 2$ млн

лет (обр. V-55-1), дугдинской толщи 173 + 2 млн лет (обр. V-1), тангоменской 173 + 2 млн лет толщи (обр. V-48).

Диссертант указывает на то, что наиболее молодые популяции детритовых цирконов в метаосадочных породах вдоль Джагдинского трансекта имеют раннемезозойский возраст, в связи с чем, эти породы не могут иметь палеозойский возраст, как принято считать до сих пор. Диссертантом проверена гипотеза о наличии синформы в пределах Джагдинского террейна. Показано, что возрастные характеристики цирконов из пород джескогонской и нектерской свит в северной части Джагдинского террейна существенно отличаются для этих же свит в южной части террейна, эти данные не согласуются с представлениями о том, что рассматриваемые свиты слагают синклиналиную структуру с бочагорской свитой в ее ядре.

Кроме того, результаты диссертанта ясно показывают, что в метаосадочных породах Унья-Бомского, Джагдинского, Тукурингрского террейнов раннедокембрийские цирконы отсутствуют или пользуются ограниченным распространением.

В главе 5 приведены оригинальные результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований метаосадочных пород вдоль Джагдинского трансекта. При этом данные получены практически для всех выделяемых стратиграфических подразделений (24 образца). Установлено, что все породы, вне зависимости от террейнов и свит/толщ, характеризуются слабо отрицательными величинами $\epsilon_{Nd(t)}$ от -5.0 до -0.5 и мезопротерозойскими значениями Nd модельных возрастов $t_{Nd(DM)} = 1.26-1.10$ млрд лет, $t_{Nd(C)} = 1.4-1.1$.

В главе 6 приведены оригинальные результаты Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов из терригенных отложений вдоль Джагдинского трансекта. Основные выводы сводятся к следующему.

Мезозойские, палеозойские и неопротерозойские детритовые цирконы из отложений *Унья-Бомского террейна* характеризуются слабо отрицательными и положительными значениями $\epsilon_{Hf(t)}$ от -3.9 до $+9.2$, модельными возрастaми $t_{Hf(C)}$ в интервале от 0.60 до 1.36 млрд лет. Так же присутствуют зерна с $\epsilon_{Hf(t)} < -5.1$ и модельными возрастaми $t_{Hf(C)} > 1.4$ млрд лет. Единичные палеопротерозойские цирконы характеризуются $\epsilon_{Hf(t)}$ от -6.8 до $+0.5$ и модельными возрастaми $t_{Hf(C)} > 2.3$ млрд лет.

Цирконы мезозойского возраста, присутствующие в метатерригенных породах Джагдинского террейна, характеризуются преимущественно положительными (до +11), близнулевыми, реже слабо отрицательными (до -3) значениями $\epsilon_{Hf(t)}$ и имеют модельные возрастa $t_{Hf(C)}$ в интервале от 0.5 до 1.2 млрд лет. Палеозойским и неопротерозойским

цирконам свойственны более древние (до 1.6 млрд лет) значения $t_{\text{Hf}(C)}$ при величинах $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$, близких к таковым в мезозойских цирконах.

Мезозойские и палеозойские детритовые цирконы из отложений восточной части *Тукурингского террейна* имеют слабо отрицательные и положительные величины $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ от +10.1 до – 5.0, а также значения модельных возрастов не древнее мезопротерозоя: $t_{\text{Hf}(DM)} = 1.41 - 0.46$ млрд лет, $t_{\text{Hf}(C)} = 1.55 - 0.49$. Для двух палеозойских зерен характерны величины $\epsilon_{\text{Nd}(t)} = 34.8$ и – 34.7, соответственно, а также архейские модельные возрасты $t_{\text{Hf}(C)} = 2.82$ млрд лет.

В главе 7 суммированы результаты проведенных исследований и сформулированы граничные условия для определения времени «закрытия» Монголо-Охотского бассейна и формирование на его месте орогенного сооружения. Диссертантом показано, что наиболее молодая популяция детритовых цирконов, присутствующая в метаосадочных породах Джагдинского трансекта, имеет возраст 173 ± 2 млн. Данное обстоятельство интерпретируется диссертантом как следствие прекращения седиментации в Монголо-Охотском бассейне на рубеже ранней и средней юры. В пользу данной интерпретации свидетельствует присутствие значительного количества обломочных цирконов с возрастными 173 млн лет и моложе в орогенных осадочных бассейнах северного и южного обрамления Монголо-Охотского складчатого пояса. На основе этих данных сделан вывод о том, что на рубеже ранней и средней юры в результате аккреционно-коллизионных процессов произошло «закрытие» Монголо-Охотского бассейна и формирование на его месте орогенного сооружения.

В заключении сформулированы основные результаты проведенных исследований.

Данные, приведённые в третьей и четвертых главах, положены в основу *первого защищаемого положения*, в котором определяются нижние возрастные границы осадочных комплексов Унья-Бомского, Джагдинского и Тукурингского террейнов, а также их современное залегание в виде набора тектонических пластин, входящих в состав раннемезозойского аккреционного комплекса.

Материал четвертой, пятой и шестой глав позволяют сформулировать *второе защищаемое положение* и доказать, что поступление материала в период накопления осадочных комплексов Унья-Бомского, Джагдинского и Тукурингского террейнов происходило в большей степени со стороны Амурского супертеррейна. Из этого следует, что раннемезозойский аккреционный комплекс был сформирован перед северной окраиной этого.

Результаты исследований, приведённые в четвёртой, пятой, шестой и седьмой главах, позволяют автору сформулировать и обосновать *третье защищаемое положение*, согласно которому закрытие Монголо-Охотского океанического бассейна произошло на рубеже ранней и средней юры в результате акреционно-коллизионных процессов и формирования на его месте орогенного сооружения.

Все защищаемые положения надёжно аргументированы и подтверждены представительным фактическим материалом.

Обоснованность научных выводов диссертанта обеспечивается большим объёмом данных, комплексностью подхода и детальностью проведённых исследований. Все они базируются на конкретном фактическом материале. Отдельно следует отметить, что изотопные исследования, на результатах которых базируется диссертация, выполнены в лабораториях мирового уровня – в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН и Геохронологическом Центре Азизонского университета.

Научная новизна и достоверность результатов работы, апробация работы

Научная новизна заключается в следующем. Впервые установлены нижние границы накопления слабометаморфизованных осадочных комплексов Унья-Бомского, Джагдинского и восточной части Тукурингрского террейнов. Установлено, что участвующие в строении Джагдинского и восточной части Тукурингрского террейнов метаосадочные комплексы имеют не палеозойский, а раннемезозойский возраст. Показано, что слабометаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы Монголо-Охотского пояса вдоль Джагдинского трансекта представляют собой не единую последовательность, как предполагалось ранее, а набор тектонических пластин. Все отмеченные результаты являются *принципиально новыми*.

Степень достоверности результатов проведенных исследований и апробация работы. Достоверность полученных результатов определяется выбором апробированных современных методов изучения возраста метаосадочных пород. Данные, полученные автором, были представлены на многочисленных совещаниях и конференциях различного уровня. Все основные научные выводы, которые легли в основу защищаемых положений, отражены в материалах опубликованных автором статей и тезисов научных докладов. **По теме диссертации автором опубликованы 17 научных работ, в том числе 6 статей в научных журналах, индексируемых в WoS.**

Практическая значимость работы

Результаты как изотопно-геохимических, так и геохронологических исследований имеют важное **практическое значение**. Полученные в процессе выполнения работы и опубликованные автором результаты могут быть использованы при корреляции осадочных комплексов восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса при проведении геолого-съёмочных работ, составлении легенд к геологическим картам нового поколения.

Оформление работы, соответствие автореферата основным положениям диссертации

Диссертационная работа написана грамотным языком, хорошо проиллюстрирована, в целом, аккуратно оформлена и соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11.2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Структура работы логична, выводы изложены чётко, **структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертационной работы**.

Замечания к диссертационной работе и автореферату

Имеющиеся к диссертационной работе замечания носят, в основном, технический или рекомендательный характер.

Название диссертации выглядит излишне многословным и перегруженным лишними словами. Например, "условия накопления" песчаных пород в классическом литолго-седиментационном подходе в работе не рассматривались. Более того, если прочитать "условия накопления слабометаморфизованных пород", то получается, что породы накапливались уже метаморфизованными. Процессы метаморфизма также остались за рамками представленной работы. Из самих песчаных пород исследован только акцессорный минерал циркон и проведен изотопный анализ сланцев.

Ни в автореферате, ни в диссертации автор не прокомментировал напрашивающийся вопрос: существует ли тренд изменения возрастов детритовых цирконов вдоль Джагдинского трансекта?

Обсуждения результатов геохронологических цирконов в части сопоставления распределений возраста обломочных цирконов в исследованных образцах следовало бы дополнить численным подходом, а именно использованием теста Колмогорова-Смирнова, программного пакета Overlap-Similarity Comparison program.

Необходимо также отметить некоторую дискуссионность, предложенной автором модели закрытия Монголо-Охотского океана на рубеже ранней и средней юры, сформулированной в третьем защищаемом положении. Авторская интерпретация фактических данных и предложенная им геодинамическая модель закрытия Монголо-Охотского океанического бассейна на рубеже ранней и средней юры в результате акреционно-коллизионных процессов и формирования на его месте орогенного сооружения может быть вполне правомерна, но также возможны и альтернативные модели. В частности, существуют представления о последовательном закрытии этого океана с запада на восток по типу “ножниц” (Зоненшайн и др., 1990), при этом окончательное закрытие этого океана в восточном его сегменте, сопровождавшееся столкновением Северо-Азиатского и Сино-Корейского континентов, имело место в поздней юре-раннем мелу (Зоненшайн и др., 1990; Şengör, Natal'in, 1996; Yakubchuk, Edwards, 1999; Kravchinsky et al., 2002; Cogne et al., 2005; Ларин и др., 2001, 2006). Эти представления неплохо обосновываются геохронологическими данными о возрасте последнего высокоградного метаморфизма в Джугджуро-Становом супертеррейне (Ларин и др., 2006; Глебовицкий и др., 2009, 2010) и возрасте предположительно синколлизионных позднестановых гранитов (Ларин и др., 2018). Следует также подчеркнуть, что на конец юры – начало мела приходится эпоха значительной компрессии Сибирской платформы с формированием структур сжатия – одна из крупнейших эпох коллизионного горообразования в Азии (Никишин и др., 2010). По мнению рецензента, эти моменты следовало бы учесть, по крайней мере, в обсуждении рассматриваемой проблемы.

Геологическую часть диссертации следовало бы дополнить полевым фактическим материалом (фотографиями обнажений, описанием конкретных разрезов).

В заключении отсутствует обобщение возраст каких из изученных свит в итоге соответствует имевшимся представлениям, а какие свиты пришлось пересмотреть. Данное заключение было бы удобно оформить в виде отдельной таблицы. Или в сделать это в двух абзацах.

На Рисунке 1 присутствует подпись «КОЛЛАЖ ТЕРРЕЙНОВ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО КРАТОНА», не совсем понятно относятся ли данные террейны к кратону, либо самостоятельные единицы.

На Рисунке 3 «Схема структурного районирования восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса...» присутствует элемент в виде звездочки в пределах Удской впадины, не отображенный в подрисуночных подписях.

Не унифицировано оформление рисунков. В частности, на рисунках 4, 5, 6, 7 используются различные шрифты.


Рисунок 28 для сравнения морфологии зерен детритовых цирконов необходимо было показать по несколько зерен для различных возрастных групп.

Следует отметить, что сделанные замечания нисколько не умаляют достоинств диссертации.

Заключение

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне и является законченной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа Заики Виктора Александровича «Возраст, источники, условия накопления слабометаморфизованных осадочных комплексов восточной части Монголо-Охотского пояса: результаты U-Th-Pb, Lu-Hf и Sm-Nd изотопных исследований вдоль Джагдинского трансекта» отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует научной специальности 25.00.01 - общая и региональная геология, а её автор – Заика Виктор Александрович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Главный научный сотрудник
ИГГД РАН, д.г.-м.н.


_____ А.М. Ларин

Отзыв на диссертацию В.А. Заики рассмотрен на заседании лаборатории металлогении и рудогенеза Федерального бюджетного учреждения науки Института геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН)

Адрес: 199034 г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.2

Адрес официального сайта в сети: www.ipgg.ru

Телефон: 8(812)328-47-01

Адрес электронной почты: adm@ipgg.ru

Ларин Анатолий Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории металлогении и рудогенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН); адрес: 199034 г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.2; тел. 8 (812) 328-53-06; электр. почта: Larin7250@mail.ru.

Я, Ларин Анатолий Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

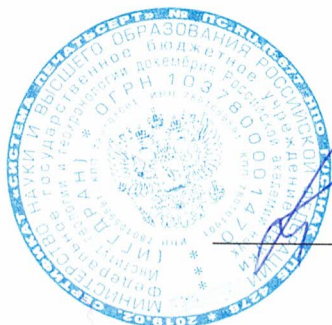
А.М. Ларин

Подпись д.г.-м.н. А.М. Ларина

Заверяю

Ученый секретарь ИГГД РАН,

к.г.-м.н.



Ю.М. Лебедева