

**Отзыв официального оппонента  
на диссертацию Аржанниковой Анастасии Валентиновны  
«Морфоструктурная эволюция Прибайкалья и Забайкалья в позднем  
мезозое – кайнозое» по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и  
геодинамика» на соискание ученой степени доктора геолого-  
минералогических наук**

Диссертация А.В. Аржанниковой посвящена позднечетвертичной тектонике, тектоническому развитию и формированию рельефа Байкальского региона в позднем мезозое и кайнозое. Актуальность работы определяется необходимостью восполнения пробелов в пространственно-временной модели структурного развития и формирования рельефа региона, получения количественных характеристик морфоструктурных элементов, возраста, интенсивности и режима их развития. Целью исследований является выделение основных этапов и особенностей морфоструктурной эволюции региона от закрытия Монголо-Охотского океана до Байкальского рифтогенеза. Диссертация состоит из «Введения», четырех глав и «Заключения».

«Введение» соответствует всем формальным требованиям, предъявляемым к этой части диссертации. В нем охарактеризованы актуальность работы, цели и задачи исследований, фактический материал, положенный в основу решения этих задач, личный вклад диссертанта, защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость работы, ее апробация и отражение в публикациях, соответствие паспорту научной специальности и т.д.

В главе 1 «Постановка проблемы и методы исследований» изложены общие представления о структуре региона и его развитии в позднем мезозое и кайнозое. Сформулированы нерешенные проблемы, определившие содержание исследований диссертанта. Охарактеризованы методы исследований, среди которых используются как традиционные методы геологические и структурно-геоморфогические, так и относительно новые методы датирования осадков, вулканитов, элементов рельефа, оценки средних скоростей движений по разломам и эрозии. К числу таких методов относятся: (1) U-Pb метод датирования цирконов с использованием лазерной абляции с индуктивно связанной масс-спектрометрией (LA-ICP-MS), при котором датирование летритовых цирконов применялось для определения нижнего предела возраста аккумуляции осадков, а датирование вулканических цирконов прорывающих даек – его верхнего предела; (2) метод определения трекового возраста апатитов и моделирования термальной истории для определения времени формирования поверхности выравнивания района Восточного Саяна; (3) космогенно-изотопный метод датирования  $^{10}\text{Be}$  для определения возраста террас и скорости молодых смещений по разломам.

Глава 2 «Позднемезозойский тектонический этап» посвящена истории закрытия Монголо-Охотского океана и последующему растяжению Забайкалья с формированием грабенов северо-восточного простирания. Показано, что в Восточном Забайкалье коллизия произошла на границе бата и келловоя ~165 млн лет назад (л.н.) – позже, чем в Западном Забайкалье и Джидинском регионе. Автор приводит аргументы, что Восточно-Забайкальский прогиб зародился не в ранней, как считали прежде, а в средней юре и представлял собой коллизионный бассейн форланда, где морское осадконакопление сменилось озерно-флювиальным ~155 млн л.н., т.е. в оксфорде-киммеридже.

К началу растяжения Забайкалье представляло собой горное плато, поднятое в результате коллизионного утолщения и магматизма. Используя датировки детритовых цирконов, автор показывает на примере Тугнуйской и Гусиноозерской грабенообразных рифтогенных впадин, что впадины зародились ~168 млн л.н. (байос–бат) и развивались до раннего мела включительно, заполняясь континентальными вулканогенно-осадочными отложениями. Впадины развивались в режиме растяжения с эпизодом сжатия и деформирования в конце юры. С апта начался период выравнивания рельефа.

В главе 3 «Этап стабилизации тектонических движений и выравнивания рельефа» подробно рассматривается морфология и развитие Окинского плато и хребта Кропоткина в Восточном Саяне. Показано, что денудация плато происходила с раннего мела, а в олигоцене, в связи с некоторой активизацией вертикальных движений, на его поверхности возникли широкие и неглубокие долины, которые, как и соседние плоские водоразделы, были в миоцене перекрыты лавовыми потоками. По данным автора, в ходе денудации плато ее скорость оставалась примерно постоянной. Сопоставление с другими регионами показало, что на севере Центральной Азии формирование поверхностей выравнивания началось позже, чем в Гобийском и Монгольском Алтае, что автор связывает с воздействием Монголо-Охотской коллизии.

Глава 4 «Неотектонический этап морфоструктурной эволюции региона» занимает 2/3 диссертации и посвящена проявлениям его тектонической активизации с конца миоцена – начала плиоцена (последние 7–5 млн лет). Кратко представлены основные элементы новейшей структуры (Саяно-Байкальская горная область и Байкальская рифтовая система), распределение мощностей земной коры и литосферы. Поскольку активизация проявилась, прежде всего, в смещениях по разломам, а количественные характеристики кинематики, средней скорости и режима движений по ним надежно определяются лишь для позднечетвертичного времени, основное внимание уделено активным в это время разломам. Все рассмотренные разломы описаны по одной схеме: геологическое положение разлома, общая кинематическая характеристика, определение амплитуд вертикальных и

горизонтальных перемещений и их средней скорости путем датирования смещенных элементов рельефа, характеристика режима движений, т.е. проявлений палеоземлетрясений, оценка их силы и повторяемости.

Подробно охарактеризованы Приморский, Кичерский и Баргузинский сбросы Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Наибольшая скорость вертикальных движений – 0.5–0.9 мм/год определена у Приморского разлома при магнитудах палеоземлетрясений  $6.6 \pm 0.4$ . Показано уменьшение смещений к окончаниям разломных зон. Особенно детально рассмотрена система активных разломов, продолжающая к западу южное окончание БРЗ и представленная юго-восточной частью зоны Главного Саянского разлома, зонами Тункинского и Мондинского разломов. Показано, что интенсивные перемещения по активным разломам восточной части Главного Саянского разлома передаются на запад разломам Тункинской зоны, а последние – разломам Мондинской зоны. Установлены как вертикальные, так и левосдвиговые смещения. Скорости вертикальных движений по Тункинскому разлому – 0.9–1.26 мм/год, сдвига – 1.5 мм/год. Скорость сдвига на ЮВ Главного Саянского разлома оценена в интервале 1.3–3.9 мм/год. В зоне Мондинского разлома определены скорости вертикального смещения 1.0 мм/год и сдвига 1.1 мм/год. По каждому из указанных разломов выявлены следы четырех палеоземлетрясений, произошедших в одинаковые интервалы времени. По мнению диссертанта, они свидетельствуют о близкой по времени сейсмической активизации разломов с магнитудами землетрясений 7–8 и повторяемостью ~4 тыс. лет. В Забайкалье исследованы Темникский взброс восток-северо-восточного простирания и Хилокский сброс северо-восточного простирания со следами палеоземлетрясений. Скорости позднечетвертичных движений по Хилокскому сбросу на порядок меньше, чем в БРЗ.

Особое место в главе 4 занимает раздел, посвященный Восточно-Саянскому горному массиву. На его примере показано, что в течение всего неотектонического этапа (5–7 млн лет) движения по разрывам и новейшие деформации, приведшие к развитию горных хребтов, происходили в условиях транспрессии, при которой сжатие вначале было ориентировано на ССВ и реализовалось, главным образом, смещениями взбросового типа со значительной вертикальной составляющей, а позднее стало восток-северо-восточным и приводило к взбросо-левосдвиговым смещениям. Транстенсивный режим возникал локально, преимущественно в структурах типа pull-apart. В Тункинской системе впадин и пограничных с ней разломах транспрессия выявлена только в позднечетвертичных смещениях, тогда как ранее там существовали условия тренстенсии или растяжения.

В «Заключении» кратко суммируются полученные результаты исследования этапов и особенностей морфоструктурной эволюции Прибайкалья и Забайкалья в позднем мезозое и кайнозое.

При всей логичности построения работы и обоснованности основных положений диссертация вызывает ряд замечаний.

1. Основываясь на датировании детритовых цирконов, автор пересматривает возраст зарождения Восточно-Забайкальского прогиба. Прежде на основе стратиграфических сопоставлений и палеонтологических находок его относили к плинсбаху, а диссертант относит к бату-келловею (~165 млн л.н.). Юрские отложения Восточно-Забайкальского прогиба бедны фауной. Наиболее надежные определения возраста были получены для морской сивачинской свиты – верхний плинсбах–нижний тоар на основе находок аммонитов. В сивачинской свите автором взята одна проба для оценки возраста детритовых цирконов. В пробе обнаружены три юрских цирконовых зерна, из которых только одно имеет возраст ~165 млн л.н. Представляется неубедительным пересматривать возраст свиты на основе одного зерна, которое по разным допустимым причинам могло оказаться в пробе случайно, тем более, что два других зерна показали возраст ~189–190 млн. лет, согласующийся с палеонтологическим возрастом свиты.
2. Развитие рифтогенных впадин Западного Забайкалья началось ~168 млн л.н. в эпоху, когда в Восточном Забайкалье продолжалась субдукция, затем сменившаяся коллизией. Диссертант не объясняет, как и почему в столь близком соседстве могли одновременно существовать столь различные геодинамические обстановки.
3. Автор показывает, что с мела до миоцена Восточный Саян переживал эпоху планации, нарушенную в олигоцене слабыми восходящими движениями, и распространяет этот режим относительного тектонического затишья до Гобийского и Монгольского Алтая. При этом упоминается, но никак не анализируется тот факт, что в ту же эпоху происходил медленный рифтинг и опускание впадин Тункинской, Южного Байкала и Баргузинской, заставляющие иначе оценить геодинамический режим эпохи затишья.
4. Диссертант убедительно показывает, что в течение всего этапа неотектонической активизации Восточный Саян развивался в условиях транспрессии (сочетания сжатия с левым сдвигом). Но, описывая Тункинскую систему впадин, автор относит эти условия только к позднему плейстоцену и голоцену и отмечает, что до того впадины развивались в условиях растяжения и транстенсии. Возникает вопрос, к какому интервалу времени относится «до того». Если это имело место в течение того же неотектонического этапа, то оказывается трудно геодинамически совместимым с транспрессией и сжатием в Восточном Саяне. Естественнее допустить, что условия растяжения и транстенсии существовали в миоцене, когда в Тункинской впадине накопились мощные вулканогенно осадочные толщи. Автор не дает четкого ответа на вопрос о возрасте растяжения и транстенсии, а условия накопления указанных толщ не рассматривает.

Кроме того, имеется ряд мелких замечаний.

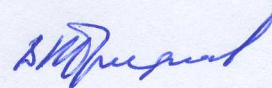
5. К с. 116 и др. Автор не обсуждает вопроса, где проходит западная граница Амурской плиты, но присоединяется к мнению [Petit, Fournier, 2005], что к ней относятся Центральная и Западная Монголия. По-моему, для неотектонического этапа едва ли следует распространять Амурскую плиту западнее  $104^{\circ}$  в.д. Более западные орогенические области развиваются в отличном от нее режиме.
6. На рис. 1 (с. 14), 2.2 (с. 26) показан единый и сплошной Хангайский батолит, тогда как на Карте геологических формаций Монголии (19) здесь выделено несколько генераций гранитоидов, и в наиболее возвышенной южной части Хангайского нагорья они занимают меньшие площади, чем вулканогенно-осадочные породы.
7. Едва ли следует называть неотектонической картой врезку на рис. 4.1 (с. 116).
8. К с. 127 и др. Едва ли следует употреблять понятия висячее и лежащее крылья применительно к сбросам, поскольку висячее крыло ни над чем не висит. Правильнее и понятнее называть их опущенным и поднятым крыльями.
9. К с. 285. Что означает фраза: «Каждая кулиса (*разломной зоны* – В.Т.) падает под углом  $5-10^{\circ}$  в западном направлении». Что падает, если разломы крутые?
10. Зачем давать на английском языке то, что можно и нужно писать в русскоязычной диссертации по-русски, например, надписи на некоторых рисунках и часть публикаций в российских журналах, переводимых на английский.

Итак, диссертация А.В. Аржанниковой является законченным исследованием, обладающим внутренним единством. Она актуальна, основана на личных работах автора и содержит новые данные, позволяющие по-новому представить позднемезозойско-кайнозойскую тектонику и геодинамику Байкальского региона. Выводы и защищаемые положения диссертации надежно обоснованы и убедительно иллюстрированы. Сделанные замечания не затрагивают сути защищаемых положений. Диссертация является важным шагом в разработке теоретических положений тектоники и геодинамики и крупным достижением в познании тектоники и геодинамики Центральной Азии. Практическая значимость работы состоит в уточнении мезозойско-кайнозойской структуры региона, что важно для поисков полезных ископаемых, а выявленные параметры активных разломов и обнаруженные в их зонах проявления палеосейсмичности являются важным вкладом в оценку сейсмической опасности региона, которая должна быть скорректирована в соответствии с этими данными. Содержание диссертации полно отражено в автореферате и представлено в многочисленных публикациях автора в рецензируемых журналах, указанных в перечне ВАК.

Таким образом, диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской

Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, для учёной степени доктора наук, а её автор А.В. Аржанникова достойна присуждения учёной степени доктора геолого-минералогических наук.

Официальный оппонент  
главный научный сотрудник Лаборатории  
неотектоники и современной геодинамики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Геологического института Российской Академии наук  
доктор геолого-минералогических наук, профессор



Владимир Георгиевич Трифонов

Подпись т. В.Г. Трифонов  
УДОСТОВЕРЯЕТСЯ  
КАНЦЕЛЯРИЯ  
Геологического ин-та  
Российской Академии наук

