

ОТЗЫВ

*официального оппонента на диссертационную работу
ЖИЖЕРИНА Владимира Сергеевича
«Современные движения земной коры Верхнего Приамурья и моделирование
геодинамических процессов по данным GPS наблюдений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.*

Повторно ознакомился с кандидатской диссертационной работой Владимира Сергеевича Жижерина. Текст диссертации претерпел небольшие изменения, в лучшую сторону. Содержательная научная часть диссертации и защищаемые положения не потеряли своей актуальности, поэтому я позволю себе повторить отзыв, который я подготовил в конце декабря 2019 года.

Актуальность темы определена (1) недостаточностью изученности выделяемого в работе региона, в пределах которого сложная тектоническая обстановка и высокий уровень сейсмической активности обусловлены транспрессионным механизмом взаимодействия Евразийской и Амурской литосферных плит; (2) использованием инструментальных данных при разработке геодинамической модели блокового взаимодействия Евразийской и Амурской плит в пределах Верхнего Приамурья, и вычислением на их основе скорости тектонических деформаций на северной окраине Амурской плиты.

Цель и задачи исследования. Основная цель исследований автора – создание интегрированной геодинамической модели, отражающей современное блоковое строение и межблоковые взаимодействия в зоне сочленения Евразийской и Амурской плит в пределах Верхнего Приамурья. Объектом исследования является деформируемая поверхность земной коры в пределах Верхнего Приамурья. Предметом исследования при этом выступают современные горизонтальные смещения участков земной поверхности на изучаемой территории. Для достижения поставленной цели В.С. Жижерин определил круг задач, который включал не только проведение инструментальных наблюдений и анализ их результатов, но и построение геодинамической модели блокового взаимодействия тектонических единиц.

В основу работы положен фактический материал, собранный в процессе полевых исследований за период 2007-2018 гг. непосредственно автором с привлечением данных GPS-наблюдений постоянных станций международной геодинамической сети IGS. Наблюдения проводились на 20 реперных пунктах, 3 из которых работают в непрерывном режиме и оснащены спутниковыми приемниками Trimble Net R5 и антенной Zephyr Geodetic III. Полевые исследования проводились приемниками Ashtech Z-Extreme оснащенными антенной Ashtech 1945EM with Choke ring. Данные полевых измерений, после их

конвертации в программе TEQC, обрабатывались автором лично с использованием программного комплекса Gamit/Globk, который был разработан в Массачусетском технологическом институте для решения задач космической геодезии. Отображение полученных результатов проводилось с помощью программы GMT. Интерполяция векторного поля и вычисление деформаций земной поверхности производились в программном комплексе Golden Software Surfer. Фактический материал является представительным, позволяющим сделать обоснованные выводы.

Наиболее важные научные результаты работы представлены в виде трех защищаемых положений:

1) на основе измерений методом GPS геодезии на Верхнеамурском геодинамическом полигоне показано, что область взаимодействия Амурской и Евразийской плит тектонически нестабильна и представляет собой транзитную зону, в пределах которой реализуются деформации проскальзывания этих плит;

2) наиболее интенсивные деформации земной коры (на 2 порядка выше типичных значений для внутриплитных участков) наблюдаются между Тукурингрской системой разломов и Джелтулакской шовной зоной, а также вблизи Становой системы разломов, в то время как Аргунский и Джугджуро-Становой блоки деформируются слабо;

3) вычисленное поле дивергенции (дилатации) свидетельствует о том, что процессы растяжения земной коры наиболее активно проявляются в области смыкания Южно- и Северо-Тукурингрских разломов на западном обрамлении Монголо-Охотского складчатого пояса и в восточном сегменте Джелтулакской шовной зоны. Большая часть территории Джугджуро-Станового и Селенга-Станового блоков испытывает сжатие.

Новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнений. Представленная к защите работа состоит из Введения, 5 глав и Заключения. Список литературы включает 88 наименований.

К тексту Введения замечаний практически нет. Он полностью дает представление об обязательных для диссертационных работ определениях актуальности, целей исследований, научной новизны, практической значимости и защищаемых положений. Единственное небольшое замечание касается фразы на странице 4 «Для Верхнего Приамурья исследование современных движений земной коры особенно актуально в связи со сложной тектонической обстановкой и высоким уровнем сейсмической активности, которые обусловлены транспрессионным механизмом взаимодействия Евразийской и Амурской литосферных плит». Полагаю, надо было уточнить, что эта обстановка проявлена именно на этом участке границы между плитами. Анализ фокальных механизмов землетрясений показал, что при переходе от Байкальской зоны к Олекмо-Становой происходит смена «байкальского» поля с

растягивающими тектоническими напряжениями на «становое» с преобладанием сжимающих усилий (Имаев и др., Тихоокеанская геология, 2003, № 6).

Глава 1 посвящена обсуждению тектоники и взаимодействия основных блоковых структур в зоне тройного сочленения Центрально-Азиатского складчатого пояса, Сибирской платформы и Тихоокеанского складчатого пояса. Дается представление о геологическом строении следующих структурных единиц: Аргунского континентального массива, Монголо-Охотского складчатого пояса, Селенга-Станового и Джугджуро-Станового блоков. В данной главе приведены и обсуждаются имеющиеся на сегодняшний день представления предшественников, отражены дискуссионные моменты. Эта глава свидетельствует о хорошем знании автора диссертации общего геолого-геофизического материала по району исследований, он легко ориентируется в современном состоянии существующих проблем.

Замечания к тексту главы следующие:

1) отсутствие современной схемы тектонических плит и микроплит для исследуемого региона, например, (Argus et al., G3, 2011, V. 12). Дана только знаменитая схема Л.П. Зоненшайна и Л.А. Савостина, которой уже более 40 лет;

2) на стр. 31 присутствует следующая фраза «В.Г. Сахно [Сахно, 2002] связывает образование «Амурской мегаструктуры» с деятельностью суперплюма, корни которого достигают подошвы мантии, а положение оставалось неизменным на протяжении всего фанерозоя». Понятно желание автора представить в этой главе различные взгляды на геологическую историю региона, но в настоящем виде фраза «повисает в воздухе», и не понятно как этому относиться. Принимает ли это положение автор диссертации или нет? Полагаю, уместен был бы и критический анализ, не только этого предположения. В списке литературы отсутствует работа «Структура и эволюция земной коры области сочленения Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы: профиль 3-ДВ Сковородино-Томмот» (Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 10). Упоминаю эту работу не потому, что я являюсь одним из ее авторов, а потому, что в ее основе лежат современные комплексные геолого-геофизические данные, согласно которым вряд ли можно допустить существование этой территории над суперплюмом в течение 541 млн. лет;

3) на стр. 34 есть непонятная для меня фраза: «Современная морфоструктура исследуемого региона связана с плиоцен-четвертичными движениями [Живая тектоника, вулканы..., 1966] меньшей степени дифференциации по сравнению с Байкальской рифтовой системой»;

4) в тексте выводов к этой главе есть совершенно ненужная фраза: «Исследуемый участок Амурской микроплиты с тектонической точки зрения представляет собой весьма

незначительную область в пределах восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса».

В главе 2 изложены сведения о становлении взглядов на проблему миграции блоков земной коры. Подробно изложена основная идея спутникового позиционирования и современное состояние глобальной спутниковой навигационной системы GPS. Обосновывается выбор метода космической геодезии для изучения современных тектонических движений в данной работе. Изложенный в главе материал свидетельствует о том, что автор хорошо владеет методикой и материалами предшествующих исследований.

К тексту второй главы замечаний нет.

В главе 3 приводится краткое описание положения изучаемого геодинамического полигона. Достаточно полно описывается приборная и методологическая основа, использованная для получения данных GPS-измерений. Излагаются особенности обработки данных GPS-измерений программным комплексом GAMIT/GLOBK.

Приведенные результаты обработки данных GPS-измерений в виде временных рядов позволяют заключить, что полученные автором данные о горизонтальных смещениях 20-ти пунктов обладают высокой точностью. Рассчитанное векторное поле скорости смещений пунктов геодинамического полигона Верхнего Приамурья в системе координат ITRF2014 обладает внутренней согласованностью и отражает современные геодинамические процессы, происходящие на исследуемой территории.

В тексте выводов этой главы указано, что в ней приводится описание положения и структуры изучаемого геодинамического полигона. Описание структуры отсутствует.

В главе 4 автор дает оценку кинематики блоковых структур Верхнего Приамурья, которая определяется общим смещением в ЮВВ направлении со скоростями 24-30 мм/год. Относительной кинематической целостностью обладают Джугджуро-Становой и Аргунский блоки. Наиболее дифференцированные смещения установлены в пределах Монголо-Охотского блока и на прилегающих к нему территориях. Наибольшие скорости (до 4-х мм/год) вертикальных смещений, отмечаются на точках, расположенных в районах положительных морфоструктур Монголо-Охотского складчатого пояса и Джелтулакской шовной зоны.

Имеются несколько замечаний к тексту главы:

1) на стр. 58 автор указывает, что величина горизонтальных движений, как правило, намного превосходит вертикальные движения. Полагаю, что это зависит от конкретной

геодинамической обстановки. Например, средние скорости вертикальных движений для Южного Тибета составляют 16.2 ± 7.9 мм/год (Xu et al., Earth Planets Space, 2000, 52). Скорости современных вертикальных движений для зоны коллизии Индии-Евразии по данным GPS имеют такой же порядок величин;

2) не указано, по каким данным разработана схема блокового строения Верхнего Приамурья (рис. 4.1; в автореферате рис. 2);

3) на стр. 60-61 указано, что «Характер тектонического режима в пределах Монголо-Охотского складчатого пояса позволяет соотнести его с участком буферной или транзитной зоны... Подробное описание структуры транзитных зон и их роли в геодинамике континентальной литосферы приводится в работе [Гатинский и др., 2008]». Впервые понятие буферной зоны для этого региона было сформулировано в статье В.С. Имаева с соавторами в (Имаев и др., Тихоокеанская геология, 2003, № 6), которая есть в списке цитированной литературы настоящей диссертационной работы;

4) на стр. 61 указано о несогласованности распределения деформаций с сейсмической обстановкой. Необходимы, полагаю, пояснения;

5) в выводах данной главы указано: «Наибольшие скорости (до 4 мм/год) вертикальных смещений отмечаются на точках, расположенных в районах положительных морфоструктур Монголо-Охотского складчатого пояса и Джелтулакской шовной зоны». По представленным в Приложении данным для вертикальной компоненты пунктов SOLO, ТАНТ и SOSN, ZEYA (два первых, согласно рис. 4.1, располагаются непосредственно в Монголо-Охотской зоне, два последних – на границе Монголоохотии и Аргунского блока) такой вывод представляется малообоснованным. Во-первых, доверительные интервалы определения вертикальной компоненты на этих, да и на других, пунктах с 2008 по 2018 перекрываются, во-вторых, для пункта SOLO нет данных 2013-2017 годов.

Глава 5 является заключительной, в которой на основе расчета тензора деформации (двухкомпонентный площадной случай) разработана геодинамическая модель блокового взаимодействия тектонических единиц, и на ее основе представляется интерпретация современных тектонических процессов в регионе. Вот наиболее важные из них.

1. Процессы растяжения земной коры наиболее активно проявляются в области Z-образного сочленения Джелтулакской и Тукурингской систем разломов. Менее активные области растяжения расположены в зоне смыкания Южно- и Северо-Тукурингских разломов на западном обрамлении Монголо-Охотского складчатого пояса, и на северо-западе Иликанского блока. Областями общего сжатия охвачены центральные части территорий Иликанского, Могочинского и Аргунского блоков.

2. В областях общего растяжения земной поверхности наблюдаются рассеянные по площади эпицентры землетрясений, в то время как в областях сжатия сейсмические события практически не регистрируются.

3. Обнаруженные в ходе настоящего исследования области развития интенсивных деформаций характеризуются по данным магнитотеллурического зондирования наличием нескольких слоев с низким и различным по величине электрическим сопротивлением, что, вероятно, свидетельствует о наличии тектонической расслоенности литосферы и разноуровневом характере перемещения блоков.

Замечания к тексту главы следующие:

1) в начале раздела 5.2 настоящей главы указано о существовании двух подходов к интерпретации механизмов деформаций внутриконтинентальных областей. Первый подход, подразумевающий тектоническую ригидность блоков континентальной литосферы различного масштаба с проявлением деформаций в основном на их границах, рассматривается достаточно подробно. А вот второй, подразумевающий существенную деформацию и во внутренних областях литосферных блоков, практически не рассматривается;

2) на стр. 76 указано, что «на данном этапе развития науки и техники зафиксировать параметры деформационных волн прямыми инструментальными методами не представляется возможным». Полагаю, автор диссертации не совсем прав. Прямые признаки деформационных волн – это волновые колебания уровня подземных вод, миграция наклонов и деформаций поверхности. Прямые методы изучения временных вариаций деформаций земной коры включают деформографические, гидрогеодинамические и геодезические измерения, в том числе и методы измерения деформаций с помощью лазерных светодальномеров. Количественно деформационные волновые процессы выражаются в скорости миграции очагов землетрясений и аномалий геофизических полей вблизи разломов. Более подробно это описано в работах В.Г. Быкова (Геология и геофизика, 2005, № 11; Геодинамика и тектонофизика, 2018, № 3; и др.);

3) в разделе 5.2.3 «Северная граница Амурской плиты как зона современных тектонических деформаций земной коры» достаточно подробно рассмотрен вопрос выделения границы между Амурской и Евразийской тектоническими плитами. К сожалению, в тексте раздела я не нашел ссылок на статью С.В. Ашуркова с коллегами (Геология и геофизика, 2011, № 2), где вопрос границ Амурской плиты рассматривается достаточно подробно. Ссылка на эту работу есть в списке цитированной литературы настоящей диссертации.

В Заключении приведены основные выводы по всей работе, а также отражены планы

дальнейшей работы по расширению сети пунктов GPS и привлечению дополнительных геофизических данных.

В целом, рецензируемая работа является законченной, свидетельствует о профессиональной зрелости автора, написана хорошим языком, хорошо иллюстрирована и представляет собой фундаментальное научное исследование, имеющее практическую и теоретическую значимость. Результаты научных исследований автора содержатся в 23 публикациях, 7 из которых входят в список рецензируемых журналов ВАК. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертации. Высказанные замечания не снижают научной ценности работы и не касаются защищаемых положений, в достаточной мере обоснованных имеющимся авторским фактическим материалом.

Таким образом, рассматриваемая диссертация представляет результаты законченного оригинального исследования и полностью соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842) для ученой степени кандидата наук. Ее автор, Владимир Сергеевич Жижерин, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика».

Диденко Алексей Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент Российской академии наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТиГ ДВО РАН). Адрес: 680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, д. 65.

Тел. (4212) 22-74-89; fax: (4212) 22-71-89; e-mail: itig@itig.as.khb.ru

Я, Диденко Алексей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«03» марта 2021 г.

Подпись А.Н. Диденко заверяю

Помощник директора ИТиГ ДВО РАН по кадровым вопросам Ю.Е. Вяткина

