

## 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

Диссертация Жижерина В.С. представляет собой исследование в области геодинамики, проведенное с использованием одного из самых современных методов изучения движений земной коры – спутниковой геодезии, основанной на GPS технологии.

*Актуальность работы:* Автор видит актуальность проведенного исследования в необходимости оценки современной тектонической подвижности сейсмически активной территории Верхнего Приамурья в связи с задачами строительства и эксплуатации здесь транспортных артерий и объектов гидроэнергетики. Особо отмечаются сложные тектонические условия региона, связанные с транспрессионным взаимодействием контактирующих здесь литосферных плит и слабой изученностью территории, с чем оппонент полностью согласен.

*Цели и задачи исследований* диссертации В.С.Жижерина корреспондируют с мировыми тенденциями развития геодинамики. Получение количественных данных о движениях и деформациях являются надежной основой для современных геодинамических моделей.

### *Метод исследований и фактический материал*

В последние годы GPS геодезия стала важнейшим инструментом изучения современных движений на разных масштабных уровнях – от движений тектонических плит до смещений по локальным разломам. Фактический материал был получен автором в результате проведения многолетних измерений на 20 реперных пунктах Верхнеамурского геодинамического GPS полигона, 3 из которых работают в непрерывном режиме. Для расчетов координат пунктов и связи региональной геодезической сети с Мировой сетью GPS станций использовался программный комплекс Gamit/Globk и данные постоянных станций международной геодинамической сети IGS.

### *Научная новизна*

Автором впервые на основе данных измерений методом GPS геодезии вычислены скорости тектонических деформаций в зоне влияния северной границы Амурской плиты и предложена новая трактовка строения и пространственного положения северной границы Амурской плиты.

### *Научная значимость работы*

Результаты работы позволяют углубить существующие научные представления о механизмах формирования деформаций при коллизионного взаимодействия литосферных плит.

### *Основные научные положения, выносимые на защиту*

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.

В целом, защищаемые положения возражений не вызывают, хотя, строго говоря, в первом из них словосочетание «деформации проскальзывания этих плит» правильнее было бы сформулировать, как «деформации сдвига в условиях относительного скольжения плит».

### *Структура и объем диссертации*

Диссертация состоит из пяти глав, введения, заключения и приложения. Общий объем работы составляет 120 страниц печатного текста, в том числе 24 рисунка, 2 таблицы и 1 приложение, а также список использованной литературы из 88 наименований. четырех глав, введения и заключения.

В общем, «Введение» представляет собой краткое изложение диссертационной работы с описанием актуальности и объектов исследования, целей работы и научных задач исследования, личного вклада соискателя, методологии исследования, научной новизны и значимости работы, степени достоверности полученных результатов, основных положений диссертации и соответствия диссертации паспорту научной специальности.

*Глава 1* «Геологическое строение, геодинамика и неотектоника Верхнеамурского геодинамического полигона» отражает общий взгляд автора не только на геологию района, но и на его глубинное строение. Рассмотрение этого вопроса осуществляется на нескольких

масштабных уровнях. Так, утверждается, что «регион находится в пределах тройного сочленения Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), Сибирской платформы и Тихоокеанского складчатого пояса». Такой «трансрегиональный» взгляд на объект, конечно, возможен, однако из приведенной карты (рис. 1.1) следует, что площадь исследований локализована скорее в области взаимодействия структур ЦАСП и Сибирской платформы. Субмеридиональные структуры Тихоокеанского складчатого пояса имеют к ней мало отношения. Более наглядна и полезна региональная схема блокового строения территории исследований (рис. 1.2), отражающая широтные, северо-западные и северо-восточные неоднородности, которые стали основой для заложения неотектонической блоковой структуры. Последняя и определяет современные деформации в регионе. Анализируя опубликованные данные по древнему геологическому субстрату и немногочисленные источники по неотектонике и сейсмичности региона, автор приходит к заключению о сложном строении земной коры, ее блоковой делимости, повышенной сейсмической активности, наличии развитой сети разломов, главным образом, сдвиго-взбросового типа.

Есть некоторые замечания к главе, которые не носят принципиального характера:

1. В связи с тем, что в качестве одной из задач автор поставил изучение положения северной границы Амурской плиты, следовало указать, что одной из первых схем, показывавшей границу плиты вдоль системы разломов Тукурингра-Джагды и Джелтулакского, была схема К.Г.Леви в книге «Геология и сейсмичность зоны БАМ. Неотектоника» [Шерман и др., 1984]. Справедливости ради стоит упомянуть, что такая же рисовка присутствует на приведенной в диссертации «Карте неотектоники Северо-Востока Азии» того же автора.
2. Не очень понятно настойчивое стремление автора показать со ссылкой на опубликованные геофизические данные, что в верхней мантии под структурами Монголо-Охотского орогенного пояса находятся «крупные магматические тела». Возможно автор считает, что гипотеза о наличии расплава в верхней мантии каким-то образом объясняет повышенную подвижность блоков коры в этой зоне по отношению к плитным территориям. Однако на фоне существования во внутриплитном пространстве активных вулканов провинции Удалианчи с несомненным наличием очагов плавления в мантии и неразвитости кайнозойского вулканизма в пределах изученного отрезка границы Амурской плиты это доказательство не выглядит убедительным.

В главе 2 «GPS геодезия как метод исследования современных тектонических движений» приводятся исторические сведения о применении различных методов исследований современных движений и расширенное описание глобальной спутниковой

навигационной системы GPS. Рассмотрев существующие методы исследований, автор приходит к выводу о том, что в условиях Верхнего Приамурья наиболее эффективным методом изучения современных тектонических движений является GPS технология.

Замечания к главе сводятся к следующему:

1. Представляется, что глава с принятым названием включает слишком уж расширенное описание истории изучения современных движений.
2. В некоторых случаях в тексте по непонятным причинам отсутствуют ссылки на источники информации (например, стр. 42, вверху).
3. Сведения о системе GPS почерпнуты из двух источников – русскоязычной публикации К.М.Антоновича 2005 года и работы Херинга с соавторами [Herring et al., 2018]. На взгляд оппонента, следовало бы чаще упоминать ссылки на этих авторов в тексте раздела.

Основные результаты проведенных измерений изложены в *главе 3* «Результаты исследований современных тектонических движений на Верхнеамурском геодинамическом полигоне». В ней приведена технология измерений, характеристика применяемых ГНСС приемников, описание процедуры обработки данных измерений и результаты в виде временных рядов и поля векторов горизонтальных движений.

Замечания к главе 3:

1. Не приведен список глобальных станций Мировой IGS сети, а также таблицы временных периодов проведения измерений, что является общепринятым при описании методики обработки GPS данных.
2. Несмотря на то, что в «Приложении» приведены временные ряды измерений на большинстве пунктов полигона, в главе не хватает анализа этих рядов, или хотя бы обсуждения точностей измерений. Только частично это приводится в главе 4.
3. Не указано, какие 3 станции относятся к разряду постоянных. Отсутствуют временные ряды станций постоянных измерений, которые дают возможность оценить размах сезонных вариаций и долговременные тенденции движений пунктов.
4. В первом выводе по главе указано, что в ней приведено описание положения и структуры полигона, однако в тексте мы находим только координаты контуров полигона и карту векторов горизонтальных движений пунктов относительно Евразии. О структуре полигона в тексте этой главы речь не идет.

*Глава 4* «Кинематика основных тектонических структур Верхнего Приамурья» частично посвящена описанию результатов расчетов поля современных горизонтальных движений в системе ITRF2014, помещенных в главе 3, а также относительным движениям блоков внутри полигона. На основе анализа векторов скоростей горизонтальных движений

внутри блоков сделан вывод о том, что относительной кинематической целостностью обладают Джугджуро-Становой и Аргунский блоки. Дифференцированные смещения установлены в пределах Монголо-Охотского блока и на прилегающих к нему территориях. Анализируются скорости вертикальных смещений блоков.

Замечания главе 4 сводятся к следующему:

1. Схема векторов построена неудачно, поскольку векторы рассчитаны относительно пункта DJEL, который находится в пределах наиболее подвижной Желтулакской зоны. Именно вдоль этой зоны, по мнению К.Г.Леви [Леви, 2007], проходит граница Амурской плиты. Более показательным мог бы быть вариант построения поля скоростей относительно стабильного Аргунского блока или одного из пунктов в его пределах вдали от границы.
2. Подпись под рисунком 4.1 «Схема блокового строения Верхнего Приамурья» дублирует подпись под рисунком 1.2. По содержанию здесь более уместна подпись «Схема векторов скоростей горизонтальных движений блоков Верхнего Приамурья».
3. Стр. 61, третий абзац сверху - отсутствие согласований в предложении.
4. На стр. 61 сделан вывод о несогласовании горизонтальных деформаций с «сейсмической обстановкой», хотя анализ эпицентрального поля и его соотношение с деформациями изложены только в главе 5.
5. Не понятно на каких основаниях на стр. 62 сделан вывод о том, что «На западном фланге Монголо-Охотского блока развиваются наибольшие по амплитуде деформации растяжения...». Анализ одних только векторов скоростей горизонтальных движений не позволяет сделать однозначный вывод о типе деформаций. С таким же успехом это может быть сдвиг.
6. Ни на схеме (рис. 4.2) ни в «Приложении» не приведены скорости вертикальных движений пунктов, которые обсуждаются в конце главы.

*Глава 5 «Геодинамическая интерпретация результатов исследований современных тектонических процессов»* посвящена разработке геодинамической модели современных блоковых взаимодействий в пределах региона исследований на основе расчетов тектонических деформаций. Это наиболее объемная и насыщенная результатами различного рода расчетов, интерпретациями и предположениями часть работы. Подход к расчету деформаций земной поверхности с использованием GPS данных произведен на основе перехода от векторного способа описания величин к скалярному с применением тензорного исчисления, что позволило получить инвариантные численные значения для изучаемых процессов. Для территории полигона получены схемы деформаций по разным компонентам, схемы сдвиговых деформаций, второго инварианта скорости деформаций и др. Выделены области преобладающих общего растяжения и сжатия земной коры.

Проведено сопоставление распределения деформаций с сейсмичностью. Показано, что в областях растяжения наблюдаются рассеянные эпицентры землетрясений, а в областях сжатия они практически отсутствуют.

Исходя из кинематических характеристик блоков автору не удалось выделить северную границу Амурской микроплиты, как единую линию. Сделано предположение, что она представляет собой зону между Становым и Южно-Тукурингским разломами, в пределах которой происходит некогерентное изменение векторов скорости точек, принадлежащих Евразийской плите, к векторам, характеризующим Амурскую плиту. Обнаружены области развития интенсивных деформаций в пределах Z-образного сочленения Джелтулакской и Тукурингской систем разломов. По данным магнитотеллурического зондирования эти зоны характеризуются наличием нескольких слоев с низким и различным по величине электрическим сопротивлением в литосфере.

Замечания к главе 5 сводятся к следующему:

1. Не очень понятно, какие именно пункты измерений имеет в виду автор, говоря о «значительных отклонениях пространственного положения пунктов от трендовых». Требуется специально указать эти пункты, и исключить флуктуации из-за возможных ошибок измерений, иначе все рассуждения о волновой природе деформаций повисают в воздухе.
2. Недостатком сопоставления полученных схем деформаций земной коры с сейсмичностью является сопоставление полей деформаций с точечным полем эпицентров землетрясений разных магнитуд. Это не позволяет увидеть какую-либо тенденцию искомой связи на количественном уровне.
3. Можно согласиться, что наличие слоев с различным электрическим сопротивлением свидетельствует о расслоенности литосферы, однако оно ничего не говорит ни о тектонической природе этой расслоенности, ни о разноуровневом характере перемещения блоков. Пока это область увлекательных предположений.

*Рекомендации по практическому использованию материалов диссертации*

Материалы диссертации В.С. Жижерина будут полезны специалистам в области современной геодинамики и неотектоники, а также в области геодезии. Результаты работ могут быть включены в лекционные курсы ВУЗов по геотектонике и геодинамике. Материалы диссертации рекомендуются использовать в научных институтах РАН.

*Заключение*

Диссертационная работа Жижерина Владимира Сергеевича «Современные движения земной коры Верхнего Приамурья и моделирование геодинамических процессов по данным GPS наблюдений» представляет собой законченное научное исследование,

выполненное на актуальную тему, обладает научной новизной и содержит решение задач по определению параметров современных движений земной коры и геодинамики территории Верхнего Приамурья, имеющих важное значение для познания закономерностей внутриконтинентальных блоковых движений и деформирования земной коры. Обоснованность защищаемых положений, их новизна и практическая значимость не вызывают сомнений. Тема диссертации соответствует специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика. Работа написана грамотным научным языком. Автореферат отражает содержание диссертации.

Работа прошла хорошую апробацию. Ее основные результаты отражены в 23 публикациях, в том числе в 7 статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Результаты работы были представлены автором на 11 научных совещаниях международного и российского уровней.

Приведенные в отзыве замечания не снижают ценности диссертационной работы и могут быть учтены автором в его будущих исследованиях.

На основании изложенного выше, считаю, что рассматриваемая диссертация удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями), а ее автор, Жижерин Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03-Геотектоника и геодинамика.

#### **Официальный оппонент**

Саньков Владимир Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией современной геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук. Адрес: 664033, г.Иркутск, улица Лермонтова, 128

Телефон: 89025114175, факс: 83952427903, адрес электронной почты: [sankov@crust.irk.ru](mailto:sankov@crust.irk.ru)

Я, Саньков Владимир Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

25 января 2020 г.

Подпись Санькова В.А.

заверяю

начальник отдела кадров



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
24.01.2020