

## 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 во внутриконтинентальных условиях при коллизионном взаимодействии 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 транспрессионные деформации, вызванные взаимодействием этих плит.

2. Наиболее интенсивные деформации земной коры (на 2 порядка выше типичных значений для внутриплитных участков) наблюдаются между Тукурингской 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-Тукурингских 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, указанные во втором положении поле дилатации может проявляться не только в области растяжения, но и в области сдвига.

#### *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 89 наименований. четырех глав, введения и заключения.

В целом «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. На стр. 12 автором указывается, что «регион находится в зоне сочленения Алдано-Станового щита и Амурской платформы», однако отнесение Амурского мегаблока к платформенным структурам спорно, тем более без указания возраста такого образования.
2. 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. С этой же точки зрения оппонент не может согласиться с утверждением автора, о том, что им исследуется «участок Амурской микроплиты ...» (стр. 36), поскольку формально в пределах исследуемой территории присутствуют три неотектонические единицы – Амурская и Евразийская плиты и граница между ними, пока иное не доказано.
3. 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. Замечаний по тексту нет, однако представляется, что раздел с таким названием включает излишне расширенное описание истории изучения современных движений, начиная с представлений древних греков, А.Цельсия и Ч.Дарвина и др.

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 Джелтулакской зоны. Именно вдоль этой зоны по мнению К.Г.Леви [Леви, 2008] 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. Стр. 61, третий абзац сверху - отсутствие согласований в предложении.
3. 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.
4. 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.
5. Ни на схеме (рис. 4.1) ни в «Приложении» не приведены скорости вертикальных движений пунктов, которые обсуждаются в конце главы на стр. 62. Кроме того, из обсуждения величин вертикальных движений разных блоков не создается общей картины, что объясняется выбором в качестве опорного пункта DJEL, находящегося в пределах Джелтулакской зоны.
6. Недостатком схемы (рис. 4.1) является несоответствие размеру рисунка масштаб стрелок – они настолько маленькие, что часто трудно понять, куда движется пункт.

*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 область между Становым и Южно-Тукурингским разломами, в пределах которой происходит некогерентное изменение векторов скорости точек, принадлежащих Евразийской плите, к векторам, характеризующим Амурскую плиту. В пределах этой области обнаружены зоны развития интенсивных деформаций, приуроченные к Z-образному сочленению Желтулакской и Тукурингской систем разломов. По данным магнитотеллурического зондирования эти зоны характеризуются наличием нескольких слоев с низким и различным по величине электрическим сопротивлением в литосфере, что связывается автором с высокой подвижностью литосферы.

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 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 это ничего не говорит ни о тектонической природе этой расслоенности, ни о разноуровневом характере перемещения блоков. Пока это область увлекательных предположений.

Замечаний к «Заключению» диссертационной работы не имеется.

*Рекомендации по практическому использованию материалов диссертации.*

Материалы диссертации В.С. Жижерина будут полезны для специалистов 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 и в проектных организациях.

#### *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.

10 апреля 2021 г.

Подпись Санькова В.А.

заверяю

начальник отдела кадров

