

ОТЗЫВ

официального оппонента д. ф.-м.н. Гаврилова Валерия Александровича на диссертацию Фаттахова Евгения Альбертовича «**Развитие методов анализа длительных рядов геодеформационных наблюдений в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. – «Геофизика»

Актуальность темы. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью развития подходов к обработке и анализу длительных временных рядов данных геодеформационных наблюдений, к совершенствованию используемых при этом технологий, методов и методик обработки данных. Особую актуальность тема диссертационной работы имеет для исследований, проводимых в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах.

Цель и основные задачи исследования

Целью диссертационной работы являлось совершенствование технологии анализа и интерпретации длительных рядов мониторинга горизонтальных и вертикальных смещений земной поверхности, полученных на геодинамических полигонах в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах. Для достижения указанной цели в диссертационной работе решались следующие задачи.

1. Разработка алгоритма статистического анализа рядов исходных данных длительных геодеформационных наблюдений.
2. Проведение спектрально-временного анализа длительных рядов геофизических и геодезических рядов наблюдений, а также поиск доминирующих гармоник в сигналах.
3. Сопоставление результатов измерения вертикальных движений земной поверхности, полученных спутниковыми и наземными методами в окрестности единого пункта измерения.
4. Развитие ранее разработанной Ю.О. Кузьминым технологии для выявления доминирующего типа аномалий вертикальных смещений в разломной зоне.

5. Определение главных осей сжатия и растяжения во времени по данным измерений вдоль светодальномерных линий методом теории деформаций.

Новизна исследования и полученных результатов диссертации

1. В диссертационной работе предложен подход для анализа и интерпретации результатов геодеформационных процессов, полученных методами наземной и спутниковой геодезии, заключающийся в проведении поэтапного спектрально-временного анализа рядов данных непрерывных и повторных наблюдений, а также в оценке уровня и характера современного геодинамического состояния недр.

2. Представлена методология статистического анализа первичных данных на примере непрерывных инклинометрических наблюдений, который можно распространить и на дискретные измерения.

3. Статистический анализ многолетних повторных геодезических наблюдений позволил уточнить среднегодовую скорость геодеформационных процессов на Ашхабадском и Камчатском геодинамическом полигонах и обоснованно подтвердить, что региональный фон среднегодовых скоростей деформаций для указанных высокосейсмичных регионов крайне низок – менее $(2-3) \cdot 10^{-8}$ в год.

4. С помощью спектрального анализа проанализированы результаты геодезических и геофизических измерений для поиска схожих и отличных друг от друга закономерностей в пределах и вне разломных зон.

5. Исследована возможность и предложен вариант применения теории деформаций для повторных наземных геодезических измерений с целью идентификации доминирующих типов аномалий вертикальных смещений в разломных зонах.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Улучшение методов анализа пространственно-временных геодеформационных процессов в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах, состоящее в последовательном применении методов спектрально-временного анализа и теории деформаций, позволяет более эффективно

оценивать текущую геодинамическую обстановку, что дает возможность повышать геотехническую безопасность зданий, сооружений и объектов инфраструктуры месторождений полезных ископаемых.

2. Применение детального статистического анализа при обработке исходных данных позволяет уже на первых этапах обработки достаточно надежно отделять полезный сигнал от помех, что положительно влияет на конечный результат обработки.

3. Выделение периодичностей при анализе длительных временных рядов измерений позволяет оценивать частоту повторений тех или иных процессов.

4. Сравнение результатов, полученных различными (спутниковыми и наземными) геодезическими методами измерений смещений земной поверхности, позволяет повысить достоверность оценок регистрационных возможностей геодеформационных процессов, что в свою очередь влияет на точность и однозначность получаемых результатов.

5. В работе продемонстрировано практическое применение теории деформации для оценки главных осей сжатия и растяжения по светодальномерным линиям, а также для оценки влияния различных источников геодинамического воздействия на район Камчатского геодинамического полигона. Предложенный параметр F позволяет проводить селекцию типов аномальных вертикальных движений земной поверхности в зонах разломов по данным повторных измерений и устанавливать доминирующий тип аномалий за весь период наблюдений для каждого разлома. Разработанные научно-методические подходы доведены до высокого уровня унификации, позволяющего их использование на других геодинамических полигонах.

Личный вклад автора

В ходе диссертационных исследований диссертант лично:

1. Выполнил обзор публикаций по тематике исследований диссертационной работы.
2. Разработал, адаптировал и применил необходимые алгоритмы для обработки исходных геофизических и геодезических данных.

3. Проводил построение и расчет главных осей сжатия и растяжения во времени на Камчатском и в Ашхабадском геодинамическом полигонах.
4. Совместно с научным руководителем Ю.О. Кузьминым разработал параметр F , используемый для селекции аномалий движений в разломных зонах.
5. Провел анализ полученных результатов и сформулировал основные выводы.
6. Формировал графическое представление окончательных результатов.

Обоснованность и достоверность основных положений, результатов и выводов диссертации обусловлена большим объемом исходных геофизических и геодезических данных, полученных при проведении геодеформационных измерений в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах, их тщательным анализом с проверкой отсутствия артефактов, связанных с влиянием помех различного происхождения.

Краткая характеристика основного содержания диссертации.

Диссертация Е.А. Фаттахова состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и двух приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования; формулируется цель и основные задачи работы; представляется информация о результатах и научной новизне проведенных исследований; формулируются основные положения, выносимые на защиту; характеризуется теоретическая и практическая значимость работы; приводится информация о личном вкладе диссертанта и апробации работы. Кроме того, дается краткое изложение содержания диссертации.

В главе 1 диссертации рассматривается состояние изученности проблемы. Приводятся основные результаты геодеформационных наблюдений, полученные на геодинамических полигонах различного целевого назначения. Представлен обзор методов измерений и анализа длительных рядов инструментальных геодеформационных наблюдений. Показывается, что объем экспериментальных данных, связанных с изучением современных движений земной коры, накопленных с середины 20 века,

достаточно велик, однако научно-методические основы для анализа геодеформационных наблюдений все еще требуют усовершенствования и приведения в единый формализованный формат анализа получаемых результатов.

Темой главы 2 анализ структуры временных рядов геодеформационных наблюдений. Детально рассматриваются и сопоставляются результаты наблюдений, полученные в различных сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах. Рассматриваются вопросы, связанные с аппаратурной базой наблюдений на нефтегазоносных регионах, а также вопросы, связанные со сбором и обработкой получаемых данных наблюдений. Представленные в главе 2 результаты позволяют обосновать **первое защищаемое положение**: «Применение поэтапного спектрально-временного анализа длительных рядов наблюдений позволяет уточнять величины региональных кинематических характеристик движений и, в частности, значения среднегодовых скоростей относительных деформаций на Камчатском и Ашхабадском геодинамических полигонах, а также выявлять доминирующие гармоники аномальных наклонов на добывающих платформах шельфовых месторождений».

В главе 3 рассматриваются особенности методов анализа наблюдений на объектах, подверженных циклическому деформированию. При этом анализировались результаты, полученные на уникальном комплексном геодинамическом полигоне ПАО «ТАТНЕФТЬ», который представляет собой совокупность региональных, зональных и локальных геодезических полигонов, дополненных развитой сетью сейсмических станций. Уникальность полигона связана с составом проводимых измерений, так с длительностью его функционирования (около 30 лет). Кроме этого, детально анализировались результаты, полученные на подземных хранилищах газа, построенных в различных геологических структурах. В выводах по главе 3, результаты, полученные в ходе анализа данных наблюдений, обосновано считаются значимыми и содержательными. Они позволили обосновать **второе защищаемое положение**: «Повторные ГНСС-наблюдения на циклически деформируемых объектах имеют меньшую метрологическую обеспеченность по сравнению с результатами, полученными методом постоянно действующих ГНСС измерений, обработанными с использованием

методов спектрально-временного анализа.»

Глава 4 посвящена применению методов теории деформации для анализа повторных геодэформационных наблюдений. Результаты, представленные в главе 4, позволяют **обосновать третье защищаемое положение:** «Доминирующие типы аномалий движений в разломных зонах более достоверно выявляются при использовании теории деформации, которая также позволяет получать адекватную оценку степени влияния различных источников воздействия (вулканы и/или зона субдукции) на деформации земной поверхности в пределах Камчатского геодинамического полигона».

В Заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Замечания по содержанию диссертации.

Каких-либо серьезных замечаний по содержанию диссертации оппонент не имеет. Единственным замечанием, не имеющим принципиального значения для оценки диссертации, связано со слишком детальным изложением и анализом результатов, представленным в главе 2. Указанное замечание не снижает высокую оценку научного уровня диссертационной работы.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 14 научных работах, 11 из которых - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680444 [Приложение 1] и АКТ о внедрении результатов диссертационных исследований от 26 декабря 2022 года [Приложение 2]. Основные результаты исследований были представлены на семинарах ИФЗ РАН, а также на ряде международных и всероссийских конференций.

В целом диссертация Фаттахова Евгения Альбертовича является законченной научно-квалификационной работой, основные результаты которой в должной мере отражены в научных публикациях в изданиях из перечня ВАК и прошли апробацию на международных и российских конференциях. Научные положения и выводы обоснованы в достаточной

степени, достоверность защищаемых положений и результатов не вызывает сомнений.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени кандидата наук, а её автор **Фаттахов Евгений Альбертович** заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Я, Гаврилов Валерий Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник лаборатории комплексного мониторинга сейсмоактивных сред Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН)
доктор физико-математических наук

Гаврилов Валерий Александрович

03 апреля 2024 года

Почтовый адрес: 683006, г. Петропавловск Камчатский, бульвар Пийпа, д. 9.

телефон: 8 900-44-230-43, e-mail: vgavr1403@mail.ru

Подпись

Гаврилова Б.А.

зав.отделом

Зав. ОК ИВиС ДВО РАН

В.И. Меньшук



В.И. Меньшук