

Отзыв

о диссертационной работе Вольфмана Юрия Михайловича
«Особенности процессов альпийского тектонического разрывообразования и сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности
25.00.03 – Геотектоника и геодинамика

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Общий объем работы составляет 371 страницу, в том числе – 152 рисунка, 9 таблиц и список литературы, включающий 522 наименования.

Цели исследований:

1. Идентификация деформационных режимов и кинематических обстановок альпийского разрывообразования в пределах Горного Крыма с применением методов тектонофизического анализа данных о прямых признаках смещений горных массивов – зеркалах скольжения на стенках тектонических разрывов.

2. Реконструкция обстановок сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона по результатам решений фокальных механизмов очагов землетрясений; исследование сейсмогенерирующих полей напряжений и их трансформаций.

3. Сопоставительный анализ кинематических обстановок альпийского тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма и обстановок сейсмогенеза в пределах Крымско-Черноморского региона и других детально изученных сейсмоопасных сегментов Средиземноморского пояса.

Для реализации этих целей Ю.М. Вольфман решил широкий круг задач, связанных с определением кинематических обстановок и деформационных режимов как альпийского тектонического, так и современного сейсмогенного разрывообразования, различных аспектов строения и геодинамического развития исследуемых территорий, геологических причин возникновения и прогноза локальных природных и природно-техногенных катастроф и других проблемных моментов, для решения которых можно и, как показано автором, целесообразно привлечение тектонофизических методов.

Многие положения в диссертации Ю.М. Вольфмана характеризуются научной новизной, что было обеспечено использованием в процессе исследований широкого спектра разнообразных методических приемов и способов (в том числе – оригинальных, разработанных автором) и их комплексированием. Так, учитывая противоречивость ныне существующих концепций относительно роли тех или иных типов тектонических разрывов в строении Крымского региона, автор основывает свои выводы на результатах изучения прямых признаков смещений горных массивов – зеркал скольжения на стенках разрывов, количественные соотношения разных типов которых отражают роль соответствующих нарушений в структуре региона. Им были разработаны и применены унифицированные, основанные на единых методических подходах, способы исследований (построения стереографических моделей структурно-кинематических парагенезисов тектонических разрывов и стереографических моделей сейсмогенеза). Они послужили инструментом изучения и анализа условий альпийского разрывообразования в Горном Крыму, а в пределах сейсмоактивных регионов обусловили возможность идентификации и параметризации сейсмогенных зон, отвечающих разным обстановкам формирования очагов землетрясений. Автором также впервые выполнен детальный тектонофизический анализ полей напряжений, обусловивших многообразие проявлений сейсмогенеза в Крымско-Черноморском

регионе, где им установлены закономерности трансформаций структурообразующих полей напряжений в условиях влияния разных кинематических обстановок.

Решение Ю.М. Вольфманом разноплановых задач позволяет отнести рассматриваемую диссертацию к числу тех немногочисленных исследований, в которых закономерности тектонического и сейсмогенного разрывообразования анализируются всесторонне (и с геологической, геодинамической, и с сейсмологической точек зрения) для объектов разного уровня – от мегаструктур регионального масштаба до локальных мезо- и микроструктур. При этом выводы автора базируются на весьма представительном фактическом, в том числе – сейсмологическом материале, что подтверждается привлечением малоизвестных данных о механизмах очагов землетрясений, произошедших во внутриплатформенных областях – в Припятском палеорифтовом прогибе Беларуси (стр. 126) и на Украинском щите (стр. 126, 291 и др).

На основе проведенных исследований диссертантом сформулировано пять защищаемых положений, основная суть которых кратко сводится к следующему:

1. Структурную основу Горного Крыма составляют разноранговые системы преимущественно сдвиговых и сбросовых разрывных нарушений диагональных и ортогональных ориентировок, возникающие в условиях периодически проявляющихся обстановок продольного сжатия и растяжения; обоснованы также роль и место надвиговых разрывов в структуре региона.

2. Установленные по зеркалам скольжения закономерности разрывообразования в регионе делают возможной структурно-кинематическую идентификацию парагенезисов вертикальных сколовых разрывов (трещинных структур) даже при отсутствии зеркал скольжения, указывающих направление перемещения крыльев разрыва.

3. Многообразие обстановок сейсмогенеза, идентифицированных в очагах Южно-Крымской зоны, указывает на гетерогенный характер и сложное строение этой зоны, не позволяя отнести ее к какому-либо одному типу сейсмогенеза.

4. Изученные геосистемы периодически подвергаются сжатию в направлениях, закономерно ориентированных относительно оси вращения Земли: субмеридиональном, субширотном и обоих диагональных. Образующиеся при этом сейсмогенные разрывы, отражают, как правило, не суммированное влияние разных геодинамических факторов, а кратковременное преобладание воздействий одного из этих факторов над остальными.

5. Причиной возникновения локальных геологических катастроф является активизация и объединение в единые зоны тех фрагментов разновозрастных разломно-трещинных систем, параметры которых удовлетворяют новейшим полям напряжений, способствуя проявлению негативных экзогенных процессов и создавая предпосылки для катастрофического развития этих геосистем.

В первой главе диссертации представлен краткий обзор тектонофизических методов исследований, разделенных на две категории – методов структурного и квазипластического анализа. Здесь же приведено описание и алгоритм апробированных и применяемых автором способов и методических приемов, включающих элементы нескольких методов структурного анализа, в задачу которых входит определение ориентировок главных осей тензора напряжений. Первый из них – способ построения стереографических моделей структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений – содержит необходимую для структурного анализа информацию. Он в полной мере характеризует как условия залегания и тип тектонического нарушения, в зоне динамического влияния которого произведены наблюдения, так и ориентировки осей напряжений, отражающих тип деформационного режима и кинематическую обстановку формирования парагенезиса разрывов. Как отмечает автор, предлагаемый

способ весьма прост в реализации, не требует углубленной теоретической подготовки и может использоваться в практике полевых исследований всеми геологами, что, естественно, является его достоинством. При этом выполнение отдельных операций возможно с применением существующих или адаптированных программных средств.

Второй способ – построение стереографических моделей сейсмогенеза – основан на дифференциации и унификации параметров механизмов очагов землетрясений и их совокупностей по типам деформационных режимов и кинематических обстановок. Полученные в результате применения данного способа стереографические модели рассматриваются в качестве моделей соответствующих типов сейсмогенеза, а в случае закономерного пространственного расположения однотипных очагов – в качестве стереографической модели сейсмогенных зон. Таким образом, автор отказался от пространственно-кластерного принципа усреднения параметров очагов землетрясений, локализованных в пределах ограниченного сегмента тектоносферы, но характеризующихся разными режимами и обстановками их формирования. О корректности применения этого подхода свидетельствуют параметры верификационных моделей, представленные в табличном и графическом виде в третьей главе.

Во второй главе автор анализирует особенности альпийского тектонического разрывообразования в Горном Крыму. Здесь последовательно показано современное состояние проблемы, включая роль систем разрывных нарушений разных типов в тектонических и геодинамических моделях региона. В результате многоуровневого анализа большого объема эмпирического (полевого) материала, автор пришел к выводу о том, что в пределах Горного Крыма периодически проявлялись кинематические обстановки регионального сжатия и растяжения, которые нашли отражение в системах разноориентированных тензоров напряжений. Особенностью этих систем является избирательность ориентировок осей главных напряжений, которая выражается в их секторальном распределении. Изменения обстановок и деформационных режимов разрывообразования обусловили формирование нарушений разных структурно-кинематических типов, роль и место которых в регионе обоснована количественными соотношениями этих разрывов, определяющих доминирующую роль сдвиговых и сбросовых нарушений в структуре региона. В этой же главе обоснована возможность структурно-парагенетической идентификации трещинных структур, на стенках которых отсутствуют зеркала скольжения. Отметим, что построенные стереографические модели структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений получили вполне обоснованную геологическую интерпретацию, что сближает результаты геологических и тектонофизических исследований при создании структурной основы Горного Крыма.

Третья глава отражает результаты исследования автором сейсмогенерирующих полей напряжений в пределах сейсмоопасных регионов Средиземноморского пояса (Загрос, Вранча, Черноморско-Кавказский), различающихся строением и особенностями геодинамического развития. Отмеченный ранее отказ от пространственно-кластерного принципа усреднения параметров очагов землетрясений позволил автору выполнить анализ сейсмологических данных и построенных на их основе стереографических моделей сейсмогенеза с геодинамических позиций. В результате вполне логичное объяснение получили некоторые особенности процессов конвергенции в пределах Средиземноморского пояса. Это касается взаимодействия крупных литосферных плит – Аравийской и Евразийской в зоне Загроса, где установлена двойственная природа этой зоны – взбросо-надвиговая (палеосубдукционная) и правосдвиговая. Неожиданными, но вполне обоснованными являются результаты изучения сейсмогенеза в пределах Вранча. Тот факт, что данная зона по своей природе является гетерогенной, активизирующейся в

различных кинематических обстановках, подтверждают как построенные модели основных типов сейсмогенеза, так и результаты пространственной параметризации (геометризации) сейсмогенных зон разной природы. По мнению автора, основанному на данных глубинной сейсмотомографии, глубинные неоднородности, к которым приурочены очаги Вранча, имеют не петрологическую природу в виде слэба океанической или континентальной плиты, а представляет собой сегмент тектоносферы, подверженный всестороннему сжатию. Оно обусловлено взаимодействием литосферных плит, в том числе, вклиниванием микроплиты Тиссия-Дакия между Скифской и Мизийской плитами.

Особый интерес, на наш взгляд, представляют детально описанные в **четвертой главе** результаты анализа сейсмогенерирующих систем напряжений в очагах Крымско-Черноморского региона. Перед Ю.М. Вольфманом стояла весьма сложная задача. Во-первых, в его распоряжении была малочисленная выборка фокальных механизмов очагов землетрясений. Во-вторых, многие из них (за исключением катастрофического крымского землетрясения 11.09.1927 г. с $M=6.9$) относятся к категории слабых или относительно слабых, имеющих магнитуду от 3-х до 5.8, а «комбинаторные» механизмы, полученные путем усреднения параметров локальных групп очагов, и вовсе имеют $M=2.5$. В то же время известно, что устойчивые закономерности в распределении параметров сейсмогенерирующих полей напряжений проявляются при использовании данных по землетрясениям с магнитудами $M \geq 5-6$. В-третьих, как указывает автор, в распределении очагов отмечается практически повсеместное проявление разнообразных обстановок сейсмогенеза в регионе, с одной стороны, и отсутствие приуроченности однотипных механизмов очагов к определенным геоструктурным элементам – с другой (рисунок 4.5 на стр. 183).

Тем не менее, учитывая закономерности, установленные Ю.М. Вольфманом при анализе сейсмогенерирующих полей напряжений в регионах, для которых имеются вполне представительные данные по фокальным механизмам очагов (Загрос, Вранча, Кавказ), автор решил и эту задачу на достаточно высоком уровне. Скрупулезный анализ позволил ему построить «квазимодели» (обозначенные автором этим термином модели сейсмогенеза по региону ввиду малочисленности используемых данных) проявлений сейсмогенеза и обосновать ряд закономерностей, характеризующих как системы напряжений, так и особенности их трансформаций в условиях меняющихся кинематических обстановок и деформационных режимов.

В результате детального анализа полей напряжений для обстановок сжатия и растяжения установлено, что в процессе регионального сейсмогенеза, как и в пределах Загроса, Вранча и Кавказа, проявился избирательный характер полей напряжений, который выражается в закономерном распределении ориентировок осей сжатия и растяжения в квазимоделях разных типов (рисунок 4.18 на стр. 203). Несколько развернутое положение максимумов этих осей (по сравнению с Загросом, Вранча и Кавказом, приведенными на рисунке 3.21 на стр. 171) автор объясняет недостаточным количеством идентифицированных фокальных механизмов в Крымско-Черноморском регионе и допусками, неизбежными при решении механизмов очагов землетрясений низкого энергетического уровня. Здесь же Ю.М. Вольфманом обосновано разделение деформационных режимов сейсмогенеза и обусловивших их появление систем напряжений на первичные и трансформированные, что нашло отражение в соотношении энергетических характеристик очагов, возникших в одинаковых кинематических обстановках, но в условиях разных режимов (рис. 4.19 на стр. 204).

Также автором отмечается определенная тенденция в распределении углов

наклона осей сжатия и растяжения первичных систем напряжений вдоль ортогональных и диагональных направлений: углы падения осей сжатия и растяжения диагональной ориентировки характеризуются небольшим наклоном, в то время как в обстановках действия ортогональных систем эти же оси практически горизонтальны. Аналогичная закономерность отмечается и в распределении ориентировок осей сжатия в моделях сейсмогенеза других исследуемых сегментов Средиземноморского пояса. Это позволило автору отнести поля напряжений ортогонального сжатия-растяжения к системам более высокого иерархического уровня по сравнению с таковыми диагональной ориентировки, поскольку последние отражают наличие некоторых трансформаций, выраженных в отклонениях осей напряжений от горизонтального положения.

В результате анализа регионального сейсмогенеза автором обосновано одно из защищаемых положений, согласно которому Южно-Крымская сейсмогенная зона имеет гетерогенный характер и сложное внутреннее строение, что не позволяет обосновать принадлежность этой зоны или отдельных ее фрагментов к какому-либо одному типу сейсмогенеза.

В **пятой главе** автором проанализированы пространственно-временные аспекты тектосейсмогенеза Крыма и его обрамления в системе альпийской геодинамики региона. Здесь освещены те особенности строения и геодинамики, которые придают диссертации вид полностью законченного исследования, отражая пространственно-временные закономерности условий формирования тектосейсмогенеза в регионе на протяжении всего альпийского этапа. Глава содержит результаты геологической интерпретации скоростной модели по профилю DOBRE-5, алгоритм и результаты пространственно-кинематической идентификации основных разрывных нарушений в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и крымского сегмента Скифской плиты, данные историко-структурного анализа платформенных комплексов Скифской плиты и Северного Причерноморья и их сопоставления с геодинамическими реконструкциями для Средиземноморского пояса.

Первое разрывное нарушение по профилю DOBRE-5 идентифицировано как зона сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты, выраженная системой пологопадающих сбросов, вдоль которых происходит смещение всех слоев земной коры и границы Мохо. Этот элемент авторской интерпретации скоростной модели по профилю DOBRE-5 нашел отражение в известной международной публикации (V. Starostenko, T. Janik, T. Yegorova et al. Seismic model ... // *Geophys. J. Int.* – 201, 2015). Две другие зоны выделены Ю.М. Вольфманом впервые. Они представляют собой региональные пологие надвиги, устанавливаемые по повторениям фрагментов геологического разреза, и обозначены как Верхний и Нижний Центрально-Крымские надвиги. Оригинальный способ параметризации этих нарушений с использованием графического анализа на стереографических сетках, а также сопоставление результатов выполненного анализа с общей геологической ситуацией и с конкретными, ранее установленными приповерхностными структурами, представляются в достаточной мере обоснованными.

Достоверность результатов выполненного автором историко-структурного анализа региона подтверждается результатами палеогеодинамических реконструкций Средиземноморского пояса других исследователей, которые отражают эволюцию задуговых бассейнов, формирующихся на южной окраине Евразии перед фронтом зон субдукции Неотетиса на разном удалении от Крыма.

В **шестой главе** рассмотрены результаты применения тектонофизических методов и их комплексирования с другими видами исследований при решении спорных вопросов

строения и геодинамики Горного Крыма и при изучении причин катастрофического развития локальных природных и природно-техногенных геосистем. Здесь же автором приведены результаты исследований по уточнению геолого-структурных условий и сейсмичности территорий определенных населенных пунктов и участков размещения особо важных объектов. Отметим, что некоторые методические новации Ю.М. Вольфмана успешно были применены нами в процессе исследований (проводимых совместно с симферопольскими коллегами автора) по уточнению сейсмотектонических условий территории размещения Белорусской АЭС.

Основные выводы автора по данному разделу исследований сводятся к тому, что, несмотря на наличие множества причин, способных спровоцировать катастрофическое развитие геосистем, основную роль в подготовке геологических катастроф играют процессы современной активизации разломно-трещинных структур с проникновением трещинных структур в водоупорные горизонты осадочного чехла и возникновением фильтрационных окон или зон. Это обуславливает перераспределение подземного стока и концентрацию грунтовых потоков, создавая предпосылки для избыточного обводнения территорий и развития в их пределах суффозионно-карстовых провалов, обвально-оползневых смещений и т.п.

На основании результатов проведенных исследований автор полагает, что влияние тектонических разрывов на состояние грунтовых массивов, равно как и их роль в активизации негативных процессов, необходимо учитывать при массовой застройке территорий с учетом проработки прогнозных сценариев развития этих процессов в техногенно-измененных условиях.

Естественно, что при подготовке столь сложной и многоплановой работы, каковой является диссертация Ю.М. Вольфмана, автору не удалось избежать некоторых дискуссионных определений:

1. Анализируя процессы сейсмогенеза области Вранча, автор (по аналогии с другими исследуемыми регионами) оперирует такими понятиями, как «сейсмогенный разрыв» и «сейсмогенное разрывообразование». Представляется, что эти понятия вполне применимы к процессам сейсмогенеза в регионах с коровой сейсмичностью, каковыми являются Загрос и Крымско-Кавказско-Черноморский сегменты Средиземноморского пояса. Однако утверждение о том, что сейсмогенные разрывы возникают на глубинах более 100 км (где и формируется преобладающая часть землетрясений Вранча), по-видимому, не совсем корректно.

2. При анализе деформационных режимов Ю.М. Вольфман выделяет в отдельную категорию «взбросо-сбросовый» режим, в само определение которого уже заложено внутреннее противоречие. Правда, автор поясняет, при каких параметрах тензора напряжений данный тип режима отражает обстановки сжатия или растяжения. Однако было бы целесообразным разделить эту категорию на два деформационных режима, в названиях которых однозначно отражались бы конкретные особенности условий разрывообразования.

Данные замечания не снижают высокой оценки диссертации Ю.М. Вольфмана в целом и не мешают общему восприятию работы, как завершеного фундаментального исследования, имеющего также большое практическое значение.

Выводы автора в достаточной степени аргументированы, а защищаемые в диссертации положения являются логичным следствием результатов значительных по объему и содержанию проведенных автором комплексных исследований.

Диссертация Ю.М. Вольфмана соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено Постановлением

Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), а ее автор, Юрий Михайлович Вольфман заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика.

Айзберг Ромма Ефимович - почтовый адрес: 220076, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ф. Скорины, д.10
- e-майл: info@nature-nas.by

Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»


Главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, член – корреспондент НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук.

- Я, Айзберг Ромма Ефимович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета Д. 002.001.01 при ИФЗ РАН, и их дальнейшую обработку.

02.03.2021 г.

 /Айзберг Р.Е./

Подпись Айзберга Роммы Ефимовича удостоверяю:

Должность узкий секретарь подпись  Ф.И.О. Кашышенко Т.А.

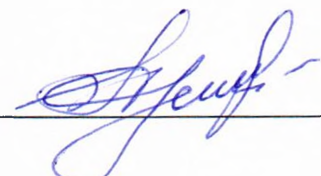
Аронова Татьяна Ивановна - почтовый адрес: 220141, Республика Беларусь, г. Минск, ул. академика Купревича, д. 1/3
- e-майл: tatjana@cgm.org.by

Государственное учреждение «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси»

Заведующий отделом Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси, кандидат геолого-минералогических наук.

- Я, Аронова Татьяна Ивановна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета Д. 002.001.01 при ИФЗ РАН, и их дальнейшую обработку.

02.03.2021 г.

 /Аронова Т.И./

Подпись Ароновой Татьяны Ивановны удостоверяю:

Должность зам. директора подпись  Ф.И.О. Трофимовичева Т.А.

