

Отзыв на диссертационную работу

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

Диссертация Ю. М. Вольфмана состоит из введения, шести глав и заключения. Общий объем работы составляет 371 страницу, включая 152 рисунка и 9 таблиц. Список литературы содержит 522 наименования.

Актуальность работы Ю. М. Вольфмана предопределена необходимостью детального анализа факторов, определяющих структурные особенности Крыма, строение и геодинамическое развитие которого в настоящее время трактуется с альтернативных тектонических и геодинамических позиций. При этом разные подходы исследователей, как справедливо отмечает автор, нередко находят отражение в различных прогностических моделях Крымского региона, что переводит теоретическую дискуссию в практическую плоскость, влияя как на выбор стратегии, так и на результаты прогнозирования.

Реализация целей и задач, поставленных Ю.М. Вольфманом, а также необходимость верификации полученных данных обусловили очень сложную, многоплановую структуру работы. В процессе ее выполнения исследовались фундаментальные аспекты тектонического и сейсмогенного разрывообразования и геодинамики тектонически активных регионов, а также рассматривались возможности практического применения полученных результатов при проведении работ по уточнению геолого-структурных условий и сейсмической опасности территорий размещения особо ответственных и потенциально опасных объектов, и при изучении причин локальных природных и техногенно-природных катастроф.

Цели, задачи и общий алгоритм исследований в полной мере иллюстрирует таблица на стр. 9, где отражена последовательность решения разноплановых задач и наличие причинно-следственных связей между теми или иными проявлениями тектосейсмогенеза, рассматриваемыми в диссертации.

Первая из заявленных целей, а именно: идентификация деформационных режимов и кинематических обстановок альпийского разрывообразования в пределах Горного Крыма с применением методов тектонофизического анализа данных о зеркалах скольжения на стенках тектонических разрывов, автором была реализована путем последовательного решения ряда задач:

- 1) выделение структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, удовлетворяющих одному полю напряжений;
- 2) построение стереографических моделей, аппроксимирующих идентичные проявления регионального разрывообразования;
- 3) анализ количественных соотношений тектонических разрывов разных структурно-кинематических типов и их парагенезисов;
- 4) определение роли тех или иных типов разрывов в структуре Горного Крыма.

Результаты этих этапов исследований позволили Ю. М. Вольфману реконструировать структурообразующие поля напряжений и выполнить анализ распределения ориентировок осей главных напряжений в моделях тектогенеза разных типов. В итоге автором обоснованы первые два из защищаемых положений. Первое из них касается общих особенностей проявления альпийского разрывообразования и соотношения разноранговых систем разрывов в пределах Горного Крыма. Второе отражает возможность идентификации элементов структурно-кинематических

парагенезисов трещинных структур при отсутствии зеркал скольжения, указывающих направление перемещения крыльев разрыва. В дальнейшем это положение проиллюстрировано на примерах изучения отдельных геологических объектов, приведенных в заключительной главе диссертации. Полученные выводы вполне обоснованы, поскольку обеспечены представительным фактическим материалом (более 250 пунктов наблюдений в пределах разновозрастных литолого-стратиграфических и вулcano-магматических комплексов на территории Горного Крыма, в которых замерено около 2600 зеркал скольжения и порядка 3700 трещинных структур без видимых следов перемещений вдоль них) и детальным анализом этих данных.

Вместе с тем, Ю. М. Вольфман допускает, что установленное многообразие деформационных режимов и кинематических обстановок альпийского тектогенеза в Горном Крыму могло оказаться следствием чрезмерных ограничений, накладываемых им на параметры совокупностей зеркал скольжения, объединяемых в один структурно-кинематический парагенезис. Это обусловило необходимость дополнительного обоснования корректности применяемых методических подходов и верификации полученных выводов путем анализа изменений условий разрывообразования, отслеживаемых в масштабе реального времени. Для этой цели привлечены сейсмологические данные – решения механизмов очагов землетрясений в пределах сейсмоактивных структурно компактных областей. Правомочность подобного подхода отражает основная идея, сформулированная автором на стр. 8: поскольку тектонофизические реконструкции условий тектонического разрывообразования в горном массиве и сейсмологическое решение механизма очага характеризуют (с использованием разных исходных данных) одно и то же явление – мгновенное хрупкое разрушение горного массива, представляется возможным применение единых принципов и методических подходов при исследовании деформационных режимов и кинематических обстановок процессов тектосейсмогенеза.

Соответственно, был расширен и круг задач, вследствие чего содержание работы вышло далеко за рамки ее названия. Эти задачи включали изучение проявлений сейсмогенеза и соответствующих полей напряжений в пределах сейсмически активных территорий, различающихся строением, геодинамической позицией и характеризующихся наличием представительных данных по фокальным механизмам очагов. Исследования включали: а) дифференциацию очагов по типам режимов и кинематических обстановок с построением стереографических моделей сейсмогенеза; б) структурно-кинематическую параметризацию сейсмогенных зон, аппроксимируемых этими моделями; в) анализ разноориентированных полей напряжений, обусловивших многообразие проявлений сейсмогенеза. Полученные при решении этих задач результаты, во-первых, послужили аргументом в пользу выводов, полученных автором на первых этапах работы, во-вторых, расширили спектр исследований. И главное – так как региональная выборка сейсмологических данных по Крымско-Черноморскому региону является статистически малопредставительной, эти результаты позволили исследовать поля напряжений в этом регионе на основе общих закономерностей процессов тектосейсмогенеза, установленных как в Горном Крыму, так и пределах сейсмоактивных сегментов Средиземноморского пояса. В итоге автором были обоснованы третьи и четвертые защищаемые положения, в которых, в числе прочего, постулируется гетерогенный характер Южно-Крымской сейсмогенной зоны, не позволяющий отнести ее к какому-либо одному типу сейсмогенеза. При этом, по утверждению автора, значимые признаки поддвига или субдукции Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров в очагах землетрясений этой зоны отсутствуют. Ю. М. Вольфманом также обоснован вывод о том, что сейсмогенные разрывы в очагах, образующиеся под воздействием разноориентированных полей

напряжений, как правило, отражают не суммированное влияние различных геодинамических факторов, а кратковременное преобладание воздействий какого-либо одного фактора над остальными.

Следует отметить, что в процессе работы Ю. М. Вольфманом применены авторские, во многом оригинальные методические разработки, позволившие расширить спектр решаемых задач. Это – способ построения стереографических моделей структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, способ построения стереографических моделей сейсмогенеза, метод выявления и параметризации разломных зон по стратоизогипсам куэстовых отложений, способ параметризации разломных зон в сложнодислоцированных слоистых отложениях и другие. Нередко осуществлялось комплексирование вышеперечисленных способов и методов, что повышает степень достоверности полученных результатов. При этом все основные результаты исследований, изложенные в диссертации, получены лично автором либо под его научным руководством и при его непосредственном участии.

В **первой главе** приведено подробное описание тектонофизических методов, направленных на изучение пространственно-генетической связи деформационных структур с полями напряжений. Показано, что применяемые автором способы реконструкции и анализа условий разрывообразования включают элементы разных методов, разработанных его предшественниками – кинематического, квазиглавных напряжений и других. На их основе Ю. М. Вольфманом был разработан и подробно описан способ построения стереографических моделей структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, который отнесен им к категории методов структурного анализа, так как задачей способа являлось графическое определение ориентации осей главных напряжений и идентификация деформационных режимов, обусловивших особенности разрывообразования. Корректность этого способа обоснована Ю. М. Вольфманом на примере одного из пунктов наблюдений (рис 1.4 на стр. 39).

При анализе современного (сейсмогенного) разрывообразования автором учитывалось, что существующая методика исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений не предполагает возможности идентификации разрывов, ориентированных под углом менее 45° по отношению к оси сжатия главных напряжений. Это обстоятельство учитывает предложенный Ю. М. Вольфманом способ построения стереографических моделей сейсмогенеза. Его применение позволяет выделять парагенезисы сейсмогенных разрывов, отражение которых на стереограмме рассматривается в качестве стереографической модели, а при закономерном или компактном расположении этих очагов в пространстве – в качестве стереографической модели сейсмогенной зоны. В последующем (в главе 3) это позволило автору осуществить параметризацию сейсмогенных зон в составе гетерогенных сейсмоактивных регионов. Тем самым был обоснован периодически проявляющийся правосдвиговый и поддвиговый характер активизации Загроса, а в пределах Вранча было выделено несколько зон с разными пространственно-кинематическими параметрами, вследствие чего ее предложено обозначать не как «сейсмическая зона», а как «сейсмическая область» Вранча.

Вторая глава содержит результаты изучения деформационных режимов и кинематических обстановок альпийского разрывообразования в Горном Крыму. Глава предваряется описанием современного состояния проблемы и анализом взглядов исследователей на роль разрывных нарушений разных структурно-кинематических типов в строении региона, получивших отражение в тектонических и геодинамических моделях. Отметим, что, не приняв на веру ни одну из ныне существующих концепций строения и развития региона, автор предложил оригинальный подход к решению этой

проблемы, основанный на использовании и анализе прямых признаков перемещений горных массивов – зеркал скольжения, замеренных в процессе полевых исследований. Подробное описание взаимоотношений различных структурно-литологических комплексов Горного Крыма и результаты прямого изучения автором их контактов показывают, что Ю. М. Вольфман в широком диапазоне использует геологические данные, аргументировано соотнося их с результатами тектонофизического изучения зеркал скольжения.

В результате анализа полученных стереографических моделей автором сделан вывод о том, что разноориентированные поля напряжений, обусловившие особенности альпийского тектонического разрывообразования в Горном Крыму, характеризуются избирательностью ориентировок осей главных напряжений по отношению к сторонам света. Показано, что изменения обстановок и режимов альпийского разрывообразования обусловили формирование нарушений разных структурно-кинематических типов, роль и место которых в строении региона обосновывается количественными соотношениями этих разрывов. Согласно этим соотношениям, в регионе доминируют сдвиговые и сбросовые системы нарушений (что отражено на приведенных в диссертации диаграммах и картах неотектоники и новейших движений), а структуры взбросового и надвигового типов занимают хоть и не столь существенное, как отмечается в некоторых работах, но вполне определенное место. Закономерности проявления структурообразующих полей напряжений также предопределили возможность идентификации парагенезисов трещинных структур, на стенках которых отсутствуют зеркала скольжения. Здесь же автором обоснованы определенные ограничения на методологию проведения региональных тектонофизических исследований.

В **третьей главе** по данным решений механизмов очагов землетрясений автором исследованы поля напряжений в сейсмоопасных регионах, различающихся строением и особенностями геодинамического развития. Основу анализа составили репрезентативные выборки данных по каждому из объектов. Поскольку методика тектонофизической интерпретации механизмов очагов с применением способа построения стереографических моделей сейсмогенеза впервые была апробирована на материалах системы Загрос, автор большое внимание уделил верификации полученных результатов. Это нашло отражение как в верификационных моделях (рис. 3.3, 3.5-3.7), так и в таблице 3.2 (на стр. 144), где приведены результаты сравнения параметров «основных» и «верификационных» моделей сейсмогенеза Загроса, показавшие высокую сходимость выполненных построений.

В результате анализа условий сейсмогенеза исследуемых геодинамических систем Ю. М. Вольфманом получены выводы о том, что они периодически подвергаются сжатию (реже – растяжению) в разных направлениях. При этом разрывные деформации в очагах землетрясений, как правило, отражают не суммированное влияние разных геодинамических факторов в виде результирующего поля напряжений, а кратковременное преобладание воздействий какого-либо одного фактора над остальными, что предложено автором, как одно из защищаемых положений. Несмотря на пространственную разобщенность и различное строение исследуемых сегментов тектоносферы, стереографические модели основных типов сейсмогенеза, оказались идентичными, указывая на принципиальную возможность типизации проявлений сейсмогенеза разных регионов. Причиной этого является секторальный (по отношению к сторонам света) характер ориентировок осей сжатия в моделях сейсмогенеза, что, в свою очередь, по мнению автора, обусловлено изменениями ротационного режима Земли и лунно-солнечными приливами. Картина дополняется влиянием региональных факторов – взаимодействием литосферных плит, неоднородностью и реологическими свойствами геологической среды, которые усложняют характер проявлений

сейсмогенеза, но не меняют закономерностей в целом. При этом автором обстоятельно проанализированы геодинамические факторы, предопределившие особенности сейсмогенеза, и геологические структуры, с которыми связаны очаги землетрясений. В методологическом отношении полученные результаты значимы как для сопоставления их с установленными закономерностями тектонического разрывообразования в Крыму, так и для исследования сейсмогенерирующих полей напряжений в пределах всего Крымско-Черноморского региона.

Четвертая глава содержит результаты анализа полей напряжений в очагах Крымско-Черноморского региона, который включает Крым, акватории Черного и Азовского морей и сопредельные районы Тамани. Учитывая малочисленность анализируемой выборки (всего 35 фокальных механизмов), построенные модели сейсмогенеза обозначены автором как «квазимодели». Тем не менее, в результате анализа особенностей регионального сейсмогенеза им были получены значимые результаты. Они также указывают на избирательный характер ориентировок полей напряжений, позволяют обосновать разделение сейсмогенерирующих систем на первичные и трансформированные, что подтверждает сопоставление предельных значений магнитуд землетрясений. Весьма интересен вывод о том, что в результате воздействия инверсионных полей напряжений наиболее предпочтительными для возникновения сейсмогенных разрывов являются одни и те же сегменты (секторы) разрезов, соответствующие плоскостям максимальных касательных напряжений. Это установлено по соотношению ориентировок осей сжатия-растяжения и по положению нодальных плоскостей в проявлениях сейсмогенеза, обусловленных влиянием сжимающих и растягивающих напряжений, периодически действующих в одном и том же направлении. В этих случаях образуются (активизируются) преимущественно плоскости одних и тех же систем разрывов, которые в обстановках сжатия проявляются в виде взбросов и надвигов, при наличии растяжения – как сбросовые нарушения.

Также показано, что многообразие обстановок и деформационных режимов, идентифицированных в очагах Южно-Крымской сейсмогенной зоны, указывает на ее гетерогенный характер и сложное внутреннее строение, не позволяя обосновать принадлежность этой зоны или отдельных ее фрагментов к какому-либо одному типу сейсмогенеза (третье защищаемое положение диссертации). В ее пределах проявлялись обстановки как разнонаправленного сжатия, так и ориентированного в разных направлениях растяжения. При этом, учитывая структурно-кинематические и пространственные параметры нодальных плоскостей, рассматриваемых в качестве возможных сейсмогенных разрывов, автор полагает маловероятным, чтобы доминирующим фактором, определяющим особенности строения Крыма и прилегающих территорий, являлись современные процессы поддвига, субдукции или квазисубдукции Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров.

В **пятой главе** проанализированы пространственно-временные особенности тектосейсмогенеза Крыма и его обрамления в системе альпийской геодинамики региона. Таким образом, Ю. М. Вольфманом были рассмотрены особенности процессов разрывообразования в историческом контексте геодинамики региона с учетом специфики строения земной коры. В дополнение к выводам предыдущих разделов автором учитывались результаты идентификации и параметризации (с использованием оригинальных приемов – на стереографической сетке) основных разрывных структур в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты на профиле ГСЗ DOBRE-5. Наличие различных кинематических обстановок и периоды, когда та или иная из них являлась доминирующей в регионе, обоснованы результатами проведенного автором историко-структурного анализа платформенных комплексов Скифской плиты и Северного Причерноморья. Полученные данные вполне согласуются с результатами

палеогеодинамических реконструкций других исследователей, в которых Черноморская впадина рассматривается как задуговый бассейн, образовавшийся вследствие деструкции континентальной коры кратона в тылу Понтийской островной дуги.

Показано, что особенности латерального распределения разрывов разных типов зависят от мощности и строения земной коры: в условиях сжатия в пределах континентальной коры большой мощности преобладали сдвиговый и взбросо-сдвиговый режимы, тогда как области глубоководных впадин с редуцированной субокеанической и океанической корой были благоприятны для проявления взбросового деформационного режима. Ю. М. Вольфман полагает, что изменение характера деформационных режимов отражает наличие зональности условий разрывообразования в направлении от склона древней платформы и Крымского полуострова к центру Черноморской впадины. Обратная тенденция наблюдается по направлению к основным сейсмогенным структурам континентальной коры турецкого побережья Черного моря, где сдвиговый характер деформаций в очагах землетрясений является весьма распространенным.

В **шестой главе** на примере разнообразных объектов автором очень детально рассмотрены результаты применения тектонофизических методов и возможности их комплексирования с другими видами исследований при изучении причин и прогнозе катастрофического развития природных и природно-техногенных геосистем. Также на результатах анализа структур, каждая из которых является важным элементом в моделях, трактующих строение Крыма с альтернативных позиций, показаны возможности использования тектонофизических методов при решении спорных вопросов геологического строения «ключевых» объектов в составе региональных тектонических построений.

Исследования показали, что природные и природно-техногенные катастрофы зачастую обусловлены современной активизацией разломно-трещинных структур, которые изначально являлись разновозрастными, сформировавшимися под влиянием разных полей напряжений. Но в результате изменения кинематических обстановок в регионе происходило объединение в единые зоны тех фрагментов разрывов, параметры которых удовлетворяли соответствующим этим обстановкам полям напряжений, обусловив проникновение разломно-трещинных структур в водоупорные горизонты с формированием фильтрационных окон в разрезе. В итоге это способствовало перераспределению подземного стока и концентрации грунтовых потоков, создавая предпосылки для избыточного обводнения, возникновения суффозионно-карстовых провалов, обвально-оползневых смещений и т.п., предопределив катастрофическое развитие локальных геосистем. Данный тезис составляет основу пятого защищаемого положения, которое подтверждено результатами исследований различных по геологическому строению объектов, расположенных как в пределах сейсмически активных регионов, так и в асейсмичных областях, прямым подтверждением чего являются фокальные механизмы очагов криворожских землетрясений (23.06.2013 г. и 25.12.2007 г.), произошедших в центре Украинского щита.

Некоторые замечания к диссертационной работе Ю. М. Вольфмана.

1. Автор указывает возможные причины планетарного и геодинамического характера, обусловившие доминирующее влияние ортогонально ориентированных полей напряжений и, соответственно, основную роль диагональных систем разрывов в строении исследуемых регионов. Однако не совсем понятно, чем обусловлены возникновение и активизация ортогональных систем разрывных нарушений, которые, по утверждению автора, также имеют широкое распространение и играют далеко не последнюю роль в структуре изученных объектов.

2. Вполне понятное желание автора подробно и аргументировано донести до

читателя ход всех его логических рассуждений иногда усложняет чтение работы (с множеством ссылок на рисунки), затрудняя, тем самым, возможность отделить главную мысль автора от второстепенных деталей.

Эти замечания не снижают достоинства диссертации Ю. М. Вольфмана в целом. Работа является весьма актуальной и оставляет впечатление фундаментального многопланового исследования, имеющего важное практическое значение. Выводы и защищаемые положения автором в достаточной степени аргументированы, подкреплены качественным иллюстративным материалом и опубликованы в научных изданиях. Содержание диссертации соответствует положениям паспорта специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика.

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, Вольфман Юрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика.

Шаров Николай Владимирович

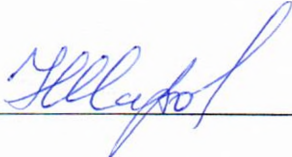
- почтовый адрес: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, ИГ КарНЦ РАН.

- e-майл: sharov@krc.karelia.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИГ КарНЦ РАН)
Главный научный сотрудник ИГ КарНЦ РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор ПетрГУ, заслуженный деятель науки РФ.

- Я, Шаров Николай Владимирович, 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.

18.02.2021 г.

 / Шаров Н. В. /

Подпись Шарова Николая Владимировича удостоверяю:

Должность н.п. специалист подпись Трокопкинс Ф.И.О. Э. Э. Трокопкин
Орг. отдела

