

---

УДК 551.243:553.98 (477)

© Б.А. Занкевич, Н.В. Шафранская, 2009

*Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАНУ, Киев*

## **ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ЗОНЫ ГАЗОВЫХ ФАКЕЛОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Рассмотрены тектонические, существенно сдвиговые механизмы вторичного структурообразования и активизации региональной разломной сети, на примерах СЗ шельфа и материкового склона Черного моря. Позиция крупнейшей сублинейной зоны газовых факелов обосновывается в структурном плане как зона растяжения (эмбриональная область пулл-апарт), производная долгоживущих дислокаций крупнейших разломно-сдвиговых зон района.*

**Введение.** Прошло два десятилетия с начала целенаправленного изучения подводных газовых факелов Черного моря, обнаруженных на одесском шельфе и материковом склоне Западночерноморской впадины (ЗЧВ). Наиболее значимые группы газовых факелов и их поля, «пятна» массового развития, в целом имеют вполне определенное положение в региональном плане. Они образуют в совокупности сублинейную зону протяженностью до 100 км, трассирующую здесь перегиб шельфа к материковому склону. Другие, менее изученные районы газовыделений Черного моря и участки развития подводных газовых факелов, сипов и грязевых вулканов в статье не обсуждаются.

Результатам многолетних исследований и описанию этого регионального по масштабу феномена газовыделения, известного также и в других районах Мирового океана, посвящена коллективная монография [14]. В ней характеризуются многочисленные (более тысячи) донные газовые факелы и геологические условия их формирования, приводится каталог с координатами наиболее известных газовых факелов Черного моря.

Детальными сейсмоакустическими, гидроакустическими исследованиями и прямыми наблюдениями с подводного аппарата было установлено, что многочисленные выходы отдельных газовых сипов, факелов и их групп тяготеют к разломным зонам – тектонически обусловленным участкам разрывообразования, дробления и смятия пород. В ряде участков дна образуются так называемые газовые «болота» различного размера и формы. В юго-западной части исследуемой территории, наряду с газовыми факелами, выявлены также несколько грязевых вулканов. Геоморфология материкового склона в районе исследования осложняется террасами (уступами) склона, а также секущими каньонами, хребтами, долинами и террасами долин. Избирательности положения газовых сипов и их групп относительно локальных форм рельефа морского дна не установлено. Однако газовые сипы и факелы приурочены преимущественно к перегибам поверхности дна, но свя-

заны как с положительными формами – подводные сопки, хребты, уступы, так и отрицательными – каньоны, палеодолины, лощины, воронки [14–16].

Проблема газовых факелов Черного моря остается одной из приоритетных в научных исследованиях Отделения морской геологии и осадочно-рудобразования НАН Украины. В этой связи академиком Е.Ф. Шнюковым, координатором исследований по проблеме, была поставлена задача системного обоснования представлений о тектоническом контроле крупнейшей на СЗ шельфе зоны газовых факелов.

В статье основное внимание уделено тектонической позиции этой зоны активного газовыделения в структурном плане района; рассматривается её позиция относительно «соседних», смежных структур соизмеримого масштаба, зон глубинных разломов. Методический подход к региональным совокупностям разломных структур может быть назван структурно-парагенетическим; он является комплексированием структурно-геологических методов с элементами тектонофизики. Основным объектом в исследовании структур газопроявлений являлись не отдельные разломы и разломные зоны с газовыделениями, а – латеральные сочетания разломов и зон, образующие разломную сеть района, и региональная позиция в ней зоны газовых факелов.

Цель исследования – разработать модельные причинно-следственные представления о тектонических условиях формирования зоны газовых факелов и, тем самым, ответить на вопрос: почему в этом районе концентрируются наиболее масштабные газовыделения. Задачами являлись:

- определение возможных тектонических, геодинамических условий и механизмов структурообразования и активизаций разломов зоны газовых факелов;

- выявление геодинамических механизмов соподчинения разномасштабных тектонических факторов контроля газовыделений района.

Представления о механизмах структурообразования и активизации структур с необходимостью должны учитывать эмпирические геолого-геофизические данные региональной тектоники, и, кроме того – аналогии с тектонофизическими моделями разломных зон. Тектонические условия современного газовыделения определяются механизмами активизации разломно-блоковой структуры района – исторически сложившейся разломной сети. Однако, механизмы активизации разломных сетей СЗ шельфа Черного моря пространственно-унаследованно обусловлены механизмами вторичного структурообразования разломных зон [2]. В структурно-парагенетических исследованиях они методологически и терминологически также неразрывно связаны.

Предпринятое рассмотрение механизмов разломообразования и активизации актуально для более углубленного понимания роли эндогенного тектонического фактора в генезисе и локализации газовыделений в северо-западной части Черного моря, их огромных масштабов и стратегических перспектив, учитывая преобладающую углеводородную (УВ) составляющую таких газов.

**Тектонические факторы локализации зоны газовых факелов.** Геотектоническое положение района наиболее активных и масштабных газовыделений, факелов Черного моря приурочено к региональному сочленению гло-

бальных структур – юго-западного угла ВЕП и субширотных структур Средиземноморского пояса. Определяющее значение в строении региона и локализации зоны газовых факелов имеют разломные зоны разного масштабного уровня и простираения. Однако геодинамические механизмы структуро-разломообразования в тектонической истории региона до последнего времени представлялись недостаточно аргументированными тектонофизически. Поэтому также непонятыми оставались и причины регионального сосредоточения значимых газовыделений преимущественно в одной зоне; при этом, что во многих разломных участках шельфа обнаружены газовые сипы и отдельные факелы. Представления о структурно-тектоническом контроле газовыделений еще не разработаны в качестве моделей, производных той или иной тектонической концепции.

Вне зависимости от идейно-тектонической ориентации авторов статьи и читателей, безусловно, общим является понимание приоритета в строении фундамента и чехла региона разломной (точнее, разломно-блоковой) тектоники; особенно – на среднемасштабном уровне. Следует отметить, что большинство геологов-предшественников, изучавших тектоническое строение района, отмечали присутствие в кинематике разломных зон и отдельных разломов сдвига-надвига-сбросовых дислокаций [8, 9, 12]. (Это существенно с точки зрения обсуждаемых в статье механизмов вторичного структурообразования и активизации структур разломных зон.)

В региональном структурном плане СЗ шельфа Черного моря, рассматриваемая зона газовыделений в целом имеет сублинейный характер, её «осевая» линия ориентирована по азимуту ~60°СВ (рис. 1, 2). Выходы газовых сипов на поверхности дна в зонах и участках разломов достаточно детально описаны ранее в работах [1, 14–16]. При этом понятно, что газовыделения в значимом виде – факелов присутствуют лишь в отдельных участках разломов и разломных зон. В избирательной связи газовыделений и разломов и проявляется локальный структурно-тектонический фактор их пространственного контроля и, вместе с тем – прогностическая неоднозначность критериев, связанных с этим фактором.

Следует заметить, что в качестве признака зоны крупного разлома в породах чехла зона газовых факелов в целом ранее не предлагалась. С этой долгоживущей разломной зоной сложного строения и связана преимущественная локализация зоны газовыделений в целом, а также – отдельных факелов и их групп. Газовыделения приурочены здесь к участкам крутопадающих разломов различного масштаба, которые и определяют внутреннее строение зоны. В плане она представлена сочетанием гетерогенных фрагментов разломов (преимущественно субширотных, но также и иных направлений), перекрытых современными осадками. Южная часть зоны трассируется бровкой шельфа, переходящего в материковый склон. Бровка шельфа выдержанного простираения может быть геоморфологическим критерием выделения разломной зоны газовых факелов.

Присутствие в районе исследования совокупности разномасштабных геолого-тектонических факторов (скрытой в осадочном чехле разломной зоны сложного внутреннего строения, образованной сочетанием и пересечением разломов разных размеров) требует их систематизации. Многопла-

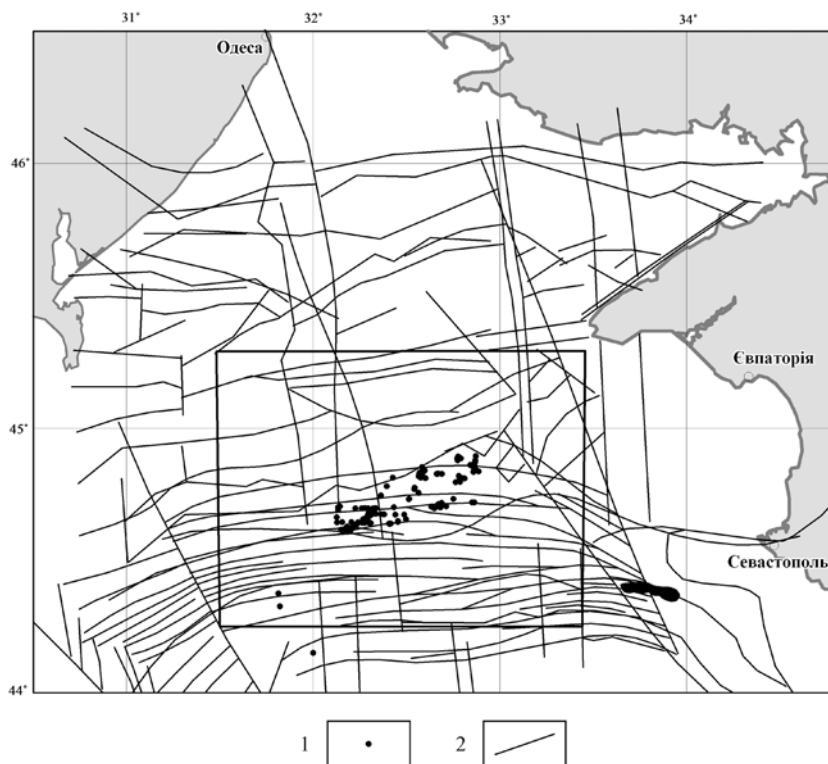


Рис. 1. Сводная карта разломов северо-западной части Черного моря (по картам: «Структурно-временная карта Черного моря (уровень эоцена-палеоцена)», м-б 1:2 000 000, Finetti и др., 1988 г.; «Карта перспективных нефтегазоносных структур северо-западной части Черного моря», Б.М. Полухтович, В.В. Огарь, 1995 г.; «Структурна карта поверхні архей-протерозойського фундаменту», м-б 1: 200 000, А.Ф. Коморний, 2004 г.; «Схема глибинної геологічної будови Чорноморської економічної зони України та прилягаючих площ», м-б 1:500 000, В.Й. Самсонов, О.М. Чумак, 2004 г.). 1 – газовые факелы, 2 – разломы

новое значение (суб)региональных и локальных тектонических факторов контроля газовыделения отдельных факелов и зоны газовых факелов в целом, с учетом их соподчинения, позволяет различать здесь следующие группы факторов:

1) Тектонические (первично тектонические): разделяются на «статические» структурно-тектонические или собственно структурные и «динамические» (динамо-тектонические), или сейсмические (во время крупных землетрясений происходит активизация газовыделений, вплоть до катастрофических); по масштабу те и другие факторы могут быть (суб)региональными и локальными; выявляются они комплексами геолого-геофизических данных и фиксируются картографическими и геофизическими методами; в структурном анализе эти факторы рассматриваются в виде картографических изображений разломных зон, отдельных разломов и их сейсмичности (зон эпицентров землетрясений).

2) Геоморфолого-тектонические (структурно-геоморфологические) – бровка СЗ шельфа является эпигенетической, наложенной на совокупность разломов и фрагментарно унаследует её простираение; ширина наиболее кру-

той террасированной части склона соизмерима с шириной «материнской» разломной зоны; по масштабу этот фактор проявляется как субрегиональный, на локальном уровне он не однозначен (представлен градиентом неоднородности рельефа); связи тектонических и вторичных, унаследованных структурно-геоморфологических факторов выявляются на картах сопоставлением геолого-геофизических и геоморфологических данных с положением газовых факелов.

3) Литолого-тектонические – геологическое строение участков непосредственного выхода газовых факелов определяется свойствами пород, масштабом проявлений дизъюнктивных и пликативных дислокаций (перемятость, разрывы сплошности, включая трещиноватость и брекчирование, образование вторичной пористости), приводящих к повышению проницаемости для диффузно-фильтрационных глубинных подтоков водно-газовых флюидов и газовых струй. Они разгружаются в разуплотненных породах разломных швов, а также в нелитифицированной осадке и на контакте с водой. По масштабу этот фактор локальный; выявляется он по геологическим данным и косвенным данным дистанционных геофизических методов.

Даже предварительное системное рассмотрение всей группы факторов показывает характерное для них комплексное/комбинированное геолого-тектоническое содержание и их недостаточную изученность.

Локальные тектонические факторы (1-й, 2-й групп), приуроченность газовых факелов Черного моря к разломам описаны ранее с возможной детальностью [1, 14-16]. По локальным факторам 3-й группы дополнительные геологические данные отсутствуют, и в настоящее время также не представляется возможным их конкретизировать.

Косвенным локальным литолого-тектоническим фактором для отдельных участков газовыделений следует считать и отсутствие (или присутствие) в их геологических разрезах «покрышек», пластов плотных малопроницаемых, условно «непористых» пород-флюидоупоров. В региональном структурном плане для зоны газовых факелов наблюдается лишь частичное площадное перекрытие ряда локальных брахиантиклинальных структур и некоторых газовых факелов (рис. 2).

Литология пород в брахиструктурах, перспективных для опосредованного на газ, предполагает наличие в их разрезах покрышек. Однако, имеющихся данных бурения совершенно недостаточно для территориальной оценки литологии пород всей зоны газовых факелов, особенно – для тех многочисленных участков «самостоятельных» газовых факелов, где они не связаны с известными куполовидными структурами. На больших глубинах, в соответствующих РТ условиях, возможно формирование «in situ» «залеживающих» пористость пород газогидратных, автохтонных покрышек, которые перекрывают существенные долгоживущие газовыделения. Подобного типа пластовые залежи гидратов обнаружены южнее зоны газовых факелов, т.е. – ниже по материковому склону ЗЧВ. (Рассмотрение их уже выходило бы за тематические рамки статьи.)

Обсуждение проблемы газовых факелов Черного моря подводит к пониманию злободневности изучения парагенетических аспектов «статических» региональных и субрегиональных тектонических, собственно струк-

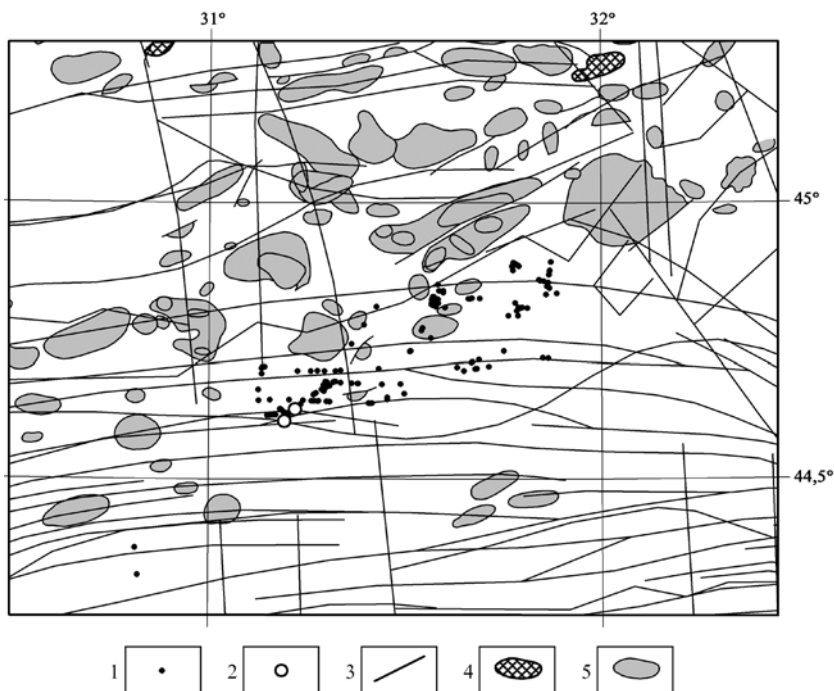


Рис. 2. Фрагмент территории газовых факелов (см. рис. 1) северо-западной части Черного моря (по карте: «Карта перспективных нефтегазоносных структур С-З части Черного моря», Б.М. Полухтович, В.В. Огарь, 1995 г., с дополнениями). 1 – газовые факелы, 2 – грязевые вулканы, 3 – разломы, 4 – газоконденсатные месторождения, 5 – перспективные на УВ структуры

турных факторов. Рассматриваются они на примерах региональной зоны газовыделений, крупнейшей в районе СЗ шельфа. Результаты структурно-парагенетического подхода уточняют представления о тектонической позиции этой зоны газовых факелов в разломной сети региона. Таким путём выявляются геодинамические механизмы тектонофизических, иерархических и унаследованных связей региональных и локальных тектонических факторов контроля упомянутой зоны, а в перспективе – и других полей и зон газовыделений Черного моря.

#### Структурно-парагенетический анализ и разломные сети района.

Структурный план территории, по материалам разных авторов, рассматривался нами с позиций разломно-блоковой тектоники методом структурно-парагенетического анализа данных современных геолого-геофизических карт [2]. Статистически обобщенное представление о разломной тектонике СЗ шельфа Черного моря дают круговые диаграммы простираний разломов, использованные нами в рамках принятых методов структурного анализа [7, 10, 13 и др.]. Распространенность сдвиговых дислокаций по разломам в регионе определяла методологический приоритет сдвиговой (малоамплитудной) тектоники. Использованный подход позволяет выявлять региональные геодинамические механизмы сдвигово-блоковых инденторов активизации разломных сетей района и связанные с ними механизмы структурно-тектонического контроля зоны газовыделения в целом, а также – локальные механизмы активизаций внутренней структуры.

В районе исследования, с двумя структурными этажами, сдвиги в породах чехла наследуют более древние разломы – ослабленные зоны фундамента. Морфологически разломы-сдвиги обычно представляются границами блоков, но в эволюционном аспекте их принято рассматривать как долгоживущие, самостоятельные структуры (разломные зоны, сложные геологические тела). Разломно-сдвиговые зоны, исторически приспособившаяся к динамическим условиям, могут менять (усложнять) структурно-вещественный облик; морфологические и кинематические параметры – мощность и длину, направление/знак движения, положение/позицию отдельных её структур относительно простирания линии разломной зоны. Пространственные изменения в позиции и внутреннем строении зоны сдвига представляются следствием её деформирования за счет внешних нагрузений/стрессов, приложенных к зоне сдвига как к геологическому телу. Образование вторичных структур в сдвиговых зонах и изменения их тектонофизического режима при активизациях определяются геодинамическими, тектоническими условиями непосредственного окружения.

Такое общее представление о структурной эволюции сдвигов не противоречит наблюдаемому в природе разнообразию структурных рисунков разломных зон, представляющих эволюционные этапы этих зон. Общеизвестно, что особенностью сдвиговой деформации является её иерархичность [22 и др.]. Блоковая дилатация сдвиговых зон приводит к повторению региональных структурно-геометрических особенностей зон в строении их отдельных фрагментов и локальных блоков на разных структурных этажах. Поэтому представления об эволюции структур отдельных зон применимы, в нашем случае, и к их (суб)региональным и локальным совокупностям – разломным сетям, исторически созданным в породах чехла существенно сдвиговой деформацией главных разломных зон фундамента района исследования.

**1. Методика.** К настоящему времени нами проведено обобщение [2] современных картографических геолого-геофизических материалов м-ба 1:200000 по СЗ шельфу и известных материалов по континентальному склону ЗЧВ [18]. Разломные сети как суммы структурных парагенезисов разломных зон анализировались на картах, круговых диаграммах и гистограммах. Последние были построены для докембрийского структурного этажа (AR-PR фундамент) и других, геологически обусловленных для района, глубинных уровней фанерозойского чехла.

Обобщение и интерпретация картографических материалов выполнялись методом структурно-парагентического анализа [7], который в адаптированном варианте заключается в последовательном выполнении следующих этапов:

1. Изучение структурно-геологических, в том числе картографических, материалов и предварительное выделение пространственных групп, рангов и типов разломов.

2. Построение круговых диаграмм простирания разломов территории исследований. Для выявления характерных особенностей диаграммы подбирались оптимальные параметры: интервал объединения данных, шкала отображения и т.д. [13].

3. Интерпретация диаграмм простираения разломов связана с аналогиями их с эталонной диаграммой вторичных структур в тектонофизических моделях сдвиговых зон (рис. 3) [10]. В результате определяются структурообразующие направления данной территории, а максимумы диаграмм, соответствующие пространственным группам разломов, получают условную тектонофизическую индексацию. (Примеры такой интерпретации находятся в описаниях соответствующих диаграмм.)

Статистический вариант структурно-парагенетического анализа разломов, в виде структурных круговых диаграмм [10], был использован для диагностики пространственных взаимосвязей разломов региона на уровне закономерностей. Разломно-блоковый структурный план СЗ шельфа статистически сохраняется на всех глубинных уровнях геологического разреза; точнее, он унаследован по главным разломным зонам и фрагментарно – для отдельных периферических разломов сети [2]. Поэтому, структурный план территории может быть представлен в качестве интегральной разломной сети, образованной двумя главными для региона направлениями зон разломов – субширотным и ССЗ. Вместе с тем, для каждого из глубинных уровней («структурных ярусов») фанерозойского чехла разломные сети несколько различаются по интенсивности разломов отдельных направлений.

Аналогия с тектонофизической моделью выявляет «одномоментные» тектонофизические позиции разломов (место их в структурном парагенезисе, индексы); но исторически они могли меняться с инверсией кинематики главных разломных зон. Полученная диагностика современной тектонофизической позиции разломов в сети и их пространственных групп является не только (и не столько) генетической, сколько суммарной, итоговой, либо долгоживущей (что важно в минерагенетических исследованиях). Сдвиговые механизмы активизации отдельных разломов сети соотносятся с механизмами вторичного структурообразования сдвиговых зон как примеры адаптивной деформации неоднородной среды к региональной директивной деформации квазиоднородной «первичной» среды (в свое время – для фундамента, а затем и – чехла) [7].

Адаптивная (и селективная) деформация сдвигов в разломных зонах реализуется с минимизацией энергии вторичного разломо-

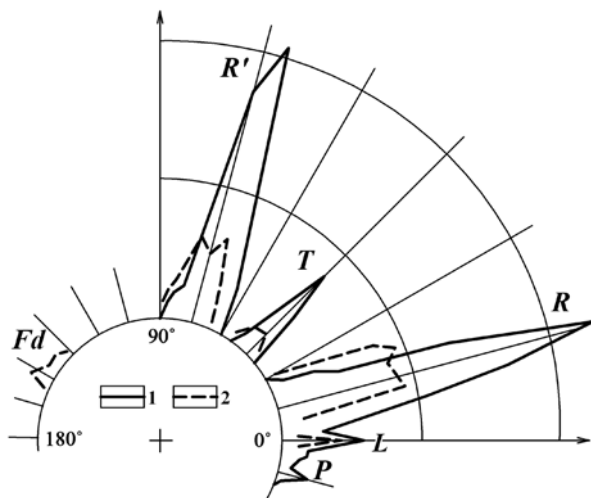


Рис. 3. Диаграмма вторичных структур в тектонофизических моделях сдвиговых зон, по [10]: 1 – в случае простого сдвига; 2 – в случае сложного сдвига с наложенным поперечным сжатием; R', T, R, L, P – парагенетические группы вторичных разрывов; Fd – оси эшелонированных складок; R' и R – сопряженные трещины скола („сколы Риделя”), T – эшелонированные трещины растяжения, L – продольные сколы, P – обратные косые сколы



образования не по линиям тах касательных напряжений, а путем активизации (унаследования) существовавших разрывов. На всех глубинных уровнях разреза, для всех главных разломных зон района вторичное структурообразование реализуется в парагенезисах сдвиговой деформации, поэтому суммарная разломная сеть приспособлена к разным региональным стрессам (направлениям региональных сдвигов). Такое свойство сети – наследование простираний разломов, но далеко не всегда – их кинематики, и является комплементарностью (согласованностью, дополнительностью).

Трактовка образования разломов фундамента с участием сдвиговой компоненты, а затем и фрагментарного унаследования их в чехле при фанерозойских активизациях глубинных разломов не противоречит всем структурно-тектоническим данным района исследования [2].

**2. Результаты.** Наряду с новыми, использована диаграмма, построенная ранее по данным карты разломной тектоники AR-PR структурного этажа – поверхности фундамента СЗ шельфа Черного моря (рис. 4). В районе преваляют две системы субпараллельных разломов фундамента (СЗ и субширотная), определяющие неравномерно-ступенчатое погружение окраин ВЕП [2]. Два обобщенных максимума (ССЗ и субширотный) нашей диаграммы диагностируются в качестве «структурообразующих» направлений района, благодаря совмещению мелких, сателлитных пиков с пространственно-генетическими группами вторичных разломов эталонной диаграммы (см. рис. 3). Генезис сети разломов района поясняется суммой парагенезисов вторичных разломов фундамента. Исторически, с инверсиями сдвиговых дислокаций главных разломных зон – ССЗ и субширотного направлений, эта сеть фрагментарно наследуется и в чехле.

Границы ВЕП в пределах черноморского (одесского) СЗ шельфа представлена не узкими разломными, а, напротив – очень широкими переходными

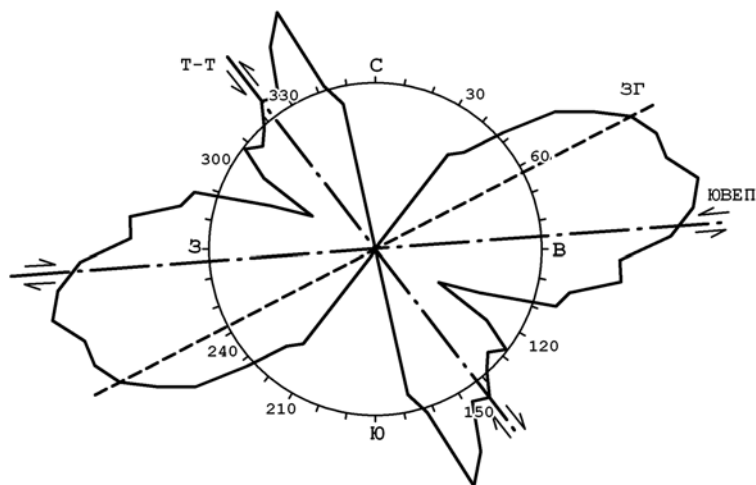


Рис. 4. Диаграмма простирания разломов AR-PR структурного этажа района (по карте: «Структурна карта поверхні архей-протерозойського фундаменту». М-б 1:200 000, А.Ф. Корморный, 2004 г.). Шкала – логарифм десятичн., интервал – 5°. Т-Т – направление линии Тейсейра-Торнквиста, ЗГ – зона газовыделений, ЮВЕП – простирание южного края Восточно-Европейской платформы

ми зонами [11]. Диагностика главных направлений разломов как сдвигов, применима и к зоне Одесского глубинного разлома, и к другим разломам ССЗ направления. Геодинамически они соответствуют не только линии Т–Т, но и всей переходной зоне – ЮЗ границе ВЕП. То же относится и к оценкам латеральной кинематики субширотных зон разломов: они имеют сдвиговую компоненту, отражающую преимущественно левосдвиговое, долгоживущее смещение блоков в зонах разломов южного края ВЕП в неогее [2].

Блоковая структура AR-PR фундамента является общим, региональным тектоническим фактором, влияющим на формирования разломных сетей всех глубинных уровней разреза. (Здесь и далее на диаграммах доминируют два направления разломных зон, конформных границам ВЕП.)

Диаграмма (рис. 5) построена по данным карты перспективных нефтегазоносных структур СЗ части Черного моря. Интерпретация её также обусловлена аналогией с диаграммой С.Стоянова (см. рис. 3). Положение зоны газовых факелов – это тектонофизическое R-направление относительно зоны левого сдвига южного края ВЕП. Угловое различие простираения зоны газовых факелов, в сравнении с предыдущей диаграммой (см. рис. 4) – не принципиально, так как это различие находится в пределах R-направления эталонной диаграммы (см. рис. 3).

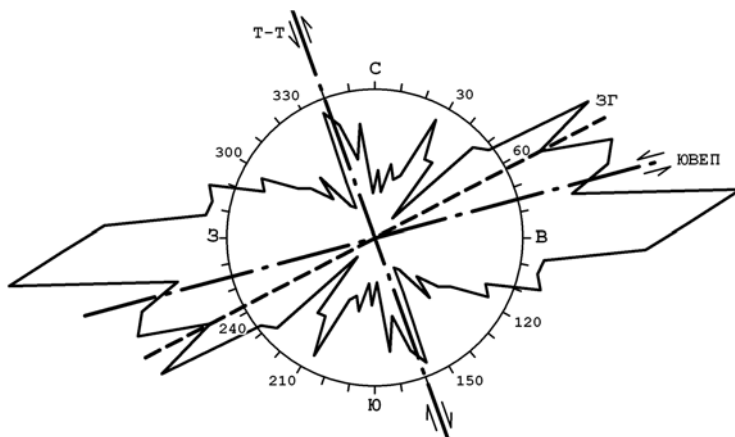


Рис. 5. Диаграмма простираения разломов района (по карте: «Карта перспективных нефтегазоносных структур СЗ части Черного моря». Полухтович Б.М., Огарь В.В. и др., 1997 г.). Шкала – корень квадратн., интервал – 5°. Условные обозначения – см. рис. 4

Диаграмма (рис. 6) построена по данным «Временно-мощностной карты горизонта “К” Черного моря» [18]. Её интерпретация не отличается от рассмотренных диаграмм. (см. рис. 4, 5). Подтверждается положение разломной зоны газовых факелов в качестве R-направления относительно региональной зоны левого сдвига – южного края ВЕП.

Представленные диаграммы разломов фундамента и чехла обнаруживают сходство главных структурообразующих направлений сдвиговых дислокаций разломных зон. На всех диаграммах (рис. 4–7) разломы группируются в два главных направления – субширотное и ССЗ. Остальные направления разломов на диаграммах представляются в качестве вторичных, про-

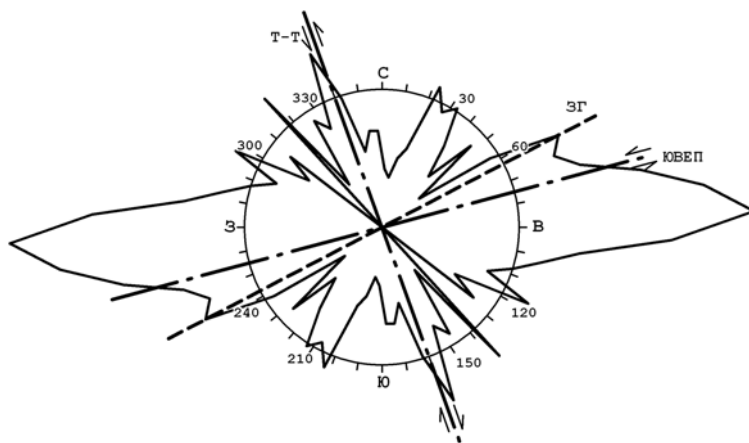


Рис. 6. Диаграмма простирания разломов района (по карте: «Временно-мощностная карта горизонта 'К' Черного моря» [18]). Шкала – корень квадратн., интервал – 5°. Условные обозначения – см. рис. 5

изводных от региональных сдвиговых смещений (деформаций, малоамплитудных дислокаций) по разломным зонам главных направлений. Заметно не только сходство главных направлений разломов чехла и их унаследованность от разломов докембрийского фундамента, но и структурообразующая роль их для второстепенных разломов чехла [2]. Последние, наследуя направления докембрийской разломной сети, вместе с тем, отвечают и сдвиговой компоненте фанерозойских активизаций. Статистически представительные массивы данных отдельных карт, лежащие в основе сходных результатов интерпретаций, обосновывают их в качестве закономерности вторичного структурообразования. Понимание этого было достаточным для объединения данных по разломам всех использованных карт и построения общей диаграммы.

Диаграмма (рис. 7) построена по данным сводной карты разломов СЗ части Черного моря; её интерпретация, разумеется, аналогична предыдущим диаграммам. Северо-северо-западное «структурообразующее» направление (аз. пр. разломов ССЗ ~ 330°–340°) представлено в районе преимущественно зоной Одесского глубинного разлома. Его зона трассирует здесь одну из крупных ступеней ЮЗ края/угла ВЕП, продолжая в целом юго-восточное направление трансрегиональной зоны (а не только одной «линии») Тейсейра-Торнквиста кулисообразно смещенными фрагментами разломов того же, ССЗ простирания. Такие же, ССЗ и субмеридиональные максимумы эмпирических диаграмм представлены и разломами чехла, вероятно, унаследующими элементы зон докембрийского фундамента. На стадиях активизации разломно-блоковой тектоники фундамента субмеридиональные разломы в качестве поперечных усложняют и ограничивают по простиранию отдельные горсты и грабен-синклинали в породах чехла СЗ шельфа. Субширотное направление разломов доминирует в фундаменте и, особенно, в чехле, оно трассирует ступенчатое погружение южного края ВЕП; вертикальные амплитуды этих разломов достигают первых километров.

В итоге структурно-парагенетического анализа выявляется, что наследование разломными сетями на разных глубинных уровнях чехла направ-

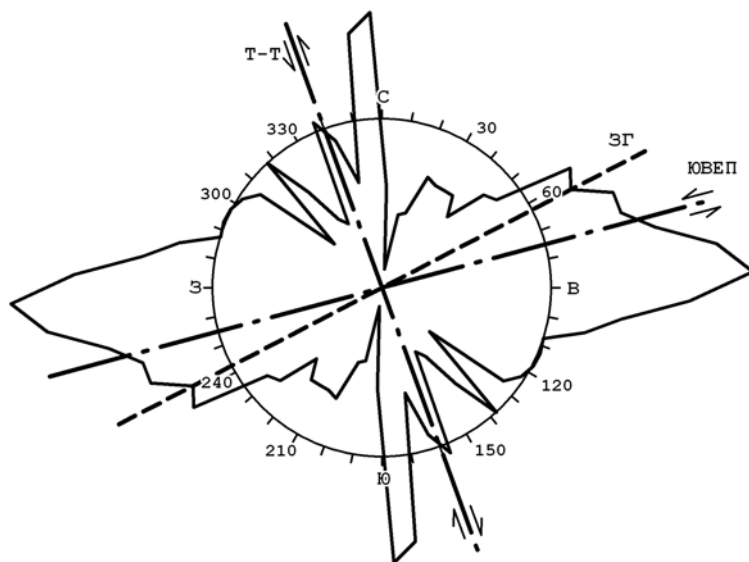


Рис. 7. Диаграмма простирания разломов района по сводной карте (см. рис. 1). Шкала – корень куб., интервал – 5°, начало отсчета – 0,5%. Условные обозначения – см. рис. 4

лений главных разломных зон AR-PR фундамента СЗ шельфа обусловлено существенно сдвиговыми механизмами. Тектонические активизации в неогее выявлены как для ССЗ направления – зоны Одесского разлома (как фрагмента линии Т-Т), так и для субширотных зон разломов южного края ВЕП, переходных к герцинидам – мезоидам – альпидам Черного моря.

Выявляется относительное положение разломной зоны газовых факелов в качестве тектонофизического «синтетического» R-направления к региональной зоне левого сдвига – южного края ВЕП. Относительно правого сдвига Одесского глубинного разлома, представляющего в районе шельфа «линию» Тейсейра-Торнквиста (точнее – юго-западную границу ВЕП), зона газовыделений является антитетическим R'-направлением. При инверсии сдвига Одесского разлома, в такой позиции зоны, её кинематика определяется уже сочетанием компонент растяжения и левого сдвига. Отмеченные варианты кинематики зоны газовыделений относительно главных региональных зон разломов-сдвигов соответствуют модели «вторичных разломов», описанной далее, в следующем разделе.

Сдвиговые малоамплитудные дислокации глубинных разломов фундамента вызывали сдвиговые деформации в более широких зонах их динамического влияния в породах чехла. Второстепенные разломы чехла также кинематически комплементарны сдвиговой компоненте деформаций в зонах влияния названных глубинных разломов региона. В таких геодинамических и иерархических соотношениях разломно-блоковых структур района тектоническая позиция зоны газовых факелов перманентно отвечала тектонофизическим обстановкам, имеющим компоненту сдвига и латерального растяжения (обстановкам региональной и латеральной трансенсии).

**Тектоническая позиция и механизмы образования зоны газовыделений.** Механизмы разломно-блоковой активизации фундамента (и пространственно-унаследованного новообразования разломов сети верхних структур-

ных ярусов) определяются сдвиговой компонентой и отражаются в комплементарности разломной сети. Выявленные латеральные закономерности разломной сети СЗ шельфа и материкового склона, обусловленные вторичным структурообразованием сдвиговых зон, дают основание для привлечения ряда немасштабных, двумерных тектонофизических сдвиговых моделей. Аналогии с ними способствуют углубленному пониманию тектонической позиции зоны газовых факелов, комплементарного сочетания иерархических механизмов образования и активизации структур, а также – подобных сочетаний региональных и локальных тектонических факторов.

Далее обсуждаются три различных модели, морфологически подобные нашей ситуации: 1) «вторичных разломов», 2) «пулл-апартовая», 3) «эшелонированных, кулисных разломов»; все они иерархически и кинематически согласованы. На разных масштабных уровнях и этапах тектонической активизации эти модели имеют то или иное отношение к формированию структурной позиции и внутреннего строения рассматриваемой зоны газовой выделения.

Первые две модели дееспособны на региональном масштабном уровне. Они тектонофизически объясняют в плане кинематическую согласованность тектонической позиции зоны газовых факелов в целом относительно крупнейших разломно-сдвиговых зон района. Третья модель связывает позицию этой зоны, в качестве целостного элемента разломно-блоковой тектоники района, с иерархически подобными механизмами активизации локальных структур внутри зоны. Такие связи, подобные по существу деформаций и пространственно-морфологически, обусловлены сдвиговой компонентой дислокаций, установленных нами вдоль зоны. То-есть, модель «эшелонированных, кулисных разломов» тектонофизически аргументирует в качестве закономерных локальные структурно-тектонические факторы контроля газовых факелов в пределах зоны газовой выделения.

Ранее А.Я. Краснощеком [5] с иных концептуальных позиций рассматривалась схема активизации в палеозое – мезозое разломной сети фундамента и крупных разломных зон СЗ шельфа и материкового склона, по структурному рисунку подобная моделям «вторичных разломов» и «эшелонированных разломов». Это тематически сходное парагенетическое исследование разломной тектоники района, однако, не касалось проблемы газовых факелов и не учитывало методик структурно-парагенетического анализа [7, и др.], известных к тому времени. Вместе с тем, и в его схеме разломов материкового склона был также показан активированный фрагмент разлома, весьма близкий к обсуждаемой зоне газовой выделения.

**Модель «вторичных разломов»** – как отмечалось, структуры сдвиговых зон района отвечают структурным парагенезисам простого сдвига. Вторичные структуры второго структурного яруса (локальные разломы чехла в нашем районе) зоны простого сдвига формируются чаще в следующих тектонофизических позициях (рис. 8): синтетические R-сдвиги с компонентой латерального растяжения; антитетические сдвиги R' («риделевские», сопряженные с R), закрытые – с компонентой сжатия; разломы (третины) растяжения T, с углом ~ 45° к простиранию сдвиговой зоны и иногда образующие сбросы; разломы-сколы L, параллельные основной зоне смещения.

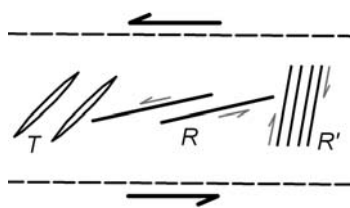


Рис. 8. Схема вторичных структур в зонах скалывания, по [10]. R и R' – сопряженные трещины скола; Т – эшелонированные трещины растяжения

В структурном плане СЗ шельфа зона газовых факелов в целом сублинейна, и её «осевая» линия имеет простирание с азимутом ~60°СВ (см. рис. 1, 2, 4–7). Относительно главных здесь субширотных разломных зон это направление является вторичным, тектонофизически – R-направлением, производным левосдвиговых деформаций (и, при инверсиях, R-направлением, производным от правого сдвига). Относительно же ССЗ зоны Одесского глубинного разлома, рассматриваемая зона газовыделений тектонофизически является R'-направлением правого сдвига.

Поэтому на разных этапах тектонической активности главных разломных зон, различных по направлению сдвиговой компоненты, зона газовых факелов будет находиться в тектонофизически разных позициях. Для активизации газовыделений благоприятна обстановка латерального растяжения зоны в целом, либо – латеральная компонента растяжения в отдельных разломах (фрагментах разломов), составляющих внутреннее строение зоны.

При любых направлениях сдвиговых дислокаций субширотных глубинных разломов зона газовых факелов имеет регионально выраженную латеральную компоненту растяжения, тектонофизически характерную для R- и R-позиций вторичных разломов. В этой связи локальные условия трансенсии остаются перманентными для этой зоны и сочетаются с региональными условиями трансенсии.

Относительно правого сдвига Одесского глубинного разлома зона газовых факелов в целом занимает R'-позицию вторичных закрытых разломов. Антитетичность дислокаций зоны газовыделения определяет и кинематику её левого сдвига. Среди совокупности разломов, слагающих зону, меридиональные фрагменты имели латеральную компоненту растяжения, как Т-структуры высокого порядка. То есть, локальный структурный фактор был избирательно благоприятен.

С инверсией дислокаций Одесского глубинного разлома на левосдвиговые, зона газовых факелов в целом приобретает позицию поперечной межблоковой структуры (зоны, области) растяжения, пространственно унаследованной от предшествующей R'-структуры. В силу антитетичности дислокаций зоны газовыделения, соответственно - правосдвиговых, теперь уже субширотные фрагменты разломов внутри зоны приобретают компоненту растяжения, как Т-структуры высокого порядка. То есть, локальный структурный фактор избирательно благоприятен по-новому.

Региональные тектонические механизмы активизации локального структурного фактора в связи с Одесским глубинным разломом, точнее – с левыми сдвигами вдоль юго-западной границы ВЕП, согласуются по кинематике рассматриваемой зоны и с моделью «пул-апартового» строения зоны газовыделений.

**«Пулл-апартовая» модель** учитывает разломно-блоковое строение фундамента (и чехла) района и значительную, даже по региональным мас-

штабам, ширину главных сдвиговых зон СЗ шельфа Черного моря, обусловленных геодинамикой юго-западной и южной границ ВЕП, зон, переходных к обрамляющим неогейским структурам Причерноморья.

Как отмечалось, сдвиговые зоны района представлены двумя пересекающимися системами параллельных глубинных разломов, которые и определяют здесь разломно-блоковый, чешуйчато-блоковый структурный план. При активизации сдвиговой компоненты этих систем блоки образуют зоны растяжения в тылу (в «тектонической тени») относительно направления собственных смещений. По немасштабному определению, пулл-апараты представляются локальными впадинами (в случаях эмбрионального пулл-апарта, подобных нашему – участками с растяжением) вдоль сдвиговой зоны, ограниченными пересечением перекрывающейся кулисной пары сдвигов и пары секущих параллельных сбросов. В плане это «параллелограммовидные» удлиненные или субизометричные «ромбовидные» впадины, в зависимости от геометрии и кинематики обрамляющих блоков и разломов (рис. 9). Разломы, обрамляющие пулл-апарат, находятся обычно в L-, R- и R'-позициях к основной сдвиговой зоне структурообразования.

По литературным данным, присдвиговые долгоживущие пулл-апараты представляют трехмерное структурное многообразие, формационную сложность геологического разреза и исторически – неоднозначность их тектонической позиции. Деструктивное направление эволюции присдвиговых участков растяжения может приводить к образованию межблоковых раздвигов, грабен-синклиналей, рампов. Такие локальные участки растяжения и пулл-апараты бассейны могут развиваться даже в тектонических обстановках транспрессии – регионального сжатия крупных сдвиговых зон. Из двух главных типов структурных обстановок заложения пулл-апартов (*изгиб поверхности сдвига* в плане или *кулисное перекрытие сдвигов* в общей сдвиговой зоне), наиболее изучена эволюция пулл-апартов *первого типа* [21]. Щелевидные пулл-апараты растяжения на изгибах сдвигов и пулл-апараты деструктивных зон их кулисного перекрытия – это разновидности общего морфокинематического ряда, переходные к присдвиговым грабен-синклиналям.

По аналогии с первым типом модели, рассматриваемая разломная зона газовых факелов Черного моря – это СВ «ступенчатый» фрагмент трансрегиональной разломно-сдвиговой зоны Тейсейра-Торнквиста, представленной в районе Одесским и Западнокрымским разломами. Геометрия разломных сетей (разломно-блокового структурного плана) фундамента ЮЗ угла ВЕП, а также – чехла СЗ шельфа, определяет

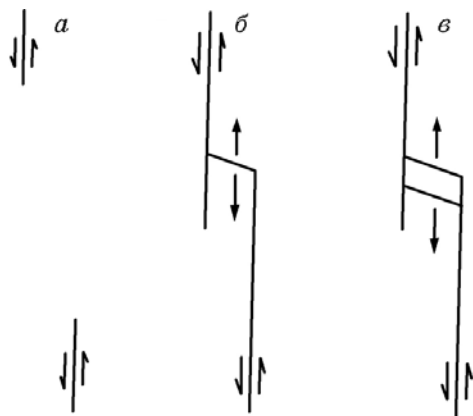


Рис. 9. Схемы образования «пулл-апарта», по [17], с комментариями. *а* – возможное место образования зоны растяжения и деструкции между окончаниями кулисных разломов; *б* – щелевидная зона растяжения, пулл-апарат *первого типа*, наследующая разлом R'-позиции; *в* – локальная зона растяжения, пулл-апарат *второго типа* (эмбриональный этап бассейна)

также приемлемость и модели *второго типа*. В таком варианте, выделенная разломная зона газовых факелов трактуется нами как эмбриональная пулл-апартовая, «щелевидная» структура растяжения (разломная зона с растяжением), соединяющая кулисное перекрытие Одесского и Западно-крымского разломов.

Модели пулл-апарта объясняют существование региональной обстановки трансенсии, растяжения при левом сдвиге всей переходной зоны ЮЗ границы ВЕП. Механизмы активизации зоны газовых факелов в целом, как разломного элемента региональных сдвиговых систем, тектонофизически комплементарно соотносятся в рамках предлагаемых моделей «пулл-апартов» и – моделей «вторичных разломов». Общими и необходимыми для реализации в районе названных моделей являются тектонические условия левого сдвига зон глубинных разломов. Развитие таких сдвиговых зон и выявляется здесь по региональным данным методами структурно-парагенетического анализа [2].

Субрегиональный масштаб межблокового механизма растяжения зоны газовых факелов СЗ части Черного моря коррелируется с основными морфо-кинематическими параметрами «пулл-апартовой» модели и вышеупомянутых схем приразломных (присдвиговых) локальных бассейнов такого типа.

**Модель «эшелонированных разломов»** – иллюстрирует действие локальных структурных факторов, тектонофизическую сущность газоконтролирующих разломов в рассматриваемой зоне; показывает также аналогию локальных факторов и с региональной моделью «вторичных разломов», соответственно масштаба зоны.

Среди структурных рисунков моделей разломных зон простого сдвига и их природных аналогов известны кулисообразные, эшелонированные ряды вторичных структур различных типов (рис. 10). Наиболее характерны косые разломные R-, T-структуры с соответствующими тектонофизическими характеристиками; иногда – R'-структуры и эшелонированные присдвиговые складки. Такие морфокинематические разности сдвигов представляют тип транскуррентных – сквозных, простых и сложных сдвигов, вызванных действием инденторов.

Многочисленные разломы, усложняющие внутреннее строение зоны газовых факелов, являются фрагментами, отрезками развитых в районе крупных разновозрастных разломов соответствующих простираций. В структуре зоны они являются не вторичными и не парагенетическими, а – пространственно-

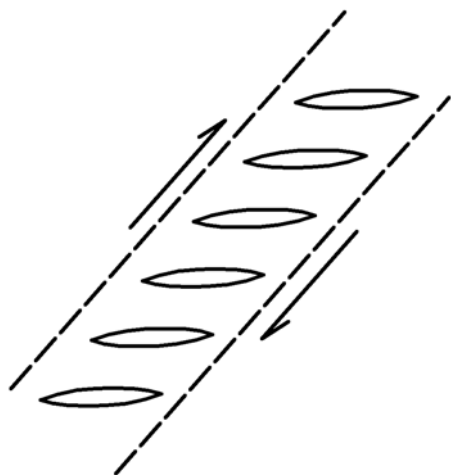


Рис. 10. Проявление на поверхности чехла сдвигов фундамента (штриховые линии). Кулисообразный ряд T-разломов второго слоя/«структурного этажа» наследует линию сдвига в фундаменте модели



унаследованными. Такие фрагменты разломов занимают ту или иную тектонофизическую позицию внутри зоны газовыделения при очередной тектонической активизации сдвиговых дислокаций зоны. Наряду с очередными тектонофизическими позициями (и индексами) эти фрагменты внутризональной структуры приобретают и соответствующие индексам кинематические параметры. В таком случае, речь идёт только о механизмах активизации локальных разломов внутри зоны, а не о структурообразовании.

Трёхмерное строение зоны газовых факелов можно представить приближенно как квазиплоское геологическое тело, сложенное нормально страстифицированными породами чехла и нарушенное многочисленными субширотными разломами-сбросами, в меньшем количестве – субмеридиональными разломами. Существенно, что структурный рисунок зоны в плане (см. рис. 1, 2), генерализованный азимут простираения ( $60^\circ$  СВ) составляет углы  $20-40^\circ$  с субширотными фрагментами разломов, эшелонировано расположенными относительно её «оси».

Субширотные субпараллельные фрагменты разломов зоны газовых факелов, при активизации правого сдвига вдоль зоны, тектонофизически оказываются в R-, T-позициях, с характерной компонентой растяжения, способствующей газовыделению. Газовые сипы преимущественно и группируются в подобных участках, субширотных: восток-северо-восточных R-разломов и запад-северо-западных T-разломов; а также – в активизированных северо-западных унаследованных R'-разломах (индекс предшествовавшего парагенеза левых сдвигов зоны). На этапах, собственно, левых сдвигов рассматриваемой зоны субмеридиональные фрагменты разломов зоны занимают T-позиции с растяжением. Как отмечалось, T-позиции вторичных разломов тектонофизически благоприятны для процессов петрофизической деструкции разломов, дилатансии пород, повышения проницаемости, интенсификации порово-трещинной фильтрации флюидов и активного газовыделения. Эти варианты механизмов активизации зоны газовых факелов, в рамках модели «эшелонированных разломов», комплементарно соотносятся с локальными тектоническими, структурными факторами контроля газовых факелов.

**Заключение.** Приведенные результаты структурно-парагенетического анализа разломов СВ части Черного моря получены формализованными методами и основаны на интересующих картографических материалах; они являются методически воспроизводимыми (даже при использовании тектонических карт региона разных авторов). В аналогиях региональных структурно-геологических материалов, эмпирических диаграмм с тектонофизическими моделями показана роль сдвиговой компоненты в образовании и активизациях иерархически построенной разломной сети. Региональная повсеместность разломно-блоковой тектоники предполагает большее разнообразие морфо-кинематических типов и масштабов (при)разломных структур и их сочетаний, контролирующих подводные газовыделения в других районах Черного моря. При разных ожидаемых тектонических позициях и типах структур, актуальной останется выявленная в настоящем исследовании тектонофизическая «константа» условий, необходимых для значимого газовыделения. Это – условия трансенсии (в комбинациях

компоненты сдвига и растяжения) региональных и локальных тектонических факторов, связанных парагенетически.

Рассмотренная зона газовых факелов СЗ части Черного моря занимает закономерную позицию, в качестве одной из вторичных разломных зон, в структурном плане района. По аналогии с моделями зона газовых факелов представляется пулл-апартом эмбрионального «щелевого» типа. Эта «приразломная» сложно построенная область растяжения и деструкции расположена на кулисном сочленении Одесского и Западнокрымского глубинных разломов ССЗ простирания. Кинематика зоны и составляющих её разломов являются разнопорядковыми производными от тектонических активизаций – существенно сдвиговых дислокаций зон глубинных разломов фундамента, конформных южной и юго-западной границам ВЕП. Последние представляются достаточно широкими (более 100 км) пограничными, переходными зонами платформы с утончающимся гранитным слоем к фанерозойскому обрамлению. Вся площадь Одесского шельфа расположена в пределах этих переходных зон; поэтому и здесь выявляются структурные рисунки сдвига, известные для разломно-блоковой тектоники фундамента ВЕП.

Парагенетические, иерархические и комплементарные, унаследованные сочетания тектонофизических позиций разномасштабных разломов вне и внутри этой зоны газовых факелов, согласно региональным и локальным моделям, кинематически непротиворечивы при разных «внешних» стрессах тектонических этапов обоих структурных этажей. Независимо от возраста разломов фундамента, унаследованные разломы пород чехла и фрагменты разломов, составляющие структурный ансамбль зоны газовыделений – это синкинематичные разрывы для каждой из активизаций.

Селективные и адаптивные дислокации отдельных разломов компенсируют местные различия скоростей и направлений деформаций внутри сложнопостроенных сдвиговых зон (сдвиг с растяжением или сжатием). Такие гетерогенные совокупности долгоживущих разломов-сдвигов по стилю деформации близки к определению трансферных сдвиговых зон [19, 20]. (К подобной категории трансферов принадлежит большинство региональных разломно-сдвиговых зон трансенсии рифтовых и – зон траспрессии коллизионных областей.)

Тектонофизические параметры тектонической позиции зоны газовых факелов СЗ шельфа и её благоприятный комплексно-перманентный кинематический режим иерархически соподчиненной субрегиональной и локальной трансенсии приводят к развитию разломных участков дислоцированных и разуплотненных пород чехла. Повышение, в связи с этим, порово-трещинной проницаемости для водно-газовых флюидов определяет их потоки из глубинных коллекторов чехла либо непосредственно из разломных зон фундамента.

Массовое развитие в (при)разломных участках зоны газовых факелов, их долгоживущая активность и огромные дебиты свидетельствуют о наличии значительного потенциала флюидов, предположительно, эндогенных источников в фундаменте, содержащих в газовой фазе сипов существенно более половины (иногда до 100%) УВ.

**Выводы.** 1. Структурно-парагенетический анализ разломно-блоковых ансамблей СЗ части Черного моря в итоге выявляет глубинные разломы, определяющие границы и активность регионального индентора – юго-западного угла ВЕП. Смещения-сдвиги западной и южной границ ВЕП создают в районе пересечения глубинных разломов и комплементарные сети вторичных разломов чехла.

2. В региональном структурном плане простираение сублинейной зоны газовых факелов ~60°СВ; относительно субширотных глубинных разломов – это тектонофизическое R-направление с растяжением, производное левых сдвигов (а, при инверсиях, – P-направление). Для правого сдвига СЗ Одесского глубинного разлома зона газовыделений – это «закрытое» R'-направление.

3. Модели «вторичных разломов» и эмбриональных, щелевидных «пулл-апартов» выявляют в аналогиях роль тектонической позиции зоны газовых факелов в качестве регионального фактора – межблоковой разломной зоны растяжения (области «пулл-апорт»), благоприятной для фильтрации и локализации флюидов в коллекторах и масштабных выходов газовых факелов, содержащих УВ.

4. Модель «эшелонированных разломов» поясняет механизм сдвиговой активизации, «раскрытия» фрагментов субширотных разломов в зоне газовыделения (на других этапах – меридиональных фрагментов), в качестве «вторичных» разломов, каналов выхода газовых факелов и – локальных структурных факторов, производных от разломно-блоковой тектоники региона.

5. Повсеместность, иерархичность сдвигового разломообразования и активизаций, подобие тектонофизических P, T, L, R-направлений (и R'-, с инверсией) структур с растяжением в моделях сдвига и природных «вторичных» разломов, аналогии тектонической позиции зоны газовых факелов должны учитываться при изучении и других зон значимых газовыделений Черного моря.

1. Геворкьян В.Х., Бураков В.И., Исагулова Ю.К. и др. Газовыделяющие постройки на дне северо-западной части Черного моря // ДАН УССР. – Сер.Б. Геол., хим. и биол.науки. – 1991. - № 4. – С. 80-85.
2. Занкевич Б.А., Мельниченко Т.А., Шафранская Н.В. Унаследование структурных планов северо-западного шельфа Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. - № 1. – С. 52-62.
3. Кравченко В.Г. Механизм функционирования подводных газовых факелов Черного моря // Там же. – 2008. - № 1. – С. 106-115.
4. Кравченко В.Г., Кириченко Е.А. К определению газоотдачи сипа по форме подводного газового факела // Там же. – 2007. - № 1. – С. 110-119.
5. Краснощек А.Я. Пространственные особенности активизации глубинных разломов в западной части Черного моря // Геол. журн. – 1989. - № 1. – С.84-88.
6. Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Нежданов А.И. и др. Явления активного газоразделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря // ДАН УССР. – Сер.Б. Геол., хим. и биол.науки. – 1989. - № 12. – С. 13-15.
7. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. – В кн. Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. – М.: Изд. ГИН АН СССР. – 1987. – С. 173-275.

8. Соллогуб В.Б., Гаркаленко И.А., Чекунов А.В. Тектоническое строение северо-западной части Черного моря по геофизическим данным // Докл. АН СССР, 1965. Т. 162, № 6. – С. 1374-1377.
9. Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б. и др. Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Черного моря // Геофизический журнал. – № 2, Т.27. – 2005. – С. 195-207.
10. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон. – М.: Недра, 1977. – 144 с.
11. Ступка О.С. Проблеми тектоніки України на сучасному етапі розвитку геологічної науки // Геолог України. – 2004. - № 2. – С.48-54.
12. Чекунов А.В., Гаркаленко И.А., Харечко Г.Е. Глубинные разломы Северного Причерноморья и сдвиговые перемещения по ним // Известия АН СССР, сер. геол., 1965, № 11, с.63-71.
13. Шафранская Н.В. Методика построения и использования диаграмм в структурно-парагенетическом анализе (На примере вала Андрусова Черноморской впадины). // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. - №2, - 2008. – С.140-150.
14. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др. Газовые факелы на дне Черного моря. Киев, ОМГОР НАН Украины, 1999. – 134 с.
15. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Любицкий А.А., Богданов Ю.А. Новые проявления газового и грязевого вулканизма в Черном море. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2007. - № 2. – С. 107-110.
16. Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Русаков О.М., Кутас Р.И. Глубинная природа газовых факелов западной части Черного моря по результатам геофизических исследований // Там же. – 2005. - № 1. – С. 70-82.
17. Aydin A., Nur A. The types and role of stepovers in strike-slip tectonics. – Soc. Econom. Paleontol. and Miner. Spec. Publ., 1985. – Vol. 37, p. 35-44.
18. Finetti I., Bricchi G., Del Ben A., et all. Geophysical study of the Black sea. / “Bollettino di geofisica (monograph on the Black sea)” Bol. Geof. Teor. Trieste. Vol. XXX, №117-118, March-June 1988, p.197- 324.
19. Gibbs A.D. Structural evolution of extensional basin margins // Journal. of Geol. Soc., vol. 141, 1984, 609-620
20. Harding T.P., Lowell, J.D. Structural styles, their plate tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces // Bull. Amer. Assos. Petrol. Geol., 1979, 63, 1016-1059
21. Mann P., Hempton, M.R., Bradley, D.C., Burke, K. Development of pull-apart basins // J. of Geology, 1982, vol.91, p.529-554
22. Tchalenko J.S., Similarities between shear zones of different magnitude. // Geol Soc. of Amer. Bull., 1970, vol.81, n.6.

*Розглянуто тектонічні, переважно здвигові механізми вторинного структуроутворення та активізації регіональної розломної сітки на прикладах ПЗ шельфу та материкового схилу Чорного моря. Позиція найбільшої сублінійної зони газових факелів обґрунтовується в структурному плані як зона розтягнення (ембріональна область пулл-апарт), похідна довгоживучих дислокацій найбільших розломно-здвигових зон району.*

*Tectonic, predominantly wrench mechanisms of secondary structure generating and activation of regional fault system (examples NW of a shelf and a continental slope of the Black sea) are considered. Position of the largest sublinear zone of gas seep/gas plum is structurally proved, as a zone of stretching (embryonic pull-apart area), a derivative of long-living dislocations of the largest wrench-fault zones in area.*