

УДК 551.24 (262.5)

**Б.А. Занкевич, В.В. Покалюк**

## **О СТРУКТУРЕ ЧЕРНОМОРСКОГО БАСЕЙНА КАК ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МЕГАПУЛЛ-АПАРТОВ**

В статье приводится геолого-структурная аргументация морфогенеза впадин и прогибов Черного моря как разноранговых пулл-апартов области пересечения трансрегиональных СЗ и ВСВ тектонолинеаментов. Ансамбль структур Черного моря (глубоководных впадин, разломных зон, периферийных прогибов и поднятий/валов) представлен как производное существенно сдвиговых деформаций и малоамплитудных дислокаций в зонах трансрегиональных тектонолинеаментов. Структурные рисунки, известные для моделей простого сдвига, широко развиты и в зонах динамического влияния разломов, ограничивающих черноморские впадины. Структурные позиции впадин показаны на фоне пересечения глубинных разломов систем северо-западных и северо-восточных тектонолинеаментов как региональных элементов регматической глобальной сети. Системный парагенетический анализ упорядоченных совокупностей разломно-блоковых структур в плане бассейна по аналогии с моделями (мега)pull-apart обнаруживает иерархические, (пара)генетические и унаследованные связи эндогенных факторов морфогенеза впадин, прогибов и поднятий Черного моря. Особенности строения (мега)пулл-апартовых глубоководных впадин Черного моря и позиции структур второго ранга, периферийных прогибов (и валов) акватории опосредованно выражают «пилотное» и контролирующее влияние регмагенеза в «раме» пересекающихся СЗ и СВ зон тектонолинеаментов и составляющих их транскуррентных глубинных разломов-сдвигов в режиме транстенсии. (При)сдвиговые позиции разломно-блоковых структур бассейна, локальных геологических тел, ареалов вулканоплутонитов, «продуктов» тектономагматических активизаций вскрывают закономерное регуляторное действие ротационных факторов существенно сдвиговой малоамплитудной тектоники земной коры, а также важную роль зональных дополнительных критериев прогноза перспективных для обнаружения углеводородов зон и участков с тектонофизически определенными условиями растяжения.

*Ключевые слова:* Черноморский бассейн, тектонолинеаменты, pull-apart, планетарная разломная сеть, разломно-блоковая тектоника, сдвиговая тектоника.

**Введение.** До середины XX века представления о геологии бассейна Черного моря основывались на интерполяциях и экстраполяциях структур окружающей суши, поскольку недоставало данных о строении глубинных частей акватории. Используемая комплексная методология анализа и обобщения картографических и геолого-геофизических данных в аналогиях с тектонофизическими моделями представляет основу нашей интерпретации структур бассейна, учитывающую эндогенные и ротационные факторы, вместе с тем альтернативную к мобилизму «тектоники литосферных плит». Морфогенез глубоководных впадин Черного моря и акваториальных структур их обрамления, согласно приведенным материалам статьи, связан с пересечением обширных зон динамического влияния диагональных трансрегиональных тектонолинеаментных поясов Эльбско-Загросского (Балтийско-Иранского) и Атласо-Черноморского, имеющих существенно сдвиговую компоненту деформаций слагающих их глубинных разломов [7, 8, 14–21, 28, 31, 32, 34].

Рассмотрение параллелограммо- и ромбовидного структурного плана глубоководных впадин Черного моря, их позиций среди кулисно эшелонированных разломно-сдвиговых зон тектонолинеаментов ведет к морфогенетическим аналогиям бассейна в целом, крупных впадин и малых периферийных прогибов акватории, с пулл-апартами – локальными специфическими приразломными впадинами. Эта статья – попытка регионального обобщения сведений о распространенности структур (впадин) пулл-апарто-

---

© Б.О. Занкевич, В.В. Покалюк, 2020

вого типа, в свое время отмеченных многими геологами-исследователями тектоники Черноморья.

**Цель статьи** – геолого-структурная аргументация эндогенных факторов морфогенеза впадин и прогибов Черного моря (**объектов исследований**) в качестве разноранговых пулл-апартов области пересечения трансрегиональных СЗ и ВСВ тектонолинеаментов. Анализ морфологии и структурных позиций впадин, связи с разломно-блоковыми структурами периферии составляют **предмет исследований**; принятый методологический подход перспективен для реконструкций истории впадин, прогибов и валов бассейна.

**Актуальность.** Исследования развивают системные подходы к тектоническому районированию Черноморья, пониманию сочетанности действия основных геологических, эндогенных структурно-тектонических факторов морфогенеза глубоководных впадин, парагенетических, иерархических связей их с малыми прогибами, к уточнению и разработке дополнительных зональных критериев прогноза углеводородов (УВ) в регионе.

**Методология.** В основе исследований лежит анализ тектонических, геолого-геофизических карт районов Черного моря; профилей впадин, прогибов, валов, разломных зон; дистанционных первичных и специализированных, трансформированных карт тектонолинеаментов региона. Контекст регионального исследования включает базовые нормированные данные разломов с длиной от 1 км до  $n \cdot 10$  км –  $n \cdot 100$  км. Данные о совокупностях разломов районов показаны в структурных рисунках разломов и в графически осредненном виде азимутальных диаграмм. Последние являются этапными результатами структурно-парагенетического анализа, проведенного согласно методике Л.М. Расцветаева [33], использованной здесь в варианте «2d», по С. Стоянову [39]. Позиции структур в плане и другие геологические данные региона обобщаются (мега)пулл-апартовой схемой бассейна.

Методы сопоставления структурных рисунков (при)разломных зон структурных ярусов мезо-кайнозоя дна акватории и окружения использованы в аналогиях с тектонофизическими моделями простого сдвига; для роз-диаграмм природных разломов – с «эталонными» модельными диаграммами структур второго ранга/порядка. Наряду с компонентой сдвига крупных разломов аналогии помогают выявить транскуррентность, гомологию в иерархии структурных рисунков разломов смежных масштабных уровней, производных (суб)региональной деформации сдвига тектонолинеаментных зон бассейна.

Корректность аналогий структурных рисунков разломов, как и аналогий роз-диаграмм, с разломами второго ранга моделей простого упругопластического сдвига обязана подобию их по условиям деформации квазиоднородной земной коре. Аналогии включают подобие физико-механических параметров сдвиговых деформаций пород и гомологию видимых морфологических следствий сдвига разломно-блоковых структур, в том числе впадин, их позиций в зоне динамического влияния основного разлома. Основой качественных оценок кинематики рассматриваемых разломных зон в целом, а при массовости оценок – и тектонолинеаментных зон, являются типовые структурные рисунки простого сдвига обширных зон влияния глубинных разломов, выявленный «спектр» тектонофизических позиций L, R, P, T, R' – основных/главных разломов и малых разломов второго ранга. Последние по времени образования подразделяются на опережающие, синхронные и вторичные разломы. При сочленении с основными все они геометрически определяются как опережающие и, как выясняется, отвечают направлениям приведенного «спектра» сдвига. Связь основных разломов зоны с опережающими и вторичными – генетическая, а с синхронными разломами второго ранга – парагенетическая, что обеспечивается долгоживущими полями напряжений сдвиговых зон. Сдвиговая деформация однородной среды, начинаясь как директивная, в разломно-блоковых сетях проявляется как селективная и далее – как адаптивная [30]. Адаптивная деформация в зонах разломов-сдвигов и на их пересечениях скорее меняет направление (а не направление) ранних разломов второго ранга. Поэтому деформации сдвига долгоживущих разломных зон выявляются и методом реперов, и в морфогенетических аналогиях

структурных рисунков высокоранговых разновозрастных разломов, и в аналогиях роз-диаграмм природных разломов с «эталонными», модельными.

**Черноморский бассейн – упорядоченная система впадин типа (мега)пулл-апарт.**  
**Постановка проблемы, вопросы терминологии и морфогенетическая систематика пулл-апартов.** На сходство впадин и прогибов Черного моря с грабенами типа пулл-апарт указывалось во многих работах [17, 18, 20, 31, 35, 54, 61]. Представляется актуальным обзор независимой геологической, геофизической, тектонофизической аргументации к вероятной пулл-апартовой природе отрицательных разломно-блоковых структур бассейна (в смысле решений обратной задачи тектонофизики), гомологической систематике впадин такого типа, их пространственно-генетическим связям с разломными зонами обрамления.

Берчфил и Стюарт [51] ввели термин «бассейн пулл-апарт», ставший тектонотипом режима сдвига с растяжением (транстенсии); термин имеет морфогенетическое содержание. Приразломные участки локального растяжения – пулл-апарты, описаны как грабены (рис. 1); они известны и в «однородной», и в разломно-блоковой геологической среде. В разрезе пулл-апарта могут быть один-два структурных этажа (фундамент – чехол). В фундаменте (при)разломные локальные прогибы выполнены консолидированными парапородами, либо породами тектономагматических активизаций; в чехле унаследованные и новообразованные пулл-апартовые впадины часто содержат (вулканогенно-)осадочные ассоциации. Пулл-апартовые прогибы/впадины схематично просты, в плане они ромбо- или параллелограммовидные, иногда веретенообразные до щелевидных, но чаще имеют соотношение сторон 3:1 и размеры до 100 км по простиранию [55].

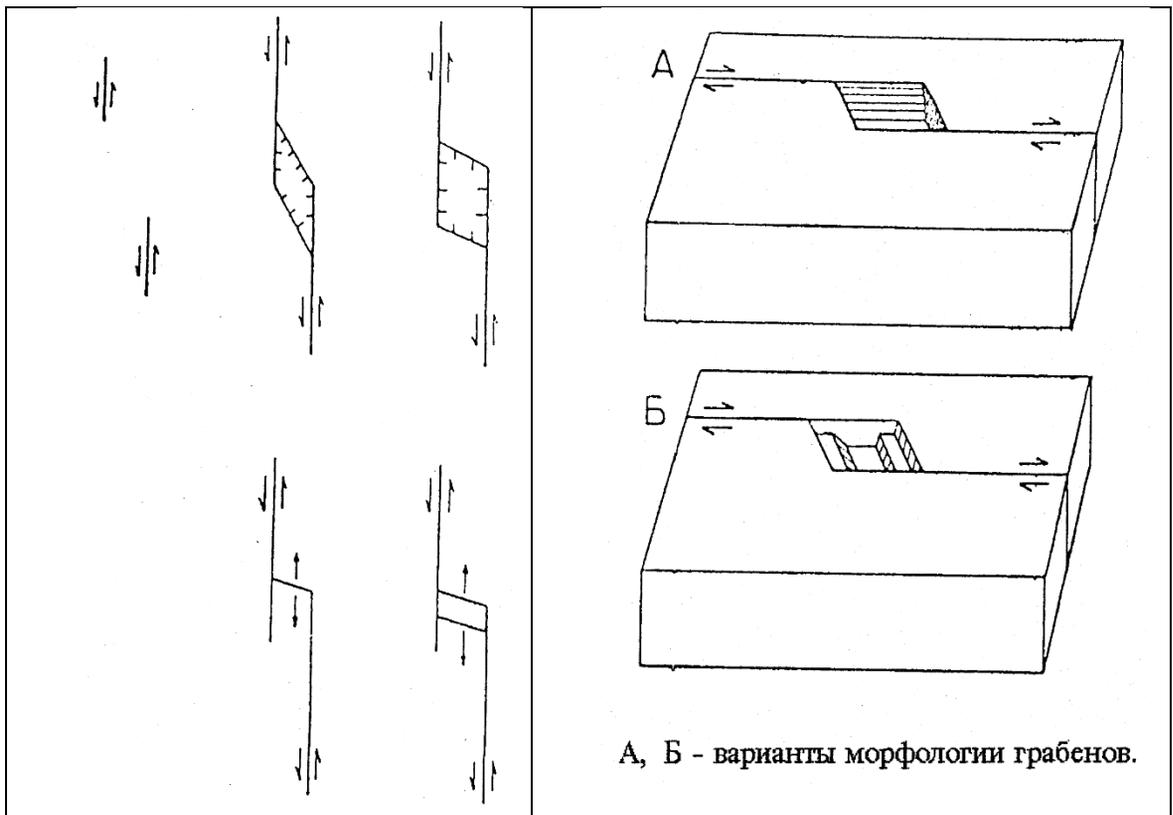


Рис. 1. Схемы (слева) и модели (справа) образования грабенов в зоне разлома-сдвига, по А. Aydin [50]

Пулл-апартаы известны, начиная с разломных зон верхнеархейских-нижнепротерозойских комплексов кристаллического фундамента УЩ [11–13, 17, 18, 22] и до современных впадин. В прикладном смысле структуры пулл-апарт фундамента интересны минерагеническими перспективами металлических полезных ископаемых, связанных с эндогенными породами наложенных тектономагматических активизаций. Разномасштабные разломные зоны пулл-апарты являются транзитными путями потенциально рудоносных флюидов, местами их разгрузки, накопления и геохимической, метасоматической трансформации с концентрацией «полезных» компонентов. Пулл-апарты впадинами с повышенной мощностью парапород чехла, часто обусловлены, в зависимости от масштаба структур, геологического разреза, характера УВ, зональные и локальные структурно-тектонические факторы миграции и накопления УВ, и соответствующие им перспективные прогнозно-поисковые критерии.

Известны два главных типа структурных обстановок зарождения пулл-апарты, в плане: 1) на участках изгиба-излома поверхности «главного» разлома-сдвига – L; 2) в межкулисном участке эшелонированных разломов L-L, R-R, R'-R', P-P с одним знаком сдвигового смещения. Как подтип второго типа известны также параллелограмо- и ромбовидные, прямоугольные пулл-апартаы на пресечениях параллельных пар разломов-сдвигов обрамления впадин: направлений L-L с L'-L', L-L с R'-R', R-R с P-P. Такие локальные пулл-апартаы по морфологии конвергентны, в меру сдвиговой компоненты разломов обрамления, к прогибам «интерференционного» типа на пересечениях разломов с растяжением.

Пулл-апартаы, в узком смысле термина, как вторичные структуры, ассоциированы с зонами крупных разломов-сдвигов. Не все геологи относят к пулл-апартам такие приразломные впадины, как локальные грабены, наследующие основной и оперяющие разломы направлений L, R, P, T в зонах динамического влияния глубинных разломов-сдвигов. В нашем же рассмотрении принято наиболее широкое толкование термина пулл-апарт, охватывающее все разновидности, что подразумевает систематизацию, собственно, пулл-апарты впадин и совокупностей малых разломов пулл-апарты типа.

Морфологические типы, подтипы и переходные формы представляют свои гомологические (частично подобные, по определению) ряды структурных разновидностей эволюционирующих пулл-апарты, в широком смысле термина, как локальных впадин/грабенов зон динамического влияния глубинных разломов-сдвигов. В режиме транстенсии «эмбриональные» пулл-апартаы, от щелевидно-разломных, до площадно-разломных совокупностей высокопорядковых разломов (ещё не впадин) могут выполняться, «залечиваться» наложенными процессами тектономагматических активизаций в виде локальных массивов, трещинных интрузий, зон и ареалов малых тел – штоков, даек, жил интрузивных или гипабиссальных пород и полей вулканитов. В ходе геологической эволюции (при)разломных зон трансформируются и пулл-апартаы к «зрелым» впадинам, грабенам и рифтам, выполненным континентальными или морскими (вулканогенно-) осадочными формациями и ассоциациями пород.

С инверсией режима разломно-сдвиговых зон к транспрессии (сдвиг со сжатием) пулл-апартаы поздних стадий стабилизируются, прогибы закрываются осадками, а в отдельных участках развиваются как пуш-апартаы – антиформные структуры сдвига со сжатием. В зависимости от морфологии и масштаба, формационного наполнения, доминанты вертикальной или латеральной компоненты и интенсивности деформаций, локальные грабены, рифты могут эволюционно вырождаться либо обращаться в соответствующие пуш-апарты антиформы: изометричные пулл-апартаы – в германотипные складки, горсты, массивы, поднятые «столовые» и «пальмовидные» блоки; удлиненные пулл-апартаы – в линейные горсты, массивы, валы и альпинотипные складки.

Поскольку пулл-апартаы разнообразны по морфологии, масштабу, структурно-формационному содержанию и возрасту, то используются и разные основы их

классификации [41, 49, 57 и др.]. Однако, *общность природы пулл-апартов* различного типа – *в режиме транстенсии*, способствующем раскрытию совокупности разломов с растяжением, а затем и развитию конвергентно сходных *впадин/прогибов в структурно-тектонифизически обусловленных участках разломно-сдвиговых зон: в тылу сдвигающихся блоков; в участках перекрытия кулис разломов; на пересечениях пар разломов-сдвигов*. Эти гомологические особенности позиций впадин немасштабны, таким образом, для пулл-апартов характерен структурный изоморфизм. При различиях масштабов, морфологии, механизмов деформаций и дислокаций, гипсометрического положения, геологических разрезов пулл-апартов и их позиций в разломно-блоковом структурном плане, они объединяются (и объясняются) закономерностями существенно сдвиговой тектоники.

Тектонические активизации (при)разломных локальных впадин консолидированного фундамента проявлены в верхнем структурном этаже унаследованием, либо наложением новообразованных щелевидных, площадно-разломных пулл-апартов и синседиментационных грабенов чехла с ассоциациями орто- парапород. Разломно-блоковый структурный план и геоморфология обширных зон директивной сдвиговой деформации осложняется тектоническими активизациями, пересечением разломно-сдвиговых систем с наложением «своих» генераций вторичных разломов и пулл-апартов. Структуры типа пулл-апарт, развитые на разломно-блоковой основе разного возраста, можно считать адаптивными, компенсационными впадинами тектонических активизаций в режиме транстенсии. Термин «грабен» объединяет впадины с растяжением независимо от роли сдвиговой компоненты дислокаций такой разломно-блоковой отрицательной структуры.

Локальные межкулисные участки перекрытия, «эмбриональные» разломные пулл-апараты, выполненные аллохтонными породами тектономагматических активизаций, в зависимости от морфологии и масштаба могут представляться дискретными «узлами перекрытия», часто рудоносными [26]. Этим обязано сходство с терминами «штокверк», «рудный столб», «разломный колодец». На субрегиональном уровне структурный план площадно-разломных пулл-апартов «эмбриональной» стадии близок к термину «деструктивные поля» зон динамического влияния глубинных разломов (в случае разломов-сдвигов). Конвергенция структурного плана пулл-апартов на пересечениях пар разломов-сдвигов (L-L с L'-L', L-L с R'-R', R-R с P-P, L-L с T-T) и «интерференционных впадин» на пересечениях разломных зон с растяжением предполагает для последних в разломах обрамления сдвиги неважными.

Мегапулл-апартовые впадины/бассейны на порядок крупнее пулл-апартовых, структурные планы разломно-блокового строения их – дискретнее, а геологические разрезы – сложнее. Тектонолинеаменты ограничения мегапулл-апартов масштабнее, структурно они включают глубинные разломы, разломно-сдвиговые зоны второго порядка и периферические (при)разломные прогибы и антиформы, значимые при рассмотрении. Режим транстенсии бассейна, в частности, образует дискретно устроенные районы локального растяжения-опускания и сжатия-поднятия с иерархией вторичных пулл-апартов (и пуш-апартов) разных стадий эволюции. Мегапулл-апараты – это региональные долгоживущие структуры с режимом транстенсии земной коры узлов пересечения разломно-сдвиговых зон тектонолинеаментов. В качестве примеров мегапулл-апартовых бассейнов известны окраинные моря Тихого океана: Южно-Китайское, Японское, Охотское [44, 56].

**Результаты и обсуждение. Геодинамическая интерпретация в региональном контексте. Концептуальный синтез данных о структурах Черноморского бассейна.** Даже предварительное рассмотрение структурных планов разломно-блоковой тектоники, доступных геолого-геофизических карт Черноморья обнаруживает приразломные позиции глубокоководных впадин, периферийных прогибов, валов и сочетания разломов, типовых для деформации сдвига в зонах тектонолинеаментов, обрамляющих глубокоководные впадины. Анализ структурных планов (при)разломных зон

ряда районов системно выявляет в аналогиях с (квази)2d-моделями простого сдвига среди разломов второго ранга позиции: R- и P-сколов с компонентой растяжения, T-разрывов и унаследованных «R'-сколов» адаптивного растяжения активизаций вследствие реверса смещения главного сдвига. Природные аналоги их могут быть в виде щелевидных мини-грабенов, локальных прогибов акватории и массивов/ареалов магматических пород, позиционно конформных вмещающим пулл-апартам, например, Ломоносовский массив, Форосский выступ и др. Углы примыкания осей малых прогибов к зонам разломов до  $\sim 30^\circ$ , при наследовании прогибами «R'-сколов»  $\sim 70^\circ$ ; они характерны для зон динамического влияния крупных разломов [11, 22, 41, 50, 52].

Примеры роз-диаграмм разломов Черноморья показывают в аналогиях с моделями простого сдвига азимутальную «устойчивость» максимумов в направлениях/позициях – R, L, P и T, R', L' структур второго ранга сдвиговых зон. Максимумы, отличаясь по интенсивности (длине лучей), феноменологично «устойчивы» и комплементарны к пересечениям глубинных разломов тектонолинеamentных зон. Видимо, сдвиги в районах пересечения реализовались в режимах селективной и адаптивной деформации многоуровневой сети разломов докембрийского, а затем – и мезозойского фундамента. Пилотные деформации директивной стадии сдвига, распределенные глубинными разломами, рекурсивно представлены в иерархии структур бассейна фрагментами типовых для простого сдвига рисунков разломов докембрийского фундамента, эти структурные рисунки транскуррентно проявлены в структурных ярусах и мезозойского фундамента, и кайнозойского чехла.

Структурные рисунки, как и розы-диаграммы разломов разных районов Черноморья (рис. 2, 3), аргументируют полученные выводы эмпирически, но не исчерпывают их обоснование. Содержание роз-диаграмм – осредненные, абстрактные многоактные, суммарные структурные рисунки разломов, привязанные территориально, что методологически важно в сопоставлениях. Эти материалы тематически фундаментальны и являются промежуточными оригинальными результатами, оформленными графически, структурно-парагенетического анализа латеральных совокупностей разноранговых разломов. Аргументация о сдвигах в разломных зонах обрамления черноморских впадин – ключевая для диагностики их как пулл-апартов, согласно приведенным характеристикам. Результаты обобщаются в контексте современных геолого-геофизических данных о строении бассейна; они уточняют диспозиции разломно-блоковых структур, впадин и малых прогибов. Привлечение независимых геологических данных и интересубъективных оценок разломно-блоковых структур Черноморья обнаруживает их непротиворечивость по существу обсуждения мегапулл-апартовой схемы и придает ей в итоге морфогенетическое значение.

Представляется допустимым вести «пошаговый» анализ совокупностей разломов в иерархии структур Черноморского бассейна в аналогиях – комбинированием, перебором локальных (квази)2d-моделей, разных по форме, но адекватных динамике простого сдвига с инверсиями. Приведенные оценки морфогенеза разноранговых структур типа (мега)пулл-апарт Черного моря, результаты регионального обзора имеют качественный характер авторских интерпретаций и предлагаются к обсуждению в свете «синтеза» современных концепций геологии, во многом альтернативных «тектонике литосферных плит», в первую очередь с представлениями о регматической сети разломов, а также о природных динамических системах (д. с.) в геологическом, разломно-блоковом их проявлении.

Малоамплитудность дислокаций, включающую инверсии сдвига (но не сводящуюся к ним), можно видеть в элементах зеркальной симметрии диаграмм высокоранговых разломов; это поясняет и отсутствие заметных смещений разломов в узлах пересечения крупных зон [14–20]. Наблюдаемые амплитуды сдвига-раздвигов и сдвигов невелики, чаще – первые проценты от размера однопорядковых блоков. Малоамплитудность сдвигов разломных зон обрамления глубоководных впадин Черного моря формально может быть структурно-тектоническим дополнительным критерием «стационарности» места их

заложения. Пересечения разнопорядковых разломных зон бассейна образуют в плане иерархию блоков структурных ярусов мезо-кайнозоя.

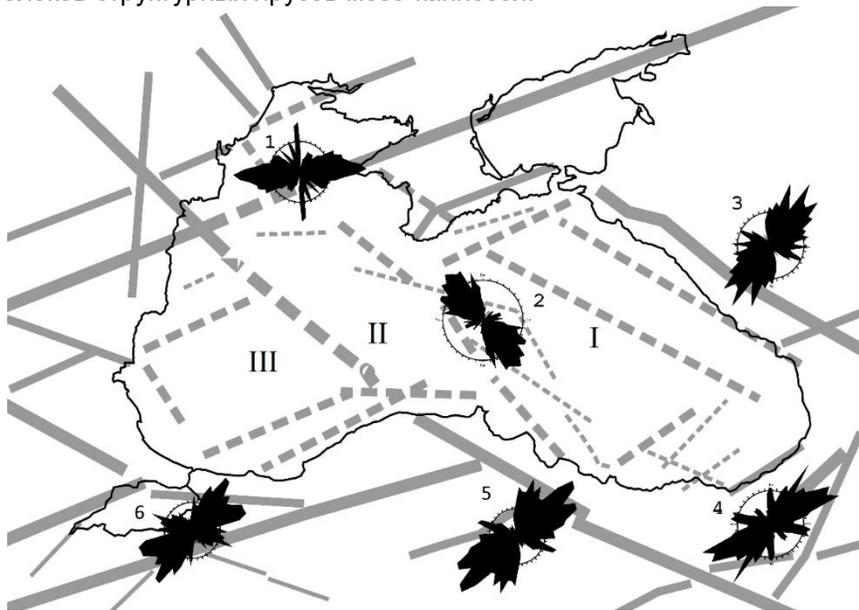


Рис. 2. Схема разломного каркаса Черноморского региона (по космографическим и геолого-геофизическим материалам; сплошные и штриховые линии – дешифрируемые разломные зоны) и розы-диаграммы мезолинеаментов и «вторичных» разломов 2-го ранга в отдельных районах Черноморского бассейна и окружающих территорий (по отчету Б.А. Занкевича, В.С. Токовенко, Н.В. Шафранской «Лінеаментно-блокова тектоніка Чорномор'я як регіональний фактор локалізації корисних копалин». Рукопис, звіт ВМГОР, Відділення наук про Землю НАН України, 2012)

1 – северо-западный шельф; 2 – вал Андрусова (Центрально-Черноморский хребет); 3 – Большой Кавказ; 4 – Малый Кавказ; 5 – Восточная часть Анатолийского Причерноморья; 6 – Западная часть Анатолийского Причерноморья  
I, II, III – восточный, центральный и западный пулл-апараты ЧМ

Систематичность аналогий структурных планов модельных и природных разломных существенно сдвиговых зон представляют розы-диаграммы разломов, интерпретированные в качестве дополнительных графических, статистически обоснованных морфогенетических индикаторов, немасштабных критериев сдвиговых деформаций и малоамплитудных дислокаций, а при зеркальной симметрии диаграмм – критериев инверсий, реверса сдвига исследуемых разломных зон Черноморья. Обсуждаемые положения (в том числе критерии) конструктивны, так как они способствуют: а) уточнению возможных алгоритмов исследования природных сложных совокупностей разломно-сдвиговых структур как упорядоченных динамических систем разломов и блоков; б) выявлению закономерной физической основы металлогенических факторов сдвиговой тектоники и разработке структурно-тектонифизических дополнительных критериев прогноза, в частности УВ.

Разломно-блоковая дискретность структурного плана долгоживущих разломно-сдвиговых зон «устойчива» азимутально, но закономерна, так как рекурсивно подобна вследствие избирательности унаследования разломов механизмов селективной и адаптивной деформации [30]. Угол между ранними разрывами и «потенциальными» направлениями разломов поля напряжений активизации может достигать половины угла скалывания пород в новых условиях. Механизмы энергетической минимизации наложенного стресса тектонической активизации оптимизируют унаследование вторичными структурами, возобновление направлений ранних разрывов (наблюдаемых угловых соотношений в плане), но далеко не всегда их кинематики, которая становится приспособительной. Для характеристики феномена «устойчивости» ячеек разломной сети,

избегая терминологии д. с., ранее нами использовался фразеологизм «прокрустово ложе» [10].

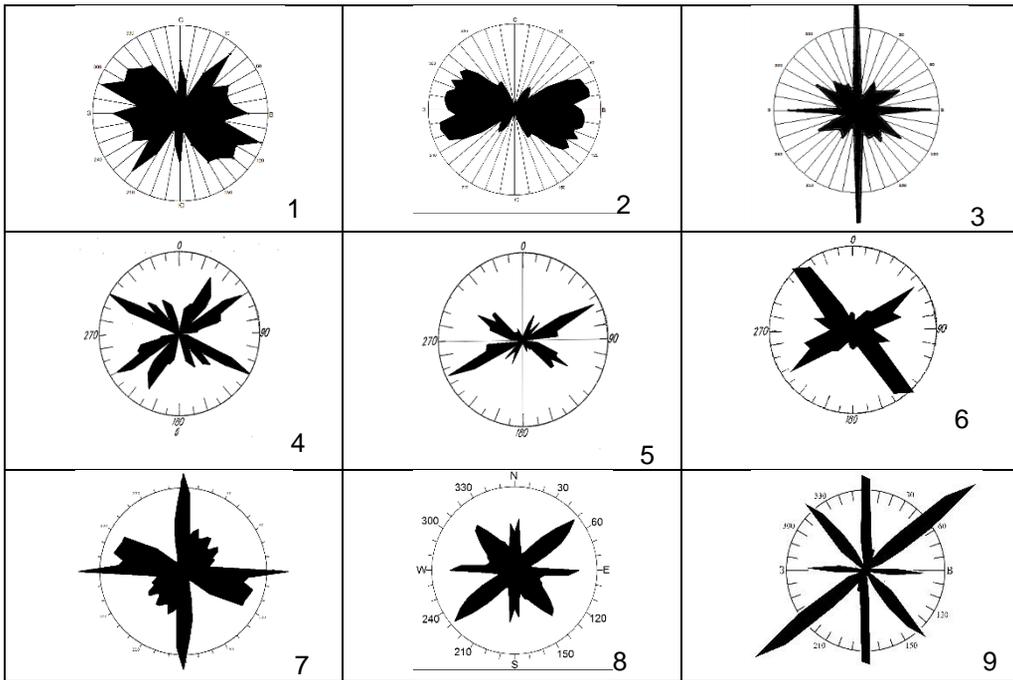


Рис. 3. Розы-диаграммы линеаментов акватории Черного моря (ЧМ) и континентального окружения  
 1 – акватория ЧМ, по батиметрической карте (450 линеаментов, интервал 10 градусов); 2 – акватория ЧМ, кровля мезозоя, по структурной карте Д.А. Туголесова с соавт. [42]; 3–5 – акватория ЧМ, по А.Я. Краснощеку [25]: 3 – по батиметрической карте (272 измерения), 4 – то же, без меридионального и широтного направлений, 5 – линеаменты в осадочном чехле ЧМ без меридионального и широтного направлений; 6 – линеаменты восточной части Средиземноморского складчатого пояса (по М.Л. Коппу, Л.М. Расцветаеву [24]); 7 – Северное Причерноморье, выборка 9878 мезотополинеаментов [27]; 8 – территория Украины [27]; 9 – линеаменты территории Украины [10]

Вместе с тем последовательное формирование многоуровневых разломных сетей может быть описано механизмами энергетической минимизации в терминах д. с., как развитие «естественных» аттракторов, в нашем случае – «стабильных» направлений разломов, ограничивающих блоки. (Допустимы такие положения: за время  $t \rightarrow \infty$  д. с. приобретает состояние аттрактора, определенного равновесия; аттракторов того или иного вида у нелинейной системы может быть несколько; общий принцип – д. с. эволюционируют в поле внешних возмущений и в итоге приходят к «своему» аттрактору.) Если закономерности иерархического строения структурного плана тех или иных зон СЗ и СВ разломов/тектонотектонолинеаментов Черноморья проявляют фрактальные свойства, то в узлах пересечения система разломов может быть мультифрактальной, и в определенных сечениях пространственного множества факторов структурообразования аттрактор геолого-тектонических процессов будет «странным». В концепуально расширенном геологическом толковании, наложенные деформации земной коры и энерго-массопотоки разных геологических процессов, эндогенных и экзогенных, так или иначе, «канализируются» разломно-блоковой дискретностью и локализируются в контрастных тектонических структурах соответствующего уровня масштабной иерархии.

Выявляемая в розах-диаграммах *устойчивость позиций, направлений* высокоранговых *структур разломно-сдвиговых зон* представляется в итоге *закономерным «эквивифинальным» свойством «грубой» динамической системы* (здесь, многоуровневой разломной сети), определяющим долгоживущее действие тектонических факторов; отсюда и значимость дополнительных структурно-тектонотектонофизических критериев прогноза перспективных для обнаружения углеводородов зон. В основе критериев –

многообразие совокупностей структур трансензии (при)разломных участков растяжения и локальных зон *в закономерных позициях к главным, структурообразующим разломам районов, аналогично тектонофизическому спектру структур сдвига: P, L, R, T, «R'», L', благоприятных в силу своей компоненты растяжения.*

При системном подходе логический дискурс-анализ значимости разных оценок разломной сети региона концептуально расширяет обсуждение и, минимизируя терминологические разночтения геологических данных, способствует их рекомбинации и адаптации по существу морфогенетических критериев (мега)пулл-апартовой схемы. Предполагаемая этой схемой комплементарность геодинамики разломно-блоковых структур сдвига подтверждается примерами изученных районов, что допускает коррекцию выявленных неувязок интерсубъективных материалов итоговой интерпретацией. Учет *многоактности активизаций и следствий пересечения* разломных зон «смягчает» проблему аппроксимации, (не)адекватности аналогий природного морфогенеза с 2d-моделями линейных разломов и схемами директивной деформации простого сдвига однородной среды. Например, структурные планы бассейна заметно усложнены в узлах пересечения, наложения тектонолинеаментов сопряженных систем СВ и СЗ простираций. В таких районах оценка диспозиций впадин и структур их периферии только в системе СЗ либо СВ тектонолинеаментов может быть источником дискуссионных взглядов. Так, анализ строения пулл-апартов лишь в одной системе тектонолинеаментов, даже доминирующей, будет недостаточен и чреват погрешностями оценок морфогенеза структур.

Диспозиции высокоранговых структур периферии глубоководных впадин представлены как типовые для моделей простого сдвига; согласно этим аналогиям, граничные глубинные разломы и вмещающие их тектонолинеаменты «диагностируются» как зоны существенно сдвиговой деформации. Природные, местами ромбовидные рисунки чистого сдвига, соотносятся с моделями простого сдвига как «частное» с «общим», как следствие локальных перестроек, вариаций региональных полей напряжений физического сдвига. Вертикальная, радиальная и горизонтальная, тангенциальная составляющие тектоники крупных блоков земной коры, видимо, определили структурные позиции глубоководных впадин Черного моря и характерный (при)сдвиговый конформизм, острые углы примыкания осевых линий окраинных малых прогибов акватории с разломными зонами обрамления.

Элементы структурного ансамбля Черноморья, отвечающие типоморфным признакам (мега)пулл-апартов – характерная разломно-блоковая морфология глубоководных впадин, их диспозиции к разноранговым разломно-сдвиговым зонам обрамления, гомологическое сходство их внутреннего строения, приразломные и межжулисные позиции окраинных прогибов акватории. Позиции осевых линий приразломных прогибов обычно принимают как структурные критерии для той или иной системы разломов. Мы рассматриваем эти критерии сдвига шире – в обеих пересекающихся здесь системах СЗ и ВСВ тектонолинеаментов: как проявления селективной и адаптивной долгоживущей деформации сдвига, и вместе с тем как критерии соответствия разломно-блоковых структур пулл-апартовой схеме бассейна.

Принадлежность черноморских впадин и прогибов второго ранга к структурам типа пулл-апарт отмечали ранее многие исследователи. Мраморное море представляется как пулл-апартовая «дочерняя» впадина между ветвями (кулисами) Северо-Анатолийской разломной зоны (NAFZ) с шириной разъединения ~50 км [53, 55, 63]. Локальные пулл-апараты в пределах акватории Черного моря: Форосский выступ Крыма – вулканогенный стабилизированный пулл-апарт [20]; Каркинитский грабен северо-западного шельфа; щелевидный вулканоплутоногенный Ломоносовский массив – стабилизированный пулл-апарт [23]; окраинный Синопский прогиб Западно-Черноморской впадины; для Восточно-Черноморской впадины – Туапсинский, Сорокинский, Гурийский прогибы. На юго-востоке Черного моря отмечают восемь локальных пулл-апартовых грабенов [61].

Структурный план Черноморского бассейна в целом близок известным мегапулл-апартам приуроченностью к области пересечения зон (мега)тектонолинеаментов – Атлас-

Черноморского с Эльбско-Загросским и Кавказско-Копетдагским (рис. 4). Восточно- и Западно-Черноморская глубокоководные впадины гомологичны: своими позициями среди этих обрамляющих и сквозных тектонолинеаментов; типовыми для сдвига структурными рисунками плана (при)разломных зон; сходством и различиями в мощностях подразделений геолого-геофизического, сейсмостратиграфического разреза впадин. Ширина разъединения мегатектонолинеаментов – 100–200 км, что превышает здесь мощность литосферы. В опускание глубокоководных впадин вовлечены блоки фундамента, составляющие в поперечнике сотни километров, с глубинами нижних сейсмостратиграфических границ верхнемантийного уровня [36, 40].

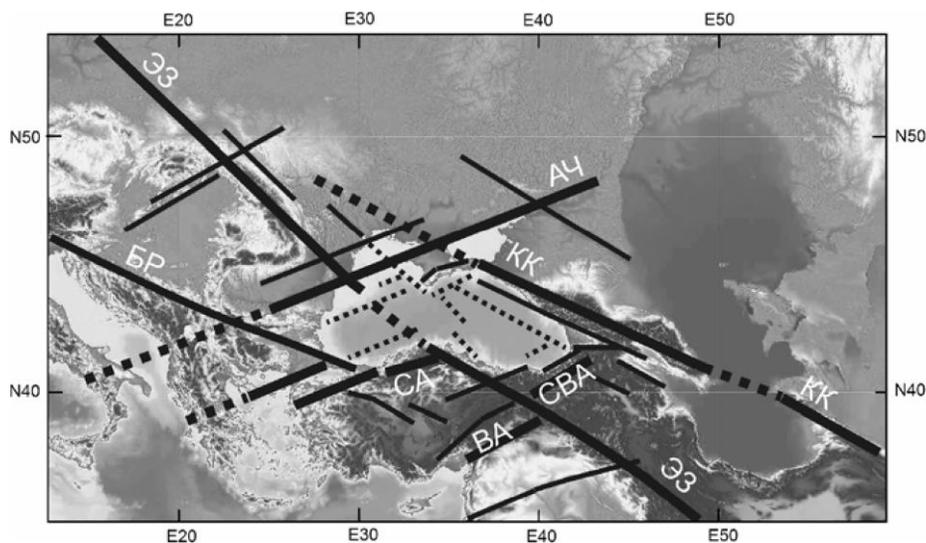


Рис. 4. Схема линеаментов Черноморского региона в структуре Средиземноморского подвижного пояса (по данным источника [31], с использованием схемы В.А. Буша [8])

Мегалинеаменты: ЭЗ – Эльбско-Загросский (Балтийско-Иранский), КК – Кавказско-Копетдагский, БР – Боденско-Родопский (Сава-Марицкий), АЧ – Азово-Черноморский (Азово-Адриатический), СА – Северо-Анатолийский, ВА – Восточно-Анатолийский, СВА – Северо-восточно-Анатолийский

Краевые разломные зоны глубокоководных впадин Черного моря наиболее изучены и представлены более детальными геолого-геофизическими материалами. На примерах структурных планов СЗ шельфа, вала Андрусова, Западно-Черноморской впадины выявляется иерархическое строение блоков, а на пересечениях разломов различных систем – пулл-апараты разного ранга, их кулисные, Т-образные и соосные сочетания, типа «грабен в грабене»; глубинные ступени материкового склона. Разломно-блоковая иерархия региона на пересечениях СЗ и СВ тектонолинеаментов в режиме трансенсии стала благоприятной основой развития различных структур – глубокоководных впадин и прогибов пулл-апартового типа, а также валов мезозойского фундамента, выявляемых на разных масштабных уровнях.

Геодинамический режим трансенсии тектонолинеаментов бассейна и ближайшего окружения, являясь «пилотным» в формировании впадин, определял заложение разломно-сдвиговых границ блоков фундамента, сопровождал их погружение в мезокайнозой с образованием мощных осадочных толщ. Обе глубокоководные впадины совокупно с периферическими прогибами акватории схематично показаны как (мега)пулл-апараты, при некоторых структурно-формационных различиях разреза, производных от масштаба разломных зон обрамления, геометрии их пересечения, кинематики и гипсометрии блоков. Морфология в целом этих впадин субконформна «диагоналям» Черноморского бассейна, простирающую и пересечению вышеназванных линеаментных зон (рис. 4, 5).

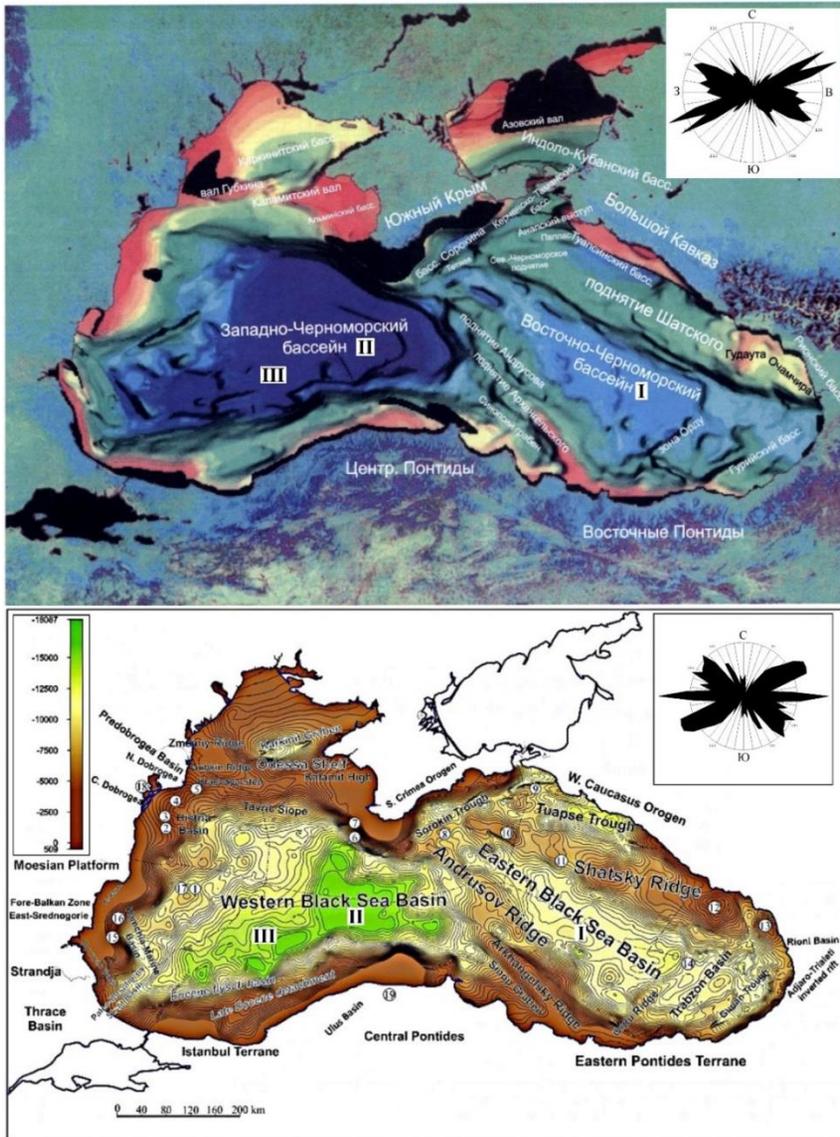


Рис. 5. Рельеф фундамента Черноморского бассейна (вверху – по [5]; рельеф основан на карте А. Робинсона [60]; внизу – по данным источника [58]) с построенными розами-диаграммами региональных линеаментов и разломных зон, интервал объединения 5°; I, II, III – см. рис. 2.

Восточно-Черноморская впадина вытянута в СЗ направлении, ограничена Туапсинским и Центрально-Черноморским (Одесско-Синопским) глубинными разломами, соответственно, представляющими Кавказско-Копетдагский и Эльбско-Загросский линеаменты. Туапсинский разлом, по осевой линии одноименного прогиба, является краевым между Кавказской орогенно-складчатой областью и периферией впадины. Алушта-Батумский разлом определяет восточную ступень её глубоководной части. На севере впадина обрамлена Южнобережно-Крымским разломом, согласным оси наложенного поперечного прогиба Сорокина; на юге – подводным хребтом Орду, в ряду структур Трабзонской антиклинорной зоны. Таким образом, с севера и юга Восточно-Черноморская впадина ограничивается разломными зонами Атласс-Черноморского и Северо-Восточно-Анатолийского тектонолинеаментных поясов. Разновысокое гипсометрическое положение «клавишных» блоков мезозойского фундамента Восточно-

Черноморской впадины, конформных СЗ сдвигам, видимо, обязано смене режимов трансенсии и транспрессии. Простираение основной, пулл-апартовой части впадины – её центрального, осевого блока фундамента согласно Кавказско-Копетдагскому линеаменту (Алушта-Батумскому разломному шву – юго-западной ступени вала Шатского), а с запада – Одесско-Синопскому глубинному разлому.

Этот глубинный разлом является (суб)региональной антиформной зоной, граничной для смежных глубоководных впадин бассейна; по кровле мезозоя зона представлена линейным горстом/валом Андрусова разломно-блокового строения, включая хребты Андрусова и Архангельского. Вал Андрусова и вал Шатского погребены под толщами кайнозоя и представляются как центральное и краевое пуш-апартовые поднятия структур/блоков мезозойского фундамента ларамийского (мезо-кайнозойского) этапа «дислокационной» тектоники, транспрессии совмещенных впадин бассейна (рис. 6). Вал Андрусова (Центрально-Черноморское поднятие) в качестве пуш-апарта на этапе транспрессии условно делит мегапулл-апартовый бассейн Черного моря на две мегапулл-апартовые трансляционно гомологичные впадины: Западно- и Восточно-Черноморскую с несколько различной структурой, глубинами погружения фундамента и геологической историей.

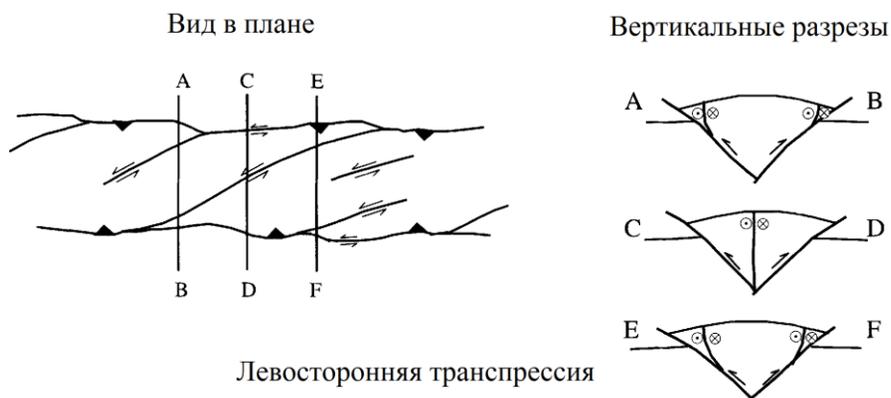


Рис. 6. Структурный рисунок (план и разрез) пуш-апартовых зон [62] как аналогия направлений структур левого сдвига этапа заложения вала Андрусова (при инверсии режима на правостороннюю транспрессию сформировались унаследованные структуры, собственно, пуш-апараты – хребты Андрусова-Архангельского)

Пулл-апартовая схема комплементарна и к интерпретации разноранговых структур пересечения тектонолинеаментных зон – окраинных прогибов второго ранга, супротивных для Восточно-Черноморской впадины: Сорокина – на северо-западе, и Гурийского – на юго-востоке (осевые линии их нормальны к СЗ тектонолинеаментам). В плане прогиб Сорокина конформен простираению сбросов главной гряды Горного Крыма и асимметричен/моноклинален в разрезе, вследствие погружения зоны Южно-Крымского глубинного разлома («родоначального» для прогиба) с «откатом» к юго-востоку осевого блока фундамента Восточно-Черноморской впадины. Гурийский прогиб включает подводный хребет Орду и краевые ступени Трабзонской антиклинорной зоны. Структура прогибов, очередность активизаций компенсационно отвечают тыловой и головной позициям их к сдвигам осевого блока фундамента пулл-апарта Восточно-Черноморской впадины по простираению СЗ Эльбско-Загросского и Кавказско-Копетдагского тектонолинеаментов.

Западно-Черноморская впадина лежит на пересечении Атлас-Черноморской и Эльбско-Загросской тектонолинеаментных зон. Южные границы впадины созданы ступенями материкового склона – сбросами Западных и Центральных Понтид; юго-восточная часть впадины вмещает малый Синопский пулл-апартовый прогиб. Западную и

северную границы впадины образуют пересечения разломов Балканской зоны с разномасштабными СЗ разломами: пересечения разломов формируют краевую систему зигзагообразных в плане зон и конформных мелкоблоковых ступеней; разломы северной границы отчасти маркируются подводным Ломоносовским массивом – целевидным пулл-апартом, видимо, магматогенно-импульсного генезиса. Восточную границу впадины образуют центральное поднятие мезозойского фундамента (вал Андрусова) и, севернее, отделенный седловиной прогиба Сорокина – Форосский выступ. Западно-Черноморская впадина подразделяется нами впервые на две разноориентированные субвпадины; они трактуются как «Западный» пулл-апарт и «Центральный» – наиболее погруженный с мощностями МZ-KZ осадков до 15 км. Общая граница их в рельефе фундамента трассируется уступом, совпадающим здесь со сквозным СЗ-швом системы Эльбско-Загросского тектонолинеamentаного пояса и простирающимся по линии разломов Печеняга-Камена ↔ восточное крыло Северо-Анатолийской разломной зоны. Запад-юго-западная часть «Западного» пулл-апарта переходит в Прибосфорский и Камчийский периферийные прогибы; последний здесь структурно гомологичен позиции Сорокинского прогиба в Восточно-Черноморской впадине.

Периферические разломно-блоковые структуры глубоководных впадин на шельфе и материковом склоне Черного моря перекрыты осадками кайнозоя с пологим флексурным перегибом. Горизонтальное залегание, огромная мощность разреза срединных частей впадин отвечает режимам седиментации с погружением блоков фундамента (мега)пулл-апартов. Разломные зоны обрамления, включительно со структурами второго ранга, не всегда совпадают с геоморфологическими (и с акваториальными) границами структурного плана глубоководных впадин. Ступенчатость тектонических границ, на первый взгляд – дугообразных, маскируется осадочным «плащом» кайнозоя и неизбежной картографической генерализацией линейных фрагментов на пересечениях разноранговых разломов. Всё это ведет к недооценке роли сдвигов СЗ и СВ зон тектонолинеamentов с активизациями узлов их пересечения. Геолого-структурные представления об устойчивости, «стационарности» направлений разломов тектонолинеamentной сети близки выводам Д.А. Туголесова [42] о синседиментационной стабильности разломов обрамления впадин.

Розы-диаграммы линеamentов и разломов акватории ЧМ, построенные по данным карт [60] и [58] (рис. 5), специфично отражают рассматриваемые «сдвиговые» закономерности структурного плана разломно-блокового фундамента ЧМ. СЗ и СВВ тектонолинеamentные зоны представлены доминированием «продольных» синтетических разломов парагенетической триады (P, L, R). В силу сдвиговой компоненты кинематики они сопровождаются иерархией вторичных оперяющих разломов с углами между максимумами, типовыми для вторичных структур сдвиговой деформации. В этих максимумах находят свою позицию (как P-, L-, R-, T-, R'-производные физического сдвига в тектонолинеamentных зонах) все значимые разломные зоны и глубинные разломы бассейна. Т. е. направления максимумов разломов образуют «зрелую» иерархическую регматическую сеть, способную реагировать на разные стрессы активизаций механизмами адаптивной и селективной сдвиговой деформации разломно-блокового фундамента, транскурентно влияющей и на структуры мезо-кайнозойского чехла. При тектоническом режиме транстенсии земной коры в области пересечения СЗ и СВВ тектонолинеamentных зон образование мегапулл-апартовых глубоководных впадин Черного моря неудивительно; отсюда и предпринятые нами попытки объяснения структурных позиций и малых пулл-апартов разной ориентировки, их связей с теми или иными парагенезами разломных зон тектонолинеamentов.

Пересечения разломно-сдвиговых зон и разломов СЗ и СВ систем тектонолинеamentов в акваториальной периферии, к северу от Западно-Черноморской впадины определяют значимую роль наложения структур в морфогенезе фундамента района [14–19]. Мелкоблоковое строение фундамента СЗ шельфа и склона в плане, диспозиция «кулис» Одесского и Западно-Крымского глубинных разломов отвечают пулл-

апартовой схеме и «деструктивному полю» разломов мезо-кайнозойских структурных этажей (рис. 7).

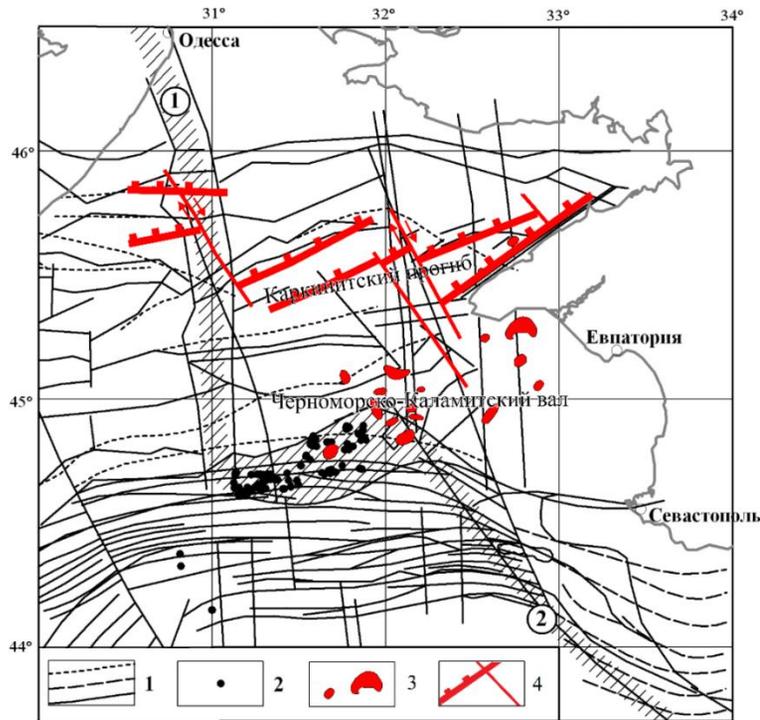


Рис. 7. Сводная карта-схема тектоники СЗ шельфа и материкового склона Черного моря (по данным источника [17], с дополнениями по данным источника [37])

1 – разломы, по данным карт разных авторов; 2 – участки газовыделения, группы сближенных «подводных газовых факелов», пулл-апартовая зона газовыделения по данным источника [17]; 3 – тела магматитов по данным источника [37]; 4 – основные разломно-блоковые структуры по данным источника [37]. Цифры в кружках – глубинные разломы: 1 – Одесский; 2 – Западно-Крымский

Здесь, в районе северо-западного шельфа и материкового склона, юб выявлено наложение «эмбрионального» площадно-разломного пулл-апарта, производного от сдвигов СЗ глубинных разломов, на известные, амплитудные структуры СВВ тектонолинеamentной зоны: Каркинитский грабен, вал Губкина, Каламитский вал, ступени материкового склона. Они адаптивно активизированы, фрагментарно смещены правыми сдвигами в СЗ системе разломов Эльбско-Загросского тектонолинеамента как пулл-апартовые (грабены, ступени склона) и пуш-апартовые (валы) элементы структурного ансамбля шельфа и склона.

Режим трансенсии (при)разломных зон СЗ шельфа, расположенного в районе пересечения СЗ и СВВ тектонолинеamentов, иерархия разломно-блоковой деструкции – развитая сеть разломов и трещиноватости, макро- и микропроницаемость пород мезо-кайнозойского этажа представляются интегральным долгоживущим структурно-тектоническим фактором миграции углеводородоносных флюидов и структурно-обусловленной локализации известных в районе проявлений и месторождений УВ.

Современными зональными индикаторами проницаемости многоуровневой сети пересекающихся разломов СЗ шельфа представляются подводные газовые выделения, известные «факелы» разломной зоны/полосы («эмбрионального» щелевидно-разломного пулл-апарта чехла, см. рис. 7) СВ простирания, как и многочисленных отдельных приразломных газовых проявлений [17, 18]. В аномальном магнитном поле СЗ шельфа интерпретированы локальные изометричные проявления основных (возможно, и средних)

пород/вулканитов (рис. 7) [37]. В «пулл-апартовой» схеме структурная позиция ареала вулcano-плутонитов представляется индикатором активности мелового (ларамийского?) этапа площадно-разломного пулл-апарта. «Физические» сдвиги (с радиальной и тангенциальной компонентами) активных блоков фундамента привели к декомпрессионной плавке пород в глубине разломных зон. Локальное структурно-обусловленное магмообразование компенсировало местные нарушения РТ-состояния с разгрузкой магм среди совокупностей малых тектонофизически благоприятных разломов с растяжением верхних структурных этажей.

Использованные аналогии глубоководных впадин Черного моря с мегапулл-апартовыми схемами акцентированы в первую очередь на геолого-структурном аспекте – диспозициях впадин с обрамляющими глубинными разломами зон тектонолинеаментов диагональной системы. Однако такой подход эвристически конструктивен и для более широких обобщений тектоники бассейна. Оптимизация порядка аппроксимации (суб)региональной (мега)пулл-апартовой схемы к отдельным районам Черноморского бассейна, очевидно, потребует всё большей полноты и детализации материалов исследования, комплексного обоснования: 1) морфогенетических связей разломных зон разного ранга; магматизма малых прогибов и массивов в зонах обрамления Западно- и Восточно-Черноморской впадин; геолого-структурных корреляций истории морфогенеза пулл-апартов; 2) выявления относительной роли, баланса механизмов трансенсии, сдвига с растяжением и базификации в погружении центральных блоков фундамента глубоководных впадин.

Первое собственно геологическое направление охватывает следующие актуальные группы вопросов: а) детализация структурных планов обрамления глубоководных впадин в совокупности разломных зон и прогибов Черного моря; б) расширение географии районов исследования в обрамлении впадин, блоковой ступенчатости склонов, структурных рисунков разломов-существенно сдвигов, их пересечений с развитием локальных пулл-апартов; в) геохронологическое изучение в пулл-апартах магматических пород – вещественно-возрастных реперов активизаций и режима трансенсии. Отсюда реконструкция геохронологии пулл-апартов, а в итоге – латеральной динамики диагональных систем тектонолинеаментов; г) дальнейшее обоснование комплекса факторов морфогенеза впадин и горстов/валов периферии пересечениями разломно-сдвиговых зон бассейна с транскуррентной иерархией структур.

Представления о неодноактном пересечении разномасштабных разломных зон с образованием блоковых структур, в том числе впадин пулл-апорт, часто используют в исследованиях тектоники Черноморья. Пулл-апартовая схема, как видим, довольно толерантна к дополнительной проверочной аргументации, детализации известными и новейшими материалами – структурно-геологическими, геолого-геофизическими. Так, структурные позиции сбросов первой гряды Горного Крыма и тел магматитов побережья имеют место в этой схеме; она открыта для концептуального обобщения и дальнейшего обсуждения разноплановых геологических данных. Морфогенетические выводы анализа позиций малых прогибов пулл-апорт, разломных зон и локальных массивов магматитов (с учетом их возраста) в обрамлении глубоководных впадин Черного моря, как внутриконтинентального, непротиворечиво систематизируются в (мега)пулл-апартовой схеме, верифицируемой в аналогиях с корректными тектонофизическими моделями и сопоставлениях известных геолого-тектонических разрезов акватории и окружения.

Второе направление актуальных вопросов – междисциплинарное, геолого-геофизическое – связь механизмов гравитационно-компенсационного прогибания и растяжения в мегапулл-апартах с масштабом и глубиной, например, Западно-Черноморской впадины, достаточно дискуссионна и ожидает более углубленного проблемного обоснования. Термин «мегапулл-апорт» качественно учитывает роль процессов базификации и экзогитизации «гранитного» слоя в прогибании, наследующем пилотные режимы трансенсии эпизоды. Сама идея базификации фундамента согласна представленным к обсуждению геологическим интерпретациям морфогенеза

глубоководных впадин, как мегапулл-апартовых блоков в «раме» тектонолинеаментов. Сочетанность механизмов погружения блоков литосферы за счет фазовых переходов минералов пород, в силу условности знания РТ условий на глубине, химического состава протолитов и варибельности кинетики петрологических следствий, изучены пока недостаточно. Так, известны представления, что погружения блоков – не результат вехнемантийного петрогенеза, а его причина, связанная с изменениями внешнего ротационного силового поля Земли, с нарушением равновесного состояния тектоносферы [43].

Механизмы базификации и эклогитизации верхней мантии, фазовых переходов минералов нижних частей континентальной коры автономных зон растяжения и прогибания, в том числе черноморских впадин, обсуждались в работах В.В. Белоусова, С.И. Субботина, М.В. Муратова, А.Л. Яншина, А.В. Шлезингера, А.В. Чекунова, Е.В. Артюшкова, В.И. Старостенко, В.Т. Фролова и др. [1–3, 6, 29, 38, 40, 45–48]. Видимо, они состоятельны и для глубоководных впадин Черного моря, рассматриваемых как специфически нагруженные (простой сдвиг) опущенные блоки фундамента, мегапулл-апараты – «ячейки» в «каркасе» глубинных разломов тектонолинеаментных зон. В режиме трансенсии погружение блоков фундамента впадин нарастает с участием базификации нижних горизонтов континентальной коры. В мегапулл-апартовой схеме бассейна сателлитные прогибы, пулл-апараты второго ранга входят в парагенезы краевых разломно-сдвиговых зон впадин. Стабильность мегаблоков глубоководных впадин в «раме» глубинных разломов парагенетически связана сдвиговой компонентой деформаций с малоамплитудностью дислокаций и инверсиями, реверсом направлений сдвига в зонах тектонолинеаментов на фоне трансенсии многопорядковой блочности геологической среды.

Развиваемые нами взгляды о геодинамике разломно-блоковых структур разного гипсометрического уровня бассейна морфологически близки выводам А.Д. Архангельского и Н.М. Страхова [4]: «центральная часть Черноморской впадины представляет собой колоссальный грабен, обязанный своим происхождением системе сбросов, направление которых в общем параллельно простирацию окружающих Черное море хребтов».

Новизна нашей «неофиксистой» интерпретации обязана скорее не детализации структурного плана, а аргументации геодинамики морфогенеза впадин Черного моря. Главное – воспроизводимый подход к анализу совокупностей структур региона, в конструктивном алгоритме, с учетом этапного образования динамически упорядоченной иерархии разломно-блоковых систем, видимо, механизмами простого «физического» сдвига; сочетанного действия вертикальных и горизонтальных движений; пересечения разноранговых разломов, разломных зон. Региональный уровень морфогенеза фундамента проявлен комбинациями геолого-тектонических факторов: эндогенных энерго-массопотоков, корректируемых разнорядковой разломно-блоковой дискретностью, на фоне ротационной геодинамики и «маскирующих» процессов седиментогенеза, при «пилотной» роли латеральных деформаций простого сдвига в зонах динамического влияния глубинных разломов области пересечения СЗ и ВСВ тектонолинеаментов. Зональный уровень представлен многообразием структурных рисунков/совокупностей разломно-блоковых структур разного гипсометрического уровня в акватории и локальными пликативными структурами чехла; их диспозиции – следствия доминанты структурообразующих разломов-сдвигов с геологически проявленными формами эндогенных и экзогенных процессов.

Положения современного «неофиксизма», по совокупности научных работ принципиально согласованы, «синтезированы» с процессами регматического тектогенеза [9, 43 и др.]. Концептуально представляется, что упругие напряжения ротационной природы накапливаются в блоках литосферы, глубинные разломы распределяют вертикальные и горизонтальные компоненты дислокаций разломно-блоковой среды, создавая регулярность участков относительного растяжения/сжатия, «канализируют» эндогенный энерго-массопоток геологических процессов в контрастных структурах зон динамического

влияния. Геодинамические ротационные факторы разломно-блоковой тектоники земной коры тектонофизически образуют в консолидированном фундаменте докембрия «первичный» каркас регматических разломных зон для сопутствующих и последующих эндогенных и экзогенных процессов [10, 21], далее контролирующей наложенные процессы в пулл-апартах и деформации слагающих их геологических тел орто- и парапород, формационных комплексов и ассоциаций; видимо, в этом «ключ» к решению региональных задач тектоники.

Связь тектонолинеаментов и мантийных неоднородностей с ротационным режимом отмечал ещё В.А. Буш [8, с. 14]: «Трансконтинентальные линеаменты являются отражением внутримантийных зон линейных дислокаций, ограничивающих ячеи и отдельные струи внутримантийной конвекции. Такие зоны фиксированы внутри верхней мантии, жестко связаны с положением оси вращения планеты и, видимо, отчасти предопределены дислокациями, вызванными изменениями фигуры Земли при вариациях ее ротационного режима».

Непротиворечивость представлений о (мега)пулл-апартах Черноморья и концепции регмагенеза следует за эмпирически выявленным (со)действием эндогенных, тектонических и магматических факторов морфогенеза земной коры; и это не зависит от теоретических предпочтений. В этой концептуальной комплементарности отражается существенная пилотная роль директивных, затем – ведущая роль селективных и адаптивных сдвиговых деформаций разломных зон и малоамплитудных дислокаций блоков, механизмов унаследования разломов – азимутальной устойчивости и гомологии структур. В режиме трансенсии зон динамического влияния глубинных разломов-сдвигов структурный ансамбль региона формируется вследствие действия динамических факторов «собственного» и «вышестоящего» планетарного уровня, с тектономагматическими активизациями узлов пересечения глубинных разломов СЗ и СВ систем и доминантой опускания центральных блоков фундамента впадин. Повторные деформации разломных зон бассейна, структуроорганизующих на разных гипсометрических уровнях, проявлены малоамплитудными дислокациями физического сдвига, диссипированными дискретной иерархией (пара)генетически связанных совокупностей разломно-блоковой структур.

Физическое поведение пород в структурообразовании разреза бассейна как механической системы в принципе может аппроксимироваться комбинированной реологической моделью Н. Прайса [59] с квазипластическим деформированием разломно-блоковой, «трещиноватой» среды. В такой модели долгоживущие разрывно-пластические дислокации малоамплитудного сдвига сосредоточены в разломных зонах докайнозойского фундамента, сохраняя блоковое строение нижних структурных ярусов, они зонально контролируют и складки Kz слабо анизотропного чехла [14, 16, 19]. Распределение региональных напряжений и дислокаций глубинными разломами-сдвигами в зонах тектонолинеаментов вело к формированию участков локально преобладающего растяжения (иногда – сжатия), с тенденцией дивергенции к поверхности групп вторичных разломов.

Детализация строения Черного моря и развиваемые представления о геолого-генетических, тектонических связях глубоководных впадин с глубинными разломами обрамления в парагенезе с малыми прогибами и валами, в общем структурном ансамбле, ведут (мега)пулл-апартовую статическую схему к уровню морфогенетической модели, приоритетной для бассейна. Её эвристические возможности корреспондируются с комплементарностью известных геолого-геофизических данных глубинного строения впадин к выявленным структурным рисункам простого сдвига; аргументацией видимо сдвиговой динамики обрамляющих глубинных разломов; гомологией типовых позиций (при)сдвиговых впадин и прогибов второго ранга; примерами структурного контроля разломными зонами месторождений и проявлений газа, «факелов»; характерной тектонической зональностью локализации тел, ареалов и площадей магматитов акватории и близкого окружения.

Глубоководные впадины Черного моря, как и впадины всего Средиземноморского пояса, представляются структурно изоморфными, гомологичными. При сопоставлении морфологии впадин с «каркасом» пересекающихся глубинных разломов региона их связи, предварительно почти очевидно, выглядят производными режима трансенсии характерно эволюционирующих (мега)пулл-апартов. В рамках использованного концептуального подхода, региональный фон существенно сдвиговых деформаций, малоамплитудных дислокаций в Средиземноморье так же регулируется разнопорядковой цикличностью тектогенеза, многократными активизациями узлов пересечения глубинных разломов, структурно корректирующими эндогенные, наложенные и отчасти экзогенные процессы. Регулярность тектономагматических активизаций тектонолинеаментов принято соотносить с цикличностями, производными от сезонов галактического года Солнечной системы: от изменений параметров орбитального движения Земли, её фигуры и осевого вращения. (Представления тектоники литосферных плит и астероидных ударов в образовании глубоководных впадин не обсуждались, поскольку здесь они недостаточно обеспечены комплексом региональной геологической аргументации, а при конвергентности отдельных примеров структур, как следствий предполагаемых процессов, остаются гипотетичными.)

Эмпирическая изначально, геологическая тенденция толкования морфогенеза разломно-блоковых ансамблей земной коры неизбежно ведет исследователей к расширенному пониманию и акцентуации пилотной и регулирующей роли ротационного фактора в образовании и активизациях разломов [43]. Вклад планетарных ротационных геодинамических факторов текто-морфогенеза в формирование структурных ансамблей разных мегапулл-апартовых бассейнов мира весьма различается сочетаниями прежде всего с вулcano-магматогенным фактором и другими. Однако комплексность междисциплинарных подходов к анализу региональных совокупностей разломно-блоковых структур, доминанта дислокаций простого сдвига глубинных разломов тектонолинеаментных зон, осмысление комплементарности регматической сети и рекурсивного подобия структур смежных масштабных уровней в категориях природных динамических систем оставляют место носеологическому оптимизму и прикладному интересу геологов-исследователей.

Рассмотренные эволюционные аспекты тектонической (мега)пулл-апартовой схемы на примере Черного моря аргументированы результатами (суб)регионального системного анализа сети разломов и обобщений, «синтеза» различных геолого-геофизических материалов. Трактовка пространственно-генетических связей иерархии структур бассейна с деформациями сдвига в зонах динамического влияния СЗ и СВ глубинных разломов, полученная на эмпирических этапах исследования, в итоге обсуждения несколько расширена. Дискурсивность рассмотрения основных тематических положений о структурах Черноморья раскрывает актуальность, комплементарность, эвристическую состоятельность концепции разломно-блоковой тектоники земной коры, в том числе регматической планетарной сети разломов, и её конструктивность в решении региональных задач.

**Выводы.** 1. Специфика диспозиции глубоководных впадин Черного моря и глубинных разломов тектонолинеаментных зон диагональной системы, обрамляющих и «сквозных» для бассейна, морфогенетически гомологична локальным впадинам (при)сдвигового растяжения – (мега)pull-apart. Сходство обязано системному присутствию в разломных зонах существенно сдвиговых деформаций и дислокаций (типовых рисунков высокоранговых разломов), выявленных на всех масштабных уровнях. Сходство структурного плана впадин пулл-апарат, как трансенсионных «ячеек» регматической сети разломных зон, с «интерференционными» впадинами на пересечениях зон конвергентно; в принципе оно связано с наследованием доминанты растяжения в морфогенезе, а различие впадин, соответственно – (не)значительной роли компоненты сдвига в разломах фундамента.

2. Структурные рисунки в разломно-сдвиговых зонах обрамления глубоководных впадин Черного моря имеют аналоги в тектонофизических квази-2d моделях разломных

зон, корректных по условиям подобия деформации простого сдвига, что объясняет транскуррентность и природных структур. Иерархия разломно-блоковой дискретности докайнозойского фундамента и режим трансенсии стали благоприятными факторами развития и в чехле пулл-апартовых структур разного типа и масштаба, морфология и регулярность которых обязаны углам пересечения разломно-сдвиговых зон, размерам и кинематике блоков. Глубинные разломы диагональных систем накапливали напряжения, распределяли их в деформациях активизаций региона; малыми разломами создана блоковая дискретность и зигзагообразность структурного плана разломных зон.

3. Азимутальные розы-диаграммы разломов Черноморья выявляют закономерную «устойчивость» максимумов, тектонофизически обусловленную латеральную организацию групп разломов как высокопорядковых структур (при)сдвиговых зон (позиции – R, L, P; как и – T, R', L') и их комплементарность к направлениям регматической сети региона. Показано: а) инверсии, реверс знака малоамплитудных сдвиговых дислокаций в разломных зонах всех масштабов; б) конформность структурных планов разломов СВ и СЗ систем в районах их пересечения; в) «устойчивость» максимумов разломов диаграмм относительно направлений регматической сети; г) сходство диаграмм разломов бассейна и диаграмм структур моделей простого сдвига, интерпретируемое морфогенетически в свете принципиальных аналогий природных и модельных разломно-блоковых структур разломно-сдвиговых зон.

4. Особенности строения (мега)пулл-апартовых глубоководных впадин Черного моря и позиции структур второго ранга, периферийных прогибов (и валов) акватории опосредованно выражают «пилотное» и контролирующее влияние регмагенеза в «рамe» пересекающихся СЗ и СВ зон тектонолинеаментов и составляющих их транскуррентных глубинных разломов-сдвигов в режиме трансенсии. (При)сдвиговые позиции разломно-блоковых структур бассейна, локальных геологических тел, ареалов вулcano-плутонитов, «продуктов» тектономагматических активизаций вскрывают закономерное регуляторное действие ротационных факторов существенно сдвиговой малоамплитудной тектоники земной коры, а также важную роль зональных дополнительных критериев прогноза перспективных для обнаружения углеводородов зон и участков с тектонофизически определенными условиями растяжения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Е.В. Образование глубоких осадочных бассейнов вследствие фазовых переходов в нижней коре. Южно-Каспийская впадина. *Фундаментальные проблемы геотектоники*. Материалы XL Тектонич. совещ. Т.1. М.: ГЕОС, 2007. С. 21–24.
2. Артюшков Е.В. Физическая тектоника. М.: Наука, 1993. 456 с.
3. Артюшков Е.В., Шлезингер А.Е., Яншин А.Л. Механизм образования глубоководных бассейнов Средиземноморского пояса. М.: Наука, 1980. С. 10–21.
4. Архангельский А.Д., Страхов Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря. М-Л.: Изв. АН СССР, 1938. 200 с.
5. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. М.: Научный мир, 2007. 172 с.
6. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 608 с.
7. Буш В.А. Системы трансконтинентальных линеаментов Евразии. *Геотектоника*. 1983. № 3. С. 15–31.
8. Буш В.А. Трансконтинентальные линеаменты и проблемы мобилизма. *Геотектоника*. 1983. № 4. С. 14–25.
9. Викулин А.В. Тектоника плит и вращение планеты. *Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле*. Мат. докл. всеросс. конференции. Т. 2. М.: ОИФЗ АН РФ, 2016. С. 442–450.
10. Занкевич Б.А. Анализ регматических сетей разломов докембрийского фундамента Украинского щита. *Тектоніка і стратиграфія*. 2017. Вип. 44. С. 30–43.
11. Занкевич Б.А. Структурно-тектонофизические рудоконтролирующие факторы Криворожско-Кременчугской железорудной зоны УЩ. *Збірник наукових праць ІГНС НАН України «Геохімія та екологія»*. Вип. 5/6. Київ, 2002. С. 265–276.

12. *Занкевич Б.А.* Тектонические факторы и новые критерии золотого оруденения ряда зеленокаменных структур Придніпров'я. *Збірник наукових праць: Регіон-2003: Стратегія оптимального розвитку.* Харків, 2003. С. 236–238.
13. *Занкевич Б.А., Великанов Ю.Ф., Великанова О.Ю.* и др. Гранитоиды обрамления Кривбасса. 1. Геолого-структурная позиция гранитов Восточно-Анновской полосы. *Геолого-минералогічний вісник КТУ.* Кривий Ріг, 2005. № 2(14). С. 48–57.
14. *Занкевич Б.А., Мельниченко Т.А., Шафранская Н.В.* Унаследованность структурных планов С3 шельфа Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2009. № 1. С. 52–62.
15. *Занкевич Б.А., Трохименко Г.Л.* О геодинамике прогиба Сорокина – шовной зоны на стыке Восточно-Черноморской и Скифской плит. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2007. № 1. С. 35–43.
16. *Занкевич Б.А., Трохименко Г.Л.* Складки прогиба Сорокина как геодинамический индикатор сдвиговой компоненты тектонических движений. *Збірник наукових праць: Від геології до біосферології.* Київ: Обрії, 2007. С. 74–76.
17. *Занкевич Б.А., Шафранская Н.В.* Геодинамическая модель зоны газовыделения северо-западной части Черного моря. *Сб. Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь.* Мат. Всерос. конф. к 100-летию рожд. П.Н. Кропоткина. М.: 2010. С. 171–174.
18. *Занкевич Б.А., Шафранская Н.В.* Тектоническая позиция зоны газовых факелов северо-западной части Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2009. № 3. С. 35–54.
19. *Занкевич Б.О., Токовенко В.С., Трохименко Г.Л., Шафранська Н.В.* Структура і перспективи ВВ-носності валу Андрусова Чорноморської западини. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2007. № 4. С. 35–43.
20. *Занкевич Б.О., Токовенко В.С., Шафранська Н.В.* Тектонічна позиція Фороського виступу континентального схилу Чорного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2008. № 1. С. 95–105.
21. *Занкевич Б.А., Шафранская Н.В.* Закономерности латеральной диспозиции разломных зон Украинского щита: анализ картографических данных. *Тектоніка і стратиграфія.* 2012. Вип. 39. С. 9–20.
22. *Занкевич Б.О., Шафранська Н.В.* Структурно-тектоніфізичні фактори і критерії перспективності залізорудних ділянок Північного Криворіжжя. *Наукові засади геолого-економічної оцінки мінерально-сировинної бази України та світу:* тези міжнар. конф. Київ: Ніка-Центр, 2011. С. 24–26.
23. *Иванов В.Е., Ломакин И.Э.* Геологическая позиция и тектоника Ломоносовского палеовулканического массива и Форосского выступа. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2014. № 2. С. 35–51.
24. *Копп М.Л., Расцветаев Л.М.* О линеаментах, выявленных по космическим снимкам восточной части Альпийского пояса. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 1976. № 11. С. 26–35.
25. *Краснощок А.Я.* Системы разломів фундаменту і їх взаємозв'язок із структурами осадочного чохла у межах Північного Причорномор'я. *Геол. журн.* 1976. Т. 36. Вип. 5. С. 10–17.
26. *Лир Ю.В., Шакин С.С., Кистеров К.В.* Особенности развития рудомещающих трещинных структур. *Геология рудных месторождений.* 1982. № 1. С. 3–30.
27. *Ломакин И.Э., Покалюк В.В., Кочелаб В.В., Шафранская Н.В., Шураев И.Н.* Закономерности пространственной ориентировки тополинеamentных систем Северного Причорноморья. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2016. № 4. С. 86–102.
28. *Ломакин И.Э., Покалюк В.В., Шураев С.Н., Шпырко С.Г.* Тектонолинеamentные зоны восток-северо-восточного простирания и некоторые вопросы тектоники Средиземноморья. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана.* 2017. № 2. С. 68–76.
29. *Муратов М.В.* История формирования глубоководной котловины Черного моря в сравнении со впадинами Средиземного моря. *Геотектоника.* 1972. № 5. С. 22–30.
30. *Надаи А.* Пластичность и разрушение твёрдых тел. М.: Мир, 1954. Т.1. 547 с. 1969. Т. 2. 863 с.
31. *Покалюк В.В., Ломакин И.Э., Шафранская Н.В.* Черноморский бассейн как сочетание пулл-апарт структур в системе Средиземноморско-Каспийского пояса. *Тектоника современных и древних океанов и их окраин.* Мат. XLIX Тектонич. совещ. Т. 2. М: ГЕОС, 2017. С. 69–73.
32. *Покалюк В.В., Ломакин И.Э., Шураев И.Н.* Тектонолинеamentные зоны восток-северо-восточного простирания как составной элемент регматогенного разломного каркаса Балкано-Черноморского региона. *Український журнал дистанційного зондування Землі.* 2018. № 18. С. 40–52.

33. *Расцветаев Л.М.* Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. *Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов*. Часть II. М.: Изд. ГИН АН СССР, 1987. С. 173–235.
34. *Расцветаев Л.М., Тверитинова Т.Ю.* Вращение Земли и планетарные зоны скалывания, сжатия и растяжения. *Мат. Четвертой Тектонофиз. конф.* Разд. 5. Общие теоретические вопросы тектонофизики и проблемы геодинамики. М: ИФЗ РАН, 2016. Т. 2. С. 545–552.
35. *Смирнова М.Н.* Особенности деформаций в реальной среде Черного моря. *Фундаментальные проблемы геотектоники*. Мат-лы XL Тектонич. совещ.: Тез. докл. М.: ГИН РАН, 2007. С. 215–218.
36. *Соллогуб В.Б.* Литосфера Украины. Киев: Наук. думка, 1986. 184 с.
37. *Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б. и др.* Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Черного моря. *Геофиз. журн.* № 2. Т. 27. 2005. С. 195–207.
38. *Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Пашкевич И.К., Кутас Р.И., Легостаева О.В.* Геофизические неоднородности литосферы мегавпадины Черного моря. *Геофиз. журн.* № 5. Т. 32. 2010. С. 3–21.
39. *Стоянов С.С.* Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра, 1977. 144 с.
40. *Субботин С.И.* Строение земной коры впадины Черного моря, причины и схема её формирования. *Геофиз. сб. ИГ АН УССР. Строение земной коры и физические свойства горных пород*. Киев: Наук. думка, 1965. С. 3–17.
41. *Тевелев А.В.* Сдвиговая тектоника. М.: Изд-во МГУ, 2005. 254 с.
42. *Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б. и др.* Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. М: Недра, 1985. 215 с.
43. *Тяпкин К.Ф., Довбнич. М.М.* Новая ротационная гипотеза структурообразования и ее геолого-математическое обоснование. Донецк: Ноулидж, 2009. 342 с.
44. *Филатова Н.И.* Роль синсдвиговых бассейнов в системе окраинных морей запада Тихого океана. *Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики*. Мат. XLI Тектонич. совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2008. С. 370–374.
45. *Фролов В.Т., Фролова Т.И.* Происхождение Тихого океана. 2-е изд., доп. М.: МАКС Пресс, 2011. 52 с.
46. *Чекунов А.В.* Проблемы Черноморской впадины. *Геофиз. журн.* 1987. 9. № 4. С. 3–25.
47. *Шлезингер А.В.* Структура осадочного чехла Черноморского бассейна. *Проблемы тектоники земной коры*. М.: Наука, 1981. С. 237–262.
48. *Яншин А.Л., Басеянц Ш.А., Пилипенко А.И., Шлезингер А.Е.* Новые данные о времени образования глубоководной Черноморской впадины. *Докл. АН СССР*. 1980. Т. 252. № 1. С. 223–227.
49. *Atmaoui N.* Development of pull-apart basins and associated structures by the riedel shear mechanism: insight from scaled clay analogue models. Bochum, 2005. P. 94.
50. *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.
51. *Burchfiel B.C. and Stewart J.H.* «Pull-apart» origin of the central segment of Death Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*. 1966. Vol. 77. P. 439–442.
52. *Courtillot V., Tapponier P., Varet Y.* Surface features associated with transform fault: comparison between observed examples and an experimental model. *Tectonophysics*. 1974. Vol. 24. № 4. P. 317–329.
53. *Flerit F., Armijo R., King G. C. P., Meyer B. and Barka A.* Slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart determined from GPS velocity vectors. *Geophys. J. Int.* 2003. 154. P. 1–7.
54. *Gradinaru E.* Jurassic sedimentary rocks and bimodal volcanics of the Cijelari-Camena outcrop belt: evidence for a transverse regime of the Peceneaga-Camena fault. *St. cerc. geol., geofiz., geogr.* Bucuresti, 1988. Vol. 33. P. 97–121.
55. *Gürbüz A.* Geometric characteristics of pull-apart basins. *LITHOSPHERE*. 2010. Vol. 2. N. 3. P. 199–206.
56. *Lallemant S, Laurent J.* Japan Sea: a pull-apart basin? *Earth and Planetary Science Letters*, 76 (1985/86) P. 375–389.
57. *Mann P., Hempton M.R., Bradley D.C. and Burke K.* Development of pull-apart basins. *The Journal of Geology*. 1983. Vol. 91. P. 529–554.

58. Nikishin A. M., Okay A., Tüysüz O., Demirer A., Wannier M. et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: Tectonic history and paleogeography *Marine and Petroleum Geology*. 2014. Vol. 30. P. 1–15.
59. Price N.J. Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock. Pergamon Press, Oxford, 1966. 186 p.
60. Robinson A.G. (Ed.). Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. *Memoir 68. American Association of Petroleum Geologists*. 1997. 385 p.
61. Rusakov O.M., Pashkevich I.K. The decisive role of the crystalline crust faults in the Black Sea opening. *Geofiz. Zhurnal*. 2017. Vol. 39. No. 1. P. 3–16.
62. Schreurs G., Colletta B. Analogue modelling of faulting in zones of continental transpression and transtension. In: Holdsworth, R.E., Strachan, R.A., Dewey, J.F. (Eds.). *Continental Transpressional and Transtensional Tectonics*. Geological Society of London Special Publication. 1998. 135. P. 59–79.
63. Sagan M., Wu J.E.L., McClay K. 3d analogue modelling of transtensional pull-apart basins: comparison with the Cinarik basin, Sea of Marmara, Turkey. *Boll. di Geofisica Teorica ed Applicata*. Vol. 55. N. 4. December 2014. P. 699–716.

#### REFERENCES

1. Artyushkov E.V. 2007. The formation of deep sedimentary basins due to phase transitions in the lower crust. South Caspian Depression. Fundamental problems of geotectonics. Materials XL Tectonic. conference. Vol. 1. GEOS, Moscow, p. 21–24. – in Russian
2. Artyushkov E.V. 1993. Physical tectonics. *Nauka*, Moscow, 456 p. – in Russian
3. Artyushkov E.V., Schlesinger A.E., Yanshin A.L. 1980. The mechanism of formation of deep-sea basins of the Mediterranean belt. *Nauka*, Moscow, p. 10–21. – in Russian
4. Arkhangelsky A.D., Strakhov N.M. 1938. Geological structure and history of the Black Sea. Proceedings of the USSR Academy of Sciences, Moscow-Saint Petersburg, 200 p. – in Russian
5. Afanasev A.P., Nikishin A.M., Obukhov A.N. 2007. Geological structure and hydrocarbon potential of the East Black Sea region. *Nauchnyy mir*, Moscow, 172 p. – in Russian
6. Belousov V.V. 1962. The main issues of geotectonics. *Gosgeoltekhizdat*, Moscow, 608 p. – in Russian
7. Bush V.A. 1983. Transcontinental lineament systems of Eurasia. *Geotectonics*. No. 3, p. 15–31. – in Russian
8. Bush V.A. 1983. Transcontinental lineaments and the problems of the mobilizm. *Geotectonics*. No. 4, p. 14–25. – in Russian
9. Vikulin A.V. 2016. Plate tectonics and planet rotation. Tectonophysics and current issues of Earth sciences. Mat. doc. All-Russian conferences. Vol. 2. *OIFZ AN of the Russian Federation*, Moscow, p. 442–450. – in Russian
10. Zankevich B.A. 2017. An analysis of the reghmatic fault networks of the Precambrian foundation of the Ukrainian shield. *Tectonics and stratigraphy*. Iss. 44, p. 30–43. – in Russian
11. Zankevich B.A. 2002. Structural-tectonophysical ore-controlling factors of the Krivoy Rog-Kremenchug iron ore zone of Ukrainian shield. *Geochemistry and ecology*. Iss. 5/6. *IGNS NAS of Ukraine*, Kiev, p. 265–276. – in Russian
12. Zankevich B.A. 2003. Tectonic factors and new criteria for gold mineralization of a number of Prydniprovia greenstone structures. Collection of scientific papers: Region-2003: Strategy for optimal development. Kharkiv, p. 236–238. – in Russian
13. Zankevich B.A., Velikanov Yu.F., Velikanova O.Yu. and others. 2005. Granitoids of the frame of Krivbass. 1. The geological and structural position of the granites of the East Annovo strip. *Geological and Mineralogical News of KTU*. No. 2 (14). Kriviy Rig, p. 48–57. – in Russian
14. Zankevich B.A., Melnichenko T.A., Shafranskaya N.V. 2009. Inheritance of structural plans of the NW shelf of the Black Sea. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 1, p. 52–62. – in Russian
15. Zankevich B.A., Trohimenko G.L. 2007. On the geodynamics of the deflection of Sorokin, a suture zone at the junction of the East Black Sea and Scythian plates. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 1, p. 35–43. – in Russian
16. Zankevich B.A., Trokhimenko G.L. 2007. Folds of the Sorokin deflection as a geodynamic indicator of the shear component of tectonic movements. Collection of scientific papers: From geology to biospherology. «*Obrii*», Kiev, p. 74–76. – in Russian
17. Zankevich B.A., Shafranskaya N.V. 2010. Geodynamic model of the gas evolution zone of the northwestern part of the Black Sea. Earth degassing: geotectonics, geodynamics, geofluids; oil and gas; hydrocarbons and life. Conference materials to the 100-th anniversary of birth P.N. Kropotkin. Moscow, p. 171–174. – in Russian

18. Zankevich B.A., Shafranskaya N.V. 2009. The tectonic position of the gas flare zone of the northwestern Black Sea. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 3, p. 35–54. – in Russian
19. Zankevich B.A., Tokovenko V.S., Trohimenko G.L., Shafranska N.V. 2007. The structure and prospects of hydrocarbons of the Andrusov rise of the Black Sea basin. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 4, p. 35–43. – in Ukrainian
20. Zankevich B.A., Tokovenko V.S., Shafranskaya N.V. 2008. Tectonic position of the Foros ledge of the continental slope of the Black Sea. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 1, p. 95–105. – in Ukrainian
21. Zankevich B.A., Shafranskaya N.V. 2012. Patterns of lateral disposition of fault zones of the Ukrainian shield: analysis of cartographic data. *Tectonics and stratigraphy*. Iss. 39, p. 9–20. – in Russian
22. Zankevich B.A., Shafranskaya N.V. 2011. Structural and tectonophysical factors and criteria of prospects of iron ore sections of Northern Kryvyi Rih. *Scientific principles of geological and economic assessment of the mineral resource base of Ukraine and the world: abstracts intern. conf. Nika-Center, Kiev*, p. 24–26. – in Ukrainian
23. Ivanov V.E., Lomakin I.E. 2014. Geological position and tectonics of the Lomonosov paleovolcanic massif and Foros ledge. *Geology and mineral resources of the world ocean*. No. 2, p. 35–51. – in Russian
24. Kopp M.L., Rastzvetaev L.M. 1976. About lineaments revealed by satellite images of the eastern part of the Alpine belt. *News of higher educational institutions. Geology and exploration*. No. 11, p. 26–35. – in Russian
25. Krasnoshchok A.Ya. 1976. Foundation fracture systems and their relationship with sedimentary cover structures within the Northern Black Sea Coast. *Geol. magazine*. Vol. 36. No. 5, p. 10–17. – in Ukrainian
26. Lear Yu.V., Shakin S.S., Kisterov K.V. 1982. Features of the development of ore-bearing fracture structures. *Geology of ore deposits*. No. 1, p. 3–30. – in Russian
27. Lomakin I.E., Pokalyuk V.V., Kochelab V.V., Shafranskaya N.V., Shuraev I.N. 2016. Consistent patterns of the spatial orientation of topolineament systems in the northern preblack sea region. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. No. 4, p. 86–102. – in Russian
28. Lomakin I.E., Pokalyuk V.V., Shuraev S.N., Shpyrko S.G. 2017. Tectonolineament zones of east-north east trending and selected problems of mediterranean tectonics. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. No. 2, p. 68–76. – in Russian
29. Muratov M.V. 1972. The history of the formation of the deep sea basin of the Black Sea in comparison with the hollows of the Mediterranean Sea. *Geotectonics*. No. 5, p. 22–30. – in Russian
30. Nadai A. 1954. Plasticity and destruction of solids. Vol.1. «Mir», Moscow, 547 p. 1969. Vol. 2. 863 p. – in Russian
31. Pokalyuk V.V., Lomakin I.E., Shafranskaya N.V. 2017. The Black Sea basin as a combination of pull-apart structures in the system of the Mediterranean-Caspian belt. *Tectonics of modern and ancient oceans and their outskirts*. Mat. XLIX Tectonic conference. V. 2. GEOS, Moscow, p. 69–73. – in Russian
32. Pokalyuk V.V., Lomakin I.E., Shuraev I.N. 2018. Tectonolineament zones of east-north-east trending as constituent element of rhegmatogenic fault network of the Balkan-Black sea region. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*. No. 18, p. 40–52. – in Russian
33. Rastzvetaev L.M. 1987. Paragenetic method of structural analysis of disjunctive tectonic disturbances. *Problems of structural geology and physics of tectonic processes*. Part II. Publishing. GIN AS SSSR, Moscow, p. 173–235. – in Russian
34. Rastzvetaev, L.M., Tveritina T.Yu. 2016. Earth's rotation and planetary fractures, compression and extension zones. *Mat. Fourth Tectonophysics. conf. Sec. 5. General theoretical issues of tectonophysics and problems of geodynamics*. Vol. 2. IFZ RAS, Moscow, p. 545–552. – in Russian
35. Smirnova M.N. 2007. Features of deformations in the real environment of the Black Sea. *Fundamental problems of geotectonics*. Materials XL Tectonic. conference. Abstract. doc. GIN RAS, Moscow, p. 215–218. – in Russian
36. Sologub V.B. 1986. Lithosphere of Ukraine. *Nauk. Dumka, Kiev*, 184 p. – in Russian
37. Starostenko V.I., Pashkevich I.K., Makarenko I.B., and others. 2005. Fault tectonics of the consolidated crust of the northwestern shelf of the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal*. Vol. 27. No. 2, p. 195–207. – in Russian
38. Starostenko V.I., Makarenko I.B., Rusakov O.M., Pashkevich I.K., Kutas R.I., Legostaeva O.V. 2010. Geophysical heterogeneity of the lithosphere of the megabasin of the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal* Vol. 32. No. 5, p. 3–21. – in Russian
39. Stoyanov S.S. 1977. The mechanism of formation of discontinuous zones. *Nedra, Moscow*, 144 p. – in Russian
40. Subbotin S.I. 1965. The structure of the earth's crust of the Black Sea basin, the reasons and the scheme of its formation. *Geofizicheskiy sbornik IG Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. The structure of the earth's crust and the physical properties of rocks*. *Nauk. Dumka, Kiev*, p. 3–17. – in Russian
41. Tevelev A.V. 2005. Shear tectonics. *Publishing House of Moscow State University*, 254 p. – in Russian

42. *Tugolesov D.A., Gorshkov A.S., Meissner L.B., and others.* 1985. Tectonics of the Meso-Cenozoic sediments of the Black Sea basin. *Nedra, Moscow*, 215 p. – in Russian
43. *Tyapkin K.F., Dovbnich. M.M.* 2009. New rotational hypothesis of structure formation and its geological and mathematical justification. *Knowledge, Donetsk*, 342 p. – in Russian
44. *Filatova N.I.* 2008. The role of sync-shear basins in the system of marginal seas of the west of the Pacific Ocean. General and regional problems of tectonics and geodynamics. Mat. XLI Tectonic conference. Vol. 2. *GEOS, Moscow*, p. 370–374. – in Russian
45. *Frolov V.T., Frolova T.I.* 2011. The origin of the Pacific. 2nd ed. *MAKS Press, Moscow*, 52.p. – in Russian
46. *Chekunov A.V.* 1987. Problems of the Black Sea Depression. *Geofizicheskiy Zhurnal*. No. 4, p. 3–25. – in Russian
47. *Schlesinger A.V.* 1981. The structure of the sedimentary cover of the Black Sea basin. Problems of tectonics of the earth's crust. *Nauka, Moscow*, p. 237–262. – in Russian
48. *Yanshin A.L., Basenyants Sh.A., Pilipenko A.I., Schlesinger A.E.* 1980. New data on the time of formation of the deep-sea Black Sea basin. Doc. USSR Academy of Sciences. Vol. 252. No. 1, p. 223–227. – in Russian
49. *Atmaoui N.* 2005. Development of pull-apart basins and associated structures by the riedel shear mechanism: insight from scaled clay analogue models. *Bochum*, p. 94. – in English
50. *Aydin A., Nur A.* 1985. The types and role of stepovers in strike-slip tectonics. *Soc. Econom. Paleontol. and Miner. Spec. Publ.* Vol. 37, p. 35–44. – in English
51. *Burchfiel B.C., and Stewart J.H.* 1966. «Pull-apart» origin of the central segment of Death Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 77, p. 439–442. – in English
52. *Courtillot V., Tapponier P., Varet Y.* 1974. Surface features associated with transform fault: comparison between observed examples and an experimental model. *Tectonophysics*. Vol. 24. No. 4, p. 317–329. – in English
53. *Flerit F., Armijo R., King G. C. P., Meyer B. and Barka A.* 2003. Slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart determined from GPS velocity vectors. *Geophys. J. Int.* 154, p. 1–7. – in English
54. *Gradinaru E.* 1988. Jurassic sedimentary rocks and bimodal volcanics of the Cîrjelari-Camena outcrop belt: evidence for a transtensional regime of the Peceneaga-Camena fault. *St. cerc. geol., geofiz., geogr.* Bucuresti, Vol. 33, p. 97–121. – in English
55. *Gürbüz A.* 2010. Geometric characteristics of pull-apart basins. *LITHOSPHERE*. Vol. 2. No. 3, p. 199–206. – in English
56. *Lallemant S, Laurent J.* 1985/86. Japan Sea: a pull-apart basin? *Earth and Planetary Science Letters*, 76, p. 375–389. – in English
57. *Mann P., Hempton M.R., Bradley D.C., and Burke K.* 1983. Development of pull-apart basins. *The Journal of Geology*. Vol. 91, p. 529–554. – in English
58. *Nikishin A. M., Okay A., Tüysüz O., Demirel A., Wannier M. et al.* 2014. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: Tectonic history and paleogeography. *Marine and Petroleum Geology*. Vol. 30, p. 1–15. – in English
59. *Price N.J.* 1966. Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock. *Pergamon Press, Oxford*, 186 p. – in English
60. *Robinson A.G. (Ed.).* 1997. Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. *Memoir 68. American Association of Petroleum Geologists*, 385 p. – in English
61. *Rusakov O.M., Pashkevich I.K.* 2017. The decisive role of the crystalline crust faults in the Black Sea opening. *Geofizicheskiy Zhurnal*. Vol. 39. No. 1, p. 3–16. – in English
62. *Schreurs G., Colletta B.* 1998. Analogue modelling of faulting in zones of continental transpression and transtension. In: Holdsworth, R.E., Strachan, R.A., Dewey, J.F. (Eds.). *Continental Transpressional and Transtensional Tectonics*. Geological Society of London Special Publication. 135, p. 59–79. – in English
63. *Sugan M., Wu J.E.L., McClay K.* 2014. 3d analogue modelling of transtensional pull-apart basins: comparison with the Cinarik basin, Sea of Marmara, Turkey. *Boll. di Geofisica Teorica ed Applicata*. Vol. 55. No. 4, p. 699–716. – in English

**B.A. Zankevich, V.V. Pokalyuk**

### **ABOUT THE STRUCTURE OF THE BLACK SEA BASIN AS A HIERARCHICAL SYSTEM OF MEGAPULL-APART**

The article presents the geological and structural argumentation of the morphogenesis of the hollows and troughs of the Black Sea as multi-rank pull-apart areas of the intersection of trans-regional NW and ENE tectonic lineaments. The ensemble of geostructures of the Black Sea (deep-water depressions, fault zones, peripheral troughs and uplifts)

seems to be derived from substantially shear deformations and low-amplitude dislocations of the zones of transregional and transcontinental lineaments. Structural patterns, known for models of the simple shear, were also revealed in the zones of dynamic influence of faults, limiting depressions. Their structural positions are shown against the background of the intersection of fault zones NW and NE lineament systems, as regional elements of the reghmatic global network. An analysis of the hierarchy of the structures of the fault-block plan of the Black Sea basin reveals morphogenetic analogies for depressions and troughs with (mega)pull-apart structures and models. The structural features of the (mega)pull-apart deep-sea basins of the Black Sea and the position of second-rank structures, peripheral troughs (and shafts) of the water area indirectly express the "pilot" and controlling effect of reghmagenesis in the "frame" of intersecting northwestern and northeastern zones of tectonic lineaments and their transcurrent deep faults-shifts in the transtensia mode. (At)shear positions of fault-block structures of the basin, local geological bodies, areas of volcanic-plutonites, "products" of tectono-magmatic activations, reveal the regular regulatory action of rotational factors of substantially shear low-amplitude tectonics of the earth's crust, as well as the important role of zonal criteria for hydrocarbon zones and areas with tectonophysically defined tensile conditions.

*Key words:* Black Sea basin, lineaments, pull-apart structures, fault network, fault-block tectonics, shear tectonics.

**Б.О. Занкевич, В.В. Покалюк**  
**ПРО СТРУКТУРУ ЧОРНОМОРСЬКОГО БАСЕЙНУ ЯК ІЄРАРХІЧНУ СИСТЕМУ МЕГАПУЛ-АПАРТІВ**

У статті наведено геолого-структурну аргументацію морфогенезу западин і прогинів Чорного моря як різнорангових пул-апаратів області перетину трансрегіональних ПЗ і СПС тектонолінеаментів. Ансамбль структур Чорного моря (глибоководних западин, розломних зон, периферійних прогинів і підняттяв) представлений як похідне істотно зсувних деформацій і малоамплітудних дислокацій зон трансрегіональних тектонолінеаментів. Структурні малюнки, відомі для моделей простого зсуву, виявлено в зонах динамічного впливу розломів, що обмежують чорноморські западини. Структурні позиції западин показано на тлі перетину розломних зон у системах північно-західних і північно-східних тектонолінеаментів як регіональних елементів регматичної глобальної мережі. Аналіз впорядкованих сукупностей розломно-блокових структур у плані басейну за аналогією з моделями (мега)pull-apart виявляє ієрархічні, (пара)генетичні і успадковані зв'язки у морфогенезі западин, прогинів і підняттяв Чорного моря. Особливості будови (мега) пул-апаративих глибоководних западин Чорного моря й позиції структур другого рангу, периферійних прогинів (і валів) акваторії опосередковано виражають «пілотний» і контролівний вплив регмагенезу в «рамі» пересічних ПЗ і ПС зон тектонолінеаментів і складників їхніх транскурентних глибинних розломів-зсувів у режимі транстенсії. (При)зсувні позиції розломно-блокових структур басейну, локальних геологічних тіл, ареалів вулканоплутонітів, «продуктів» тектономагматичних активізацій розкривають закономірну регуляторну дію ротаційних чинників істотно зсувної малоамплітудної тектоніки земної кори, а також важливу роль зональних додаткових критеріїв прогнозування потенційних зон вуглеводнів і ділянок з тектонофізичними умовами розтягування.

*Ключові слова:* Чорноморський басейн, тектонолінеаменти, pull-apart, планетарна розломна мережа, розломно-блокова тектоніка, зсувна тектоніка.

Занкевич Борис Олександрович

E-mail: bazankevich@i.ua

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

Покалюк Володимир Васильович

E-mail: pvskan@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-9282-0246>

Стаття надійшла: 19.12.2019