

УНАСЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПЛАНОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЁРНОГО МОРЯ

Проведен структурно-парагенетический анализ разломной сети СЗ шельфа Чёрного моря для отдельных структурных этажей и ярусов: от AR-PR фундамента и до Mz-Kz чехла включительно, по современным картографическим материалам. Установлено, что структурные планы фанерозойского чехла наследуют основные направления (СЗ и субширотное) разломных зон фундамента, обрамляющих юго-западный угол ВЕП. Структурные рисунки разломов сети на всех глубинных уровнях являются кинематически комплементарными, производными от сдвиговых дислокаций основных региональных зон глубинных разломов.

Введение

Геолого-тектоническая позиция северо-западного (СЗ) шельфа Чёрного моря и особенности его разломно-блокового строения определяются границей глобальных структур: докембрийской ВЕП и альпийского Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса. Субширотное направление структур преобладает в AR-PR фундаменте и Mz-Kz чехле этого района. Оно представлено зонами субширотных крупных разломов, трассирующих южный край ВЕП и наложенный альпийский Одесско-Каркинитский грабен, а южнее – конформными разломами Скифской плиты, Змеино-Кикийского выступа, Вала Губкина, Краевой ступени и др. Субширотные разломы в совокупности с другими определяют в плане чешуйчато/линейно-блоковый структурный ансамбль района, а в разрезе чехла – значительный, измеряемый километрами, вертикальный размах горстов/поднятий/выступов и опущенных грабен-синклиналичных блоков. Северо-западное направление (аз. пр. разломов 320° – 330°) представлено преимущественно зоной Одесского глубинного разлома. В Mz-Kz породах чехла прослежены менее крупные разломы субмеридиональных направлений, вероятно, как унаследованные фрагменты субмеридиональных зон докембрийского фундамента. В качестве активизированных поперечных разломов они усложняют и ограничивают по простирацию отдельные горсты, грабен-синклинали шельфа и террасы/ступени материкового склона.

Актуальность исследования разломов разновозрастных структурных этажей (докембрийского фундамента и фанерозойского чехла) обусловлена потребностями интенсификации разведочных работ на перспективных структурах/ловушках УВ в породах чехла СЗ шельфа Чёрного моря. Цель статьи – выявление общих, латеральных закономерностей разломной сети, характеристика на региональном масштабном уровне тектонических, геодинамических механизмов разломообразования и унаследования разломов.

Объект исследования – разломные зоны, отдельные разломы (точнее, их картографические изображения, по исходным современным геолого-геофизическим материалам м-ба 1:200000) СЗ шельфа. Предмет исследования в статье –

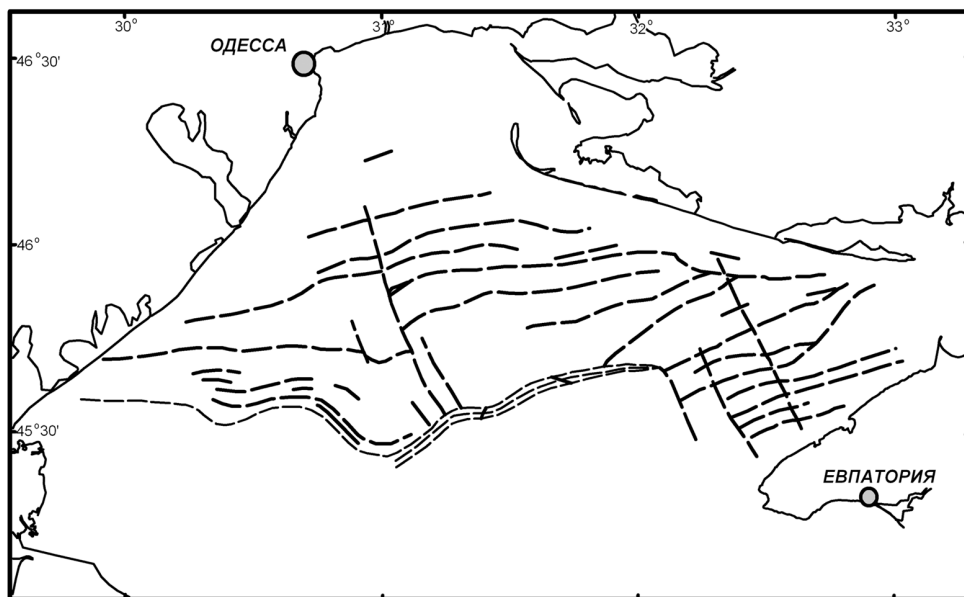


Рис. 1. Карта-схема разломов архей-протерозойского фундамента СЗ шельфа Черного моря по «Структурній карті поверхні архей-протерозойського фундаменту» (с сокращениями). М-б 1: 200000, «Одесморгеологія», А.Ф. Коморний, 2004 г. Разломы показаны штриховыми линиями

простираение разломных зон, отдельных разломов; их латеральная морфология и сочетания (структурные рисунки в плане), угловые соотношения выявленных пространственных групп разломов.

Характерные структурные рисунки разломных сетей (точнее, геолого-исторические структурные ансамбли) СЗ шельфа Черного моря рассматриваются согласно новейшим геолого-геофизическим материалам по картам разных авторов. На рис. 1 показаны разломы района по поверхности AR-PR фундамента. Разломная сеть верхнего, фанерозойского структурного этажа анализировалась для отдельных глубинных уровней/структурных ярусов геологического разреза района также по геолого-геофизическим картам м-ба 1:200 000.

Глубинные уровни фанерозойского структурного этажа представлены поверхностями комплексов: карбонатного $S - D_1$, карбонатно-терригенного D_2 , терригенного J_3 и подошвой терригенного комплекса K_2s . Эти структурно-вещественные комплексы на данной стадии изученности района могут быть условно названы «структурными ярусами». Термин используется нами для вскрытых бурением, закартированных структурно-вещественных комплексов фанерозойского чехла СЗ шельфа, неразрывно связанных либо общим седиментационным циклом, либо – пространственно, но не разделенных еще стратиграфически и структурно. Разумеется, стратиграфический объем структурных ярусов, их литологическое наполнение, да и само их количество будут еще уточняться в дальнейшем. Разломные сети этих условно выделенных структурных ярусов представляются далее только на круговых диаграммах.

Разломная сеть AR-PR фундамента района/«консолидированной коры», по [3], показана на рис. 2. Видны разломно-блоковое строение фундамента, распро-

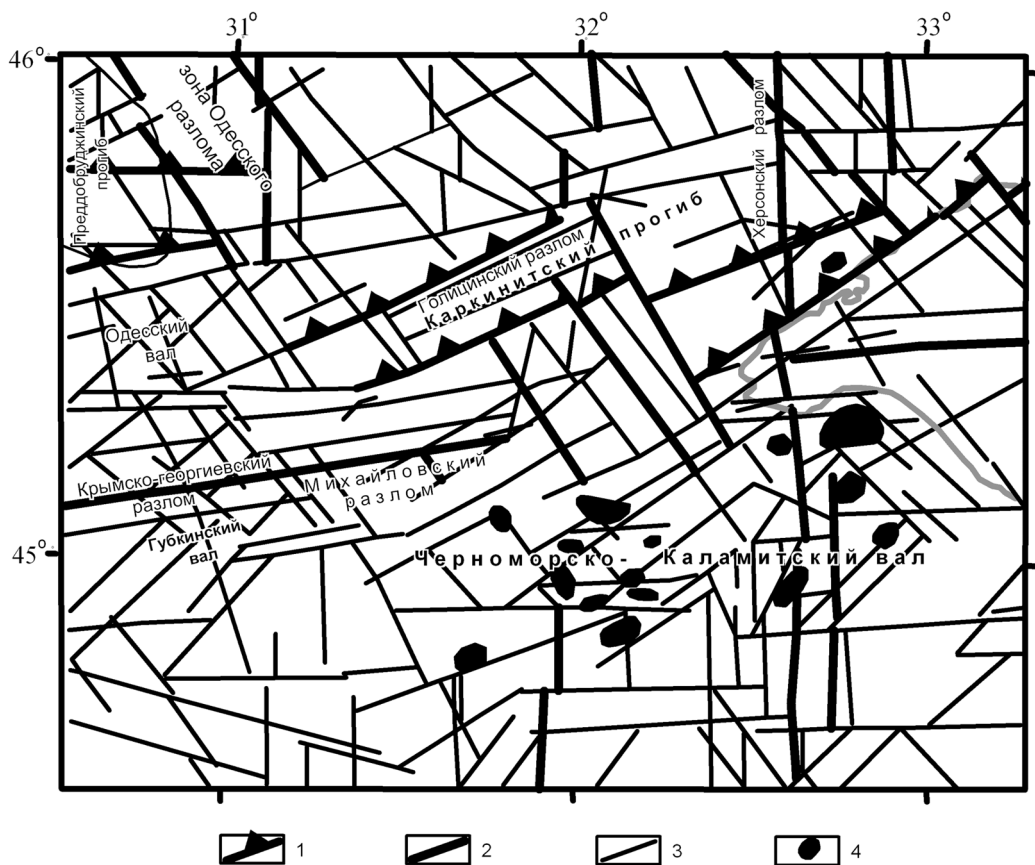


Рис. 2. Схема разломов архей-протерозойского фундамента СЗ шельфа Черного моря по [3] с сокращением

1 – зона смены структурного плана на границе ВЕП; 2, 3 – разломы; 4 – магнитные аномалии над юрскими интрузиями основного состава

страненность разломов разных направлений, сдвиговые смещения фрагментов разломов, блоков и зон.

Известны также и другие региональные карты-схемы разломной тектоники для СЗ шельфа Черного моря разных авторских коллективов. В целях интересубъективного сопоставления таких структурно-тектонических построений (карт и схем) нами использована, в частности, и «Структурно-тектонічна карта Азово-Чорноморського регіону» [6]. По данным этой карты также построена диаграмма простираний разломов, которая сопоставляется далее по тексту с соответствующими диаграммами, построенными по всем упомянутым новейшим картам глубинных уровней чехла СЗ шельфа.

Концепция и методы исследования

Широкая распространенность разломно-блоковых структур и сдвиговых дислокаций в регионе определила методологию исследования – структурно-парагенетический анализ разломов в рамках концепции разломно-блоковой (сдвиговой, малоамплитудной) тектоники. Использование статистического варианта структурно-парагенетического анализа [1] связано с необходимостью нахождения про-

странственных закономерностей разломной сети, и – выявления региональных механизмов её образования.

Геометрический подход к разломам, конечно, не может обеспечить всех ответов по генетическим, геодинамическим аспектам исследования. Поэтому еще на ранней стадии анализа привлекаются доступные геолого-геофизические материалы по разломам СЗ шельфа Чёрного моря, которые используются в качестве дополнительных при интерпретации диаграмм.

Методы – трехстадийный структурно-парагенетический анализ [5] картографических материалов СЗ шельфа, в статистическом варианте метода с использованием круговых (роз-) диаграмм [4]. Каждая из стадий структурно-парагенетического анализа имеет свои приоритеты:

1. Морфологическая стадия анализа. Рассмотрение структурных рисунков разломов на известных структурных этажах, выявление латеральной сдвиговой и вертикальной сбросовой компонент кинематики разломов по картографическим материалам.

2. Парагенетическая стадия. Выявление пространственных групп разломов (латеральные статистически обоснованные группы на азимутальных диаграммах).

3. Геомеханическая стадия, стадия интерпретации (кинематической, геодинамической). Сопоставление эмпирических структурных диаграмм с соответствующими модельными („эталонными“) диаграммами (рис. 3) вторичных разломов

сдвиговых зон адекватных моделей [4].

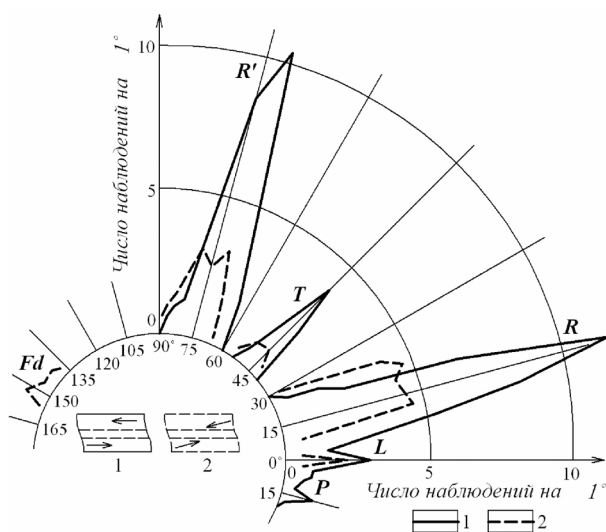


Рис. 3. Диаграмма вторичных структур в тектонофизических моделях сдвиговых зон по [4]

1 – в случае простого сдвига; 2 – в случае сложного сдвига, с наложенным поперечным сжатием. R', T, R, L, P – парагенетические группы вторичных разрывов модели; Fd – оси складок. R' – «антигетические» разломы противоположного смещения – знака сдвига относительно структурообразующего сдвига; T, R, L, P – «синтетические» разломы, такого же знака смещения, как и основной сдвиг

В нашем случае, на парагенетической стадии осуществляется построение азимутальных диаграмм разломов территории исследований (эмпирических диаграмм) [8], которые впоследствии сравниваются с диаграммами тектонофизических моделей разломообразования. В качестве моделей-аналогов, корректных для сопоставления с (суб)региональными структурами, используются плоские модели вторичного структурообразования сдвиговых зон [4].

Интерпретация методически сводится к «распознаванию» всех максимумов нашей диаграммы путем наложения эталонной диаграммы-палетки, так как в общем случае суммарная эмпирическая выборка (исторический структурный ансамбль разломов) является комбинацией разновозрастных структурных парагене-

зисов/эталонных выборок разной представительности. В связи со слабой контрастностью второстепенных максимумов построенных диаграмм, в них использовалась логарифмическая шкала, в нашем случае более удобная при сопоставлениях с эталонной диаграммой [8].

Интерпретация диаграмм несколько усложняется пересечением направлений главных разломов-сдвигов. Поэтому целесообразным оказывается неоднократное (с «инверсиями») совмещение линии сдвига палетки с разными предполагаемыми направлениями структурообразующих региональных разломов-сдвигов на эмпирических диаграммах.

На наших диаграммах простираения разломов (ДПР) (рис. 4–8, 10, 11) разломы группируются в два главных направления – субширотное и СЗ. Остальные

направления разломов на диаграммах интерпретируются нами в качестве вторичных, производных от региональных сдвиговых смещений (деформаций, дислокаций) по разломным зонам главных направ-

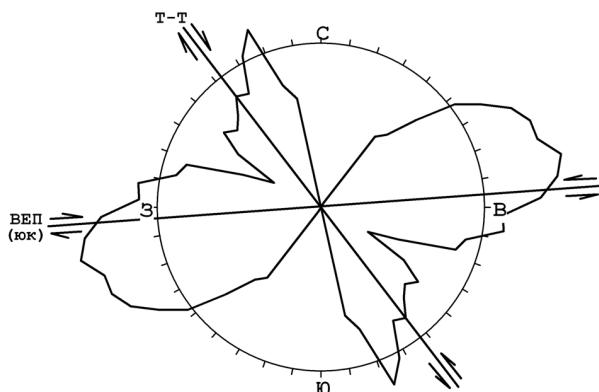


Рис. 4. ДПР AR-PR структурного этажа по поверхности метаморфических пород фундамента ВЕП (lg шкала, 5° классы)

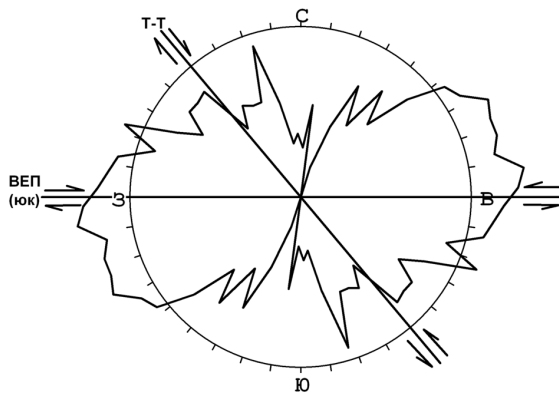


Рис. 5. ДПР каледонского структурного яруса по поверхности комплекса карбонатов нижнего палеозоя (S-D₁) (lg шкала, 5° классы)

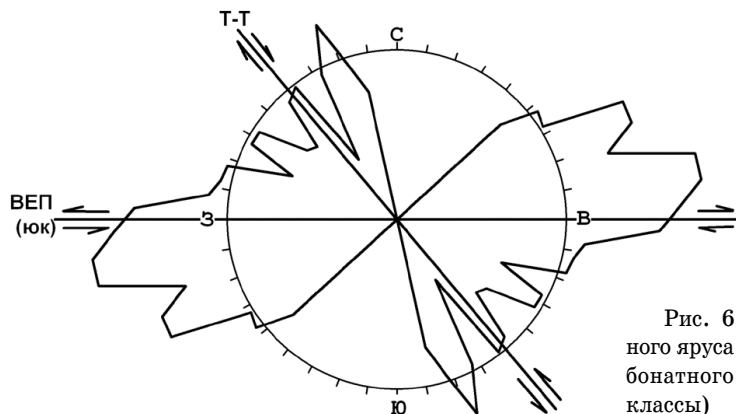


Рис. 6. ДПР каледонского структурного яруса по поверхности терригенно-карбонатного комплекса D₂ (lg шкала, 5° классы)

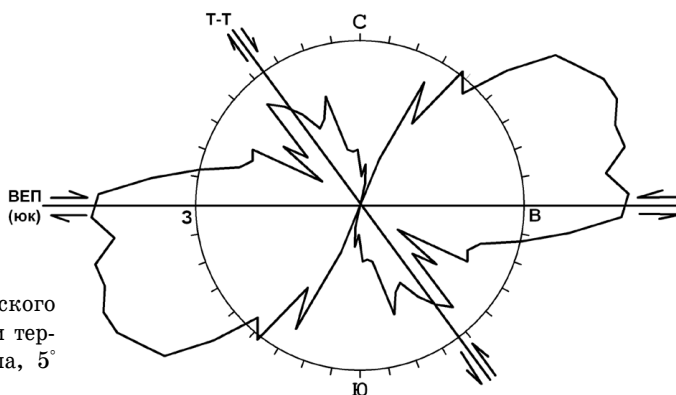


Рис. 7. ДПР нижнекимерийского структурного яруса по поверхности терригенного комплекса J_3 (lg шкала, 5° классы)

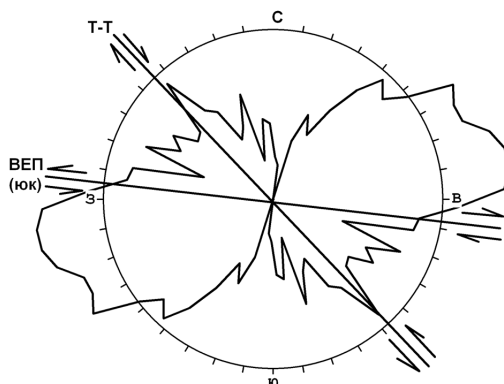


Рис. 8. ДПР верхнекимерийского структурного яруса по подошве терригенного комплекса сеноманского яруса - K_2s (lg шкала, 5° классы)

лений. Трактовка образования разломов фундамента с участием сдвиговой компоненты, а затем и фрагментарного унаследования их в чехле при фанерозойских активизациях глубинных разломов, согласуется со всей аргументацией, приведенной в статье.

Результаты и их обсуждение. Диаграмма рис. 4 построена по данным карты разломной тектоники AR-PR структурного этажа – поверхности фундамента СЗ шельфа Черного моря (см. рис. 1). Два обобщенных максимума (СЗ и субширотный) нашей диаграммы хорошо диагностируются в качестве структурообразующих направлений района, благодаря совпадению мелких, сателлитных пиков с пространственно-генетическими группами вторичных разломов эталонной диаграммы (см. рис. 3). По аналогии с диаграммой, генезис сети разломов района объясняется суммой вторичных разломов, исторически образованных инверсиями сдвиговых дислокаций/деформаций главных разломных зон – СЗ и субширотного направлений. В районе СЗ шельфа превалируют системы субпараллельных разломов фундамента (прежде всего, это субширотная система), определяющие неравномерно-ступенчатое погружение юго-западного края ВЕП.

Диаграмма рис. 5 построена по данным карт структурного яруса (байкальско-каледонского?), включающего все до- и нижнедевонские отложения существенно карбонатного комплекса осадочного чехла СЗ шельфа. На розах-диаграммах разломов уверенно диагностируются также два направления: СЗ и субширотное. В качестве главных структурообразующих направлений они наследуют архей-протерозойские разломы, имевшие сдвиговую компоненту и на этапах кале-

донской активизации (см. рис. 4). Остальные максимумы диаграммы интерпретируются как группы вторичных разломов, производные от таких региональных сдвиговых дислокаций/деформаций этапов активизации. Дополнительные, относительно предыдущей диаграммы (см. рис. 4), (суб)меридиональные максимумы интерпретируются, в частности, как Т-, и R'-разломы, производные от региональных правосдвиговых дислокаций СЗ направления – зоны Одесского глубинного разлома фундамента. (Второй вариант интерпретации – это производные R'-разломы, этапов право- и левосдвиговых региональных дислокаций субширотного направления/разломных зон южного края ВЕП.) Однако, при любом варианте эти максимумы комплементарны (но в разном тектонофизическом статусе) к главным структурообразующим направлениям главных разломных зон территории СЗ шельфа.

Для каледонского структурного яруса и по данным структурной карты поверхности терригенно-карбонатного комплекса нижнего палеозоя также построена другая роза-диаграмма разломов (рис. 6). Интерпретация её в принципе не отличается от предыдущей диаграммы (см. рис. 5). Главным сходством в них являются те же региональные направления, СЗ и субширотное, основных разломов-сдвигов, которые служат структурообразующими и для пород вышележащего терригенно-карбонатного комплекса. Таким образом, основной критерий интерпретации – сходство угловых расстояний между максимумами нашей, эмпирической и эталонной диаграмм, выдерживается и в этом случае.

При сравнении диаграмм (см. рис. 4, 5, 6) заметно сходство максимумов/главных направлений разломов, их унаследованность от структурного плана докембрийского фундамента шельфа и их структурообразующая роль для второстепенных разломов чехла. Последние, наследуя направления докембрийской разломной сети, отвечают и сдвиговой компоненте каледонской активизации.

Северо-западное направление (аз. пр. разломов 320° – 330°) представлено в районе преимущественно зоной Одесского глубинного разлома. Она трассирует здесь ступень ЮЗ края ВЕП, в целом продолжая к юго-востоку направление «линии Тейсейра-Торнквиста» кулисообразно смещенными фрагментами разломов. Такие СЗ и субмеридиональные максимумы эмпирических диаграмм представлены разломами чехла, вероятно, унаследующими элементы зон докембрийского фундамента. На стадиях активизации разломно-блоковой тектоники фундамента субмеридиональные поперечные разломы усложняют и ограничивают по простиранию отдельные горсты, грабен-синклинали в породах чехла СЗ шельфа. Субширотное направление разломов доминирует в фундаменте и чехле; оно трассирует ступенчатое погружение южного края ВЕП.

Как видим, в диаграммах структурных ярусов чехла представлены максимумы –формировались только разломы, обусловленные сдвиговой компонентой региональных деформаций главных разломных зон. (Геодинамически это возможно в периоды тектонических активизаций блоковой структуры ВЕП и, в частности – УЩ, с тенденцией к вращательным сдвигам блоков.) Унаследование направлений разломов (но не всегда – кинематики) происходит частично и фрагментарно, статистически подчиняясь – в аналогиях диаграмм – сдвиговой компоненте региональных деформаций. Такой, «селективный» механизм реализации вторичных парагенезов типичен для умеренно неоднородных сред структурообразования [5].

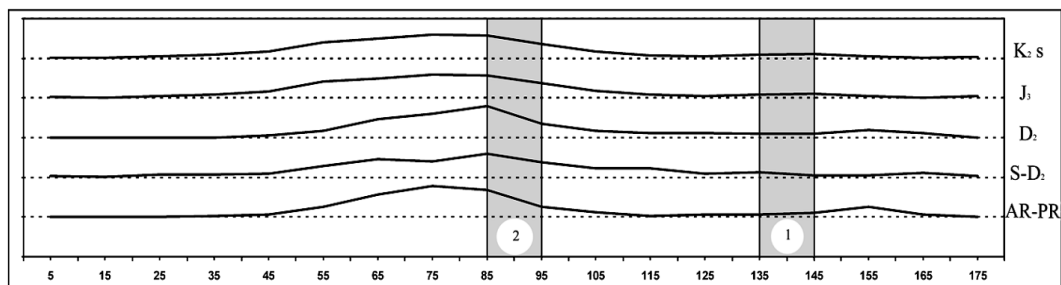


Рис. 9. Гистограммы простираций разломов отдельных структурных ярусов глубинных уровней разреза СЗ шельфа Черного моря

По оси абсцисс – азимуты простираания (в угловых градусах; классы 10°); по оси ординат – частота встречаемости разломов (в % от количества выборки; шкала нормальная). 1 – зона Одесского глубинного разлома, 2 – зона субширотных разломов южного края ВЕП

В интерпретации диаграмм рис. 7 и 8, аналогичной для вышеприведенных, можно видеть уже отмеченные направления (СЗ и субширотное) региональных зон глубинных разломов. Они сохраняются в качестве структурообразующих и в вышележащих структурных ярусах территории СЗ шельфа. Сателлитные максимумы диаграмм – критерии интерпретации, сохраняют неизменное азимутальное положение, однако, интенсивность их различна.

Всё изложенное свидетельствует об унаследованном развитии разломной сети структурных ярусов фанерозойского осадочного чехла СЗ шельфа. Структурные рисунки разломной сети района, или же латеральные особенности вторичного разломообразования в породах чехла, петрофизически квазиизотропного латерально в региональном масштабе рассмотрения, обусловлены гетерогенно-блоковым строением фундамента и унаследованным развитием основных региональных разломов-сдвигов: зоны Одесского разлома и субширотной зоны разломов южного края ВЕП на фанерозойских этапах активизации.

Обращает на себя внимание определенная асимметрия широтной интерпретируемой линии сдвиговой деформации относительно сателлитных максимумов.

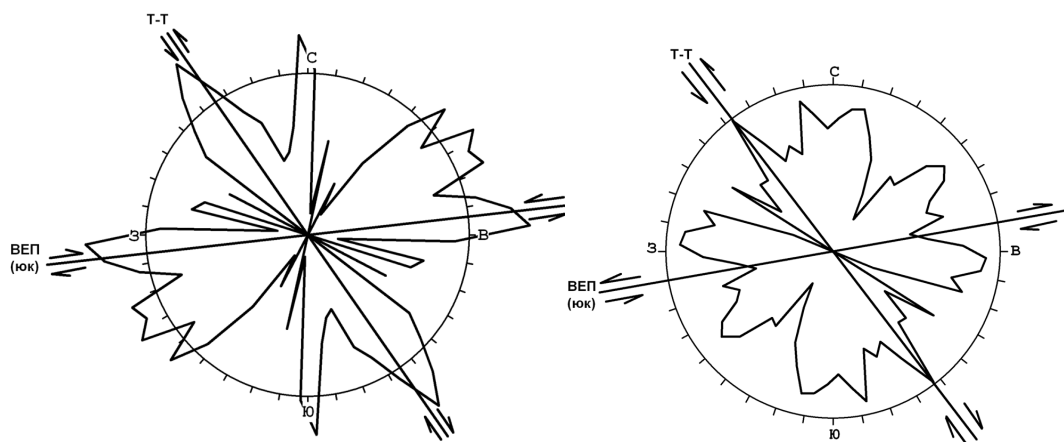


Рис. 10. ДПР архей-протерозойского фундамента СЗ шельфа Черного моря (lg шкала, 5° классы) по «Схеме разломной тектоники СЗ шельфа Черного моря» (см. рис. 2)

Рис. 11. ДПР архей-протерозойского фундамента СЗ шельфа Черного моря (lg шкала, 5° классы) по «Структурно-тектонічній карті Азово-Чорноморського регіону» [6]

Это связано с мезозойскими тектоническими активизациями разломно-блокового фундамента территории в условиях преобладающего левого сдвига по зоне субпараллельных разломов южного края ВЕП. Некоторое различие на диаграммах азимута (до 10°) интерпретируемых линий/направлений (СЗ и субширотного) структурообразующих сдвигов (см. рис. 7, 8), возможно, связано с методическими погрешностями. Не исключено, что действительные линии региональных сдвиговых дислокаций разных этапов активизации могли несколько не совпадать и реализоваться по тем или иным разломным швам достаточно широких зон упомянутых глубинных разломов.

На гистограмме (рис. 9), построенной по тем же данным, что и диаграммы (см. рис. 4–8), есть отличия в шкале – здесь она нормальная (в % от количества разломов для каждой из выборок), а классы 10° . Меньшая разрешающая способность изображения гистограммы выбрана для иллюстрации наиболее общих закономерностей разломной тектоники данной территории.

Выделенные на гистограмме серым цветом зоны глубинных разломов СЗ шельфа, Одесского разлома и субширотной зоны разломов южного края ВЕП более или менее асимметричны относительно максимумов разломов гистограммы. Это отмечалось и в интерпретации соответствующих диаграмм (см. рис. 4–8). Подобная асимметрия спектра вторичных разломов для всех глубинных уровней разреза обусловлена преобладанием деформаций левого сдвига в зонах субширотных разломов и – каледонского этапа дислокаций Одесского разлома. Наиболее характерный пример – тектонофизическая позиция относительно развитых субширотных разломов – ВСВ максимумов, представленных преимущественно R-, затем – L-, в меньшей мере – P-вторичными разломами деформаций левого сдвига южного края ВЕП.

Для диаграмм (см. рис. 4, 10, 11) отмечается различие в длине максимумов этих диаграмм, что обуславливает их внешнее, лишь морфологическое различие. На авторских картах это различие связано с интенсивностью (частотой встречаемости) разломов соответствующих направлений. Однако, на диаграмме (см. рис. 4) (суб)меридиональные максимумы вообще отсутствуют, а на диаграммах (см. рис. 10, 11) они достаточно развиты и интерпретируются, в частности, как T- и R'-разломы, производные от региональных правосдвиговых дислокаций СЗ направления – зоны Одесского глубинного разлома фундамента.

Почему на диаграммах (см. рис. 4, 5) (суб)меридиональные максимумы отсутствуют – это вопрос разрешающей способности геофизических методов и – выявления разломов в исследованиях, результаты которых стали основой соответствующих карт. Вместе с тем, уже отмечалось, основной методический критерий интерпретации – угловое соответствие максимумов эмпирической и эталонной диаграмм. Этот параметр для всех рассмотренных диаграмм остается неизменным, поэтому интерпретация рассмотренных диаграмм все же не отличается. По аналогии с тектонофизическими моделями подтверждаются те же регионально-нозначимые северо-западное и субширотное направления разломно-сдвиговых зон, структурообразующих для разломной сети СЗ шельфа.

Тектоно-магматическая активизация территории СЗ шельфа как юго-западного угла ВЕП, по-видимому, имела отраженный характер. Связана она с этапами формирования пограничных полихронных структур региональной части Средиземноморского пояса (участки каледонид Преддобруджья и мезоиды Скифской

плиты, вала Губкина и материкового склона с магматитами различного состава и возраста). Тела магматических пород выявлены в районе шельфа геофизическими методами (см. рис. 2), [3 и др.], а также и геологическими подводными исследованиями обнажений на материковом склоне (Ломоносовский массив, Форосский выступ) [10 и др.]. Глубинные причины тектоно-магматической активизации региона в Pz-Mz вызваны эволюцией мантийного диапира впадины Черного моря, что обсуждается в ряде публикаций [2, 7, 10 и др.].

Выводы

1. Формализованными методами структурно-парагенетического анализа показано, что структурные рисунки разломной сети СЗ шельфа Черного моря на всех глубинных уровнях чехла являются производными от сдвиговых дислокаций зон глубинных разломов AR-PR фундамента (СЗ зоны – Одесского разлома и субширотной зоны разломов южного края ВЕП). Сдвиговая компонента региональных дислокаций проявляется статистически, в аналогии простирания максимумов разломов эмпирических диаграмм и – диаграммы моделей сдвиговых зон.

2. Унаследование разломной сетью на всех глубинных уровнях чехла направлений структур AR-PR фундамента СЗ шельфа обусловлено разломно-блоковыми механизмами тектонической активизации (СЗ зоны – Одесского разлома и субширотной зоны разломов южного края ВЕП). Сдвиговые малоамплитудные дислокации глубинных разломов фундамента вызывали сдвиговые деформации в более широких зонах их динамического влияния в породах чехла. Второстепенные разломы в чехле кинематически комплементарны сдвиговой компоненте деформаций зон влияния названных глубинных разломов региона.

3. Выявленные пространственно-временные закономерности формирования разломной сети СЗ шельфа Черного моря дают основания для продолжения методически подобных подходов к анализу тектонического строения и менее изученного материкового склона северной части Западно-Черноморской впадины, по имеющимся геолого-геофизическим картографическим материалам. Например, для обнаруженных здесь скоплений донных газовых факелов, перспективных для промышленного получения УВ [9 и др.] могут быть выявлены структурные факторы их локализации.

1. Занкевич Б.А. Структурно-тектонифизические факторы металлогенического анализа // Геохимия та рудоутворення. Зб. наук. праць ІГМР НАНУ. – 2005 – Вип. 23. – С.36-44.
2. Коболев В.П., Русаков О.И. и др. Геофизические исследования (Гл. IV) //Сб.: Геология континентальной окраины Черного моря. – Киев, ОМГОР НАН Украины, 2007. – С. 55-64.
3. Старостенко В.И.Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Черного моря // Геофизический журнал. – 2005. – № 2. – Т.27. – С. 195-207.
4. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон. – М.: Недра, 1977. – 144 с.
5. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. – М.: Изд. ГИН АН СССР, 1987. – С. 173-275.
6. Чебаненко И.И., Довгаль Ю.М., Знаменская Т.А. и др. Тектоника северного Причерноморья. – К.: Наук. Думка, 1988. – 164 с.

7. Хрящевская О.И., Стомба С.М., Стифенсон Р.А. и др. Одномерное моделирование истории тектонического погружения Черного (северно-западный шельф) и Азовского морей в мелу-неогене. // Геофизический журнал. – 2007. – № 5. – Т. 29. – С. 28-49.
8. Шафранская Н.В. Методика построения и использования диаграмм в структурно-парагенетическом анализе (На примере вала Андрусова Черноморской впадины). // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2008. – №2. – С. 140-150.
9. Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др. Газовые факелы на дне Черного моря. – Киев: Изд. ОМГОР НАНУ, 1999. – 134 с.
10. Шнюков Е.Ф., Щербаков И.Б., Шнюкова К.Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. – К.: Изд. ОМГОР НАНУ, 1997. – 288 с.

Проведено структурно-парагенетичний аналіз розломної сітки ПнЗ шельфу Чорного моря для окремих структурних поверхів і ярусів: від AR-PR фундаменту і до Mz-Kz чохла включно, за сучасними картографічними матеріалами. Встановлено, що структурні плани фанерозойського чохла успадковують основні напрямки (ПнЗ і субширотний) розломних зон фундаменту, що облямовують південно-західний кут СЄП. Структурні рисунки розломів сітки на всіх глибинних рівнях геологічного розрізу є кінематично комплементарними, похідними від здвигових дислокацій основних регіональних зон розломів.

For separate structural floors: from AR-PR basement to Mz (Kz) cover, based on modern cartographic materials, has been made structural-paragenetic analysis of the NW Black Sea shelf. It is established, that structural plans phanerozoic cover inherit the main directions (NW and sublatitudinal) fault zones of the basement framing southwest corner East-European Platform. Structural patterns of fault system at all deep levels are kinematically complementary, derived from wrench dislocation of the main regional fault zones.