

Юдин В.В. Строение берегов Крыма и интерпретации сейсморазведки. / Материалы шестой международной научно-практической конференции "ГЕОКРЫМ-2016. Проблемы и достижения нефтегазовой геологии и геофизики". Алушта, Крым, 22-27 мая 2016. С. 7-11. (на CD-диске)

СТРОЕНИЕ БЕРЕГОВ КРЫМА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Юдин В.В.

МОО Крымская Академия наук

Цель работы – показать строение разнотипных тектонических структур в обнаженных берегах Крыма, которые помогут правильной интерпретации материалов сейсморазведки в прилегающих акваториях и в других сходных по строению регионах. В зависимости от опыта, принятой теоретической концепции, качества геофизического материала, его обработки и объема глубокого бурения, по одним и тем же геолого-геофизическим данным обычно составляются несколько вариантов моделей строения. Выбрать из них одну, правильную бывает сложно. Это приводит к противоречивым оценкам перспектив и структурных критериев поисков полезных ископаемых.

Нередко при интерпретациях в разрезе используют модели, не существующие в реальных природных объектах. Примерами тому - серия вертикальных разломов, напоминающая «штaketник» забора или «оленьи рога»; активные «вдвиги-копыта», состоящие из пород близкой жесткости, крупные гравигенные складки и др. Такие структуры не позволяют реконструировать модель в первоначальное горизонтальное залегание осадочных толщ и являются структурно несбалансированными, то есть нереальными. В природных обнажениях, независимо от размеров, сбалансированность присутствует априори и не требует доказательств, поскольку существует реально.

Методика интерпретаций реальных структур заключается в сравнении составляемой модели с объектами, хорошо изученными в береговых обнажениях Крыма. Большое значение имеет их ориентировка по отношению к простирацию структур. Для интерпретации предпочтительны обнажения в крест общего простираения. При рассмотрении структур, срезанных вдоль простираения или косо, видимое строение складок и разрывов искажается до обманчиво простого субгоризонтального залегания. То же касается структур в по-разному ориентированных сейсмопрофилях.

Результаты исследования. В обнажениях Крыма нами выявлены почти все известные типы структур разного порядка [1 - 4]. Лучше всего они проявлены в тонкоритмичном флише таврической формации поздне триас-раннеюрского возраста и в тонкослоистых кайнозойских породах. Выделенные тектонотипические структуры и хаотические комплексы являются эталоном для понимания крупных структур, по материалам сейсморазведки. Приведем основные из них.

Послойные срывы имеют большое значение при формировании структур, но часто пропускаются в интерпретациях. Реальность их существования подтверждается в разных регионах мира, в обнажениях тонкослоистых дислоцированных пород в Крыму [1, 2], а также при аналоговом моделировании. В горизонтальном осадочном комплексе структурообразование начинается с послойных срывов, которые приурочены к пластичным толщам (каменной соли, глин, углей, глинистых сланцев) и располагаются вдоль напластования. Послойный надвиг называется флэтом (детачментом). При достижении критического сжатия, флэт переходит на другой уровень, образуя секущий слой рэмпа. В результате сместители надвигов в разрезе имеют ступенчатую форму. Интерпретация таких и более сложных надвиговых структур имеет большое значение при поисках нефтегазовых ловушек.

В сейсмической записи послойные срывы практически не видны и выявляются по слабо выраженной дисгармонии мелких отражений выше и ниже флэта. При составлении сбалансированной модели структурной ловушки, «неожиданное» появление в субгоризонтальной толще крупных симметричных бескорневых антиклиналей, не нарушенных секущими «разломами» было часто непонятно по генезису. То же касается

парадоксального наличия под антиклинальным перегибом - синклинали, смещения сводов и сложное дисгармоничное строение ядра [2]. На фото (рис. 1) такие несоответствия становятся понятны и позволяют построить правильную сбалансированную интерпретацию потенциально нефтегазоносных объектов.



Рис. 1. Субслойные и секущие надвиги в нижнемеловой толще на мысе Ильи близ Феодосии

Принадвиговые складки и дуплексы. Смещения по флэт-рэмповым надвигам создает большое разнообразие структур, описанных во многих складчато-надвиговых районах мира и в Крыму. В каждой тектонической пластине выделяется свой структурный план, не связанный с выше- и ниже лежащим. Антиклинальные ловушки располагаются в автономных структурных уровнях в пределах чешуй-дуплексов и образуются при перемещении по надвигам (рис. 1). Вследствие трения при перемещении крыльев по субслойному надвигу, породы образуют бескорневые складки (рис. 2). При большей амплитуде перемещения могут образовываться комплексы, называемые чешуйчатым веером. В основании его закономерно расположен флэт, от которого ответвляются секущие напластование надвиги, формирующие серию рэмповых складок. Такие структуры широко развиты в обнажениях таврического флиша в Крыму. Их крупные аналоги выделяются в шельфе и батииали Черного моря, что фиксируется на региональных сейсмопрофилях и в строении крупных сложно построенных локальных структур.

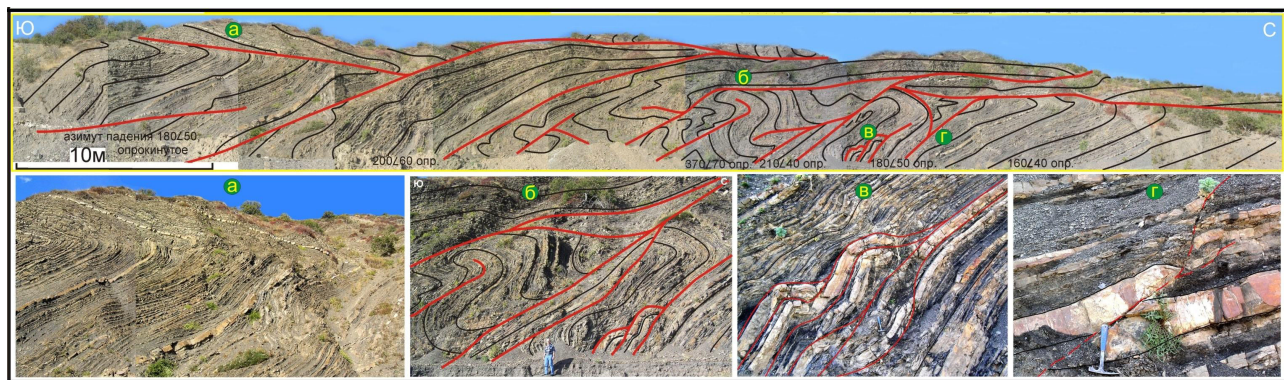


Рис. 2 – Надвиговые структуры и их элементы в обнажении таврического флиша западнее Алушты

На фото «Г» рисунка 2 показан начальный этап формирования дислокаций с дуплексированием жесткого пласта песчаника. Фото «В» демонстрирует более сложный дуплекс с формированием рэмповых складок. Аналогичные более крупные и потенциально нефтегазоносные структуры присутствуют на сейсмопрофилях Черного моря. При значительной амплитуде надвига складки превращаются в лежащие (фото «А») и даже в дважды опрокинутые (фото «Б»).

Шарьяжные складки. Детальное изучение принадвиговых структур позволило обнаружить в Горном Крыму очень сложные шарьяжные складки с двойным опрокидыванием крыльев [1, 2]. Впервые они выявлены нами 20 лет назад в бассейне р. Ворон и затем доказаны во многих обнажениях Горного Крыма (близ Алушты, на р. Бодрак, в овраге Тапшан-Гя, в береговых клифах близ сел Малореченское, Рыбачье, Приветное, западнее мыса Чобан-Калле (Башенного), над Судак и др.). Кратности сжатия таких структур составляют 3-5, что иногда превосходит известные аналоги в других складчато-надвиговых областях мира. Складки имеют явное эндогенное происхождение, о чем

свидетельствует наличие в них новообразованных гидротермальных минералов (кварца, алушита, цеолитов и мн. др.), а также концентрический тип строения, при котором мощности песчаников в крыльях и в ядре не изменяются. Один из примеров такой структуры приведен на **рис. 3**. В подвернутом (нижнем) крыле изоклинальной антиклинали флиш смят в дважды опрокинутые складки, что фиксируется по градационной слоистости и гиероглифам. Ранее, без анализа кровли-подошвы, такие пликативные дислокации считались обычными и пропускались из-за кажущейся простоты строения.



Рис. 3. Шарьяжская антиклиналь с синформами и антиформами в подвернутом крыле

Отмеченные выше уникальные шарьяжные структуры сжатия пока выделены только в обнажениях. Однако нет оснований считать, что они отсутствуют в крупных аналогах прилегающей акватории. Пока же при интерпретации данных сейсморазведки и бурения в сложно построенных объектах приходится делать неопределенный выбор между моделью дуплексов или шарьяжных складок. Решающим критерием правильности построений является определение кровли-подошвы и возраста пород, что возможно только при внимательном изучении керна.

Следует отметить что, фронтальные части аллохтонов крупных надвигов и шарьяжей нередко нарушены субвертикальными малоамплитудными трещинами торошения и сбросами. Они связаны с горизонтальными перемещениями по неровной поверхности автохтона и, по сути, являются гравигенными. Многие геологи и геофизики такие вторичные разрывы ошибочно принимали за главные круто падающие эндогенные «разломы», которые играли роль «гвоздиков», не допускающих палинспастическую реконструкцию. Это приводило к неверному пониманию морфологии и кинематики основных разрывов и, как следствие, к ошибочным построениям.

Присдвиговые (нейтральные) складки небольших размеров обнаружены в ряде обнажений Горного Крыма. Они имеют субвертикальные или вертикальные шарниры (**рис. 4**). Крутые углы наклона пород не позволяют получить отражений на сеймопрофилях, что следует учитывать при интерпретации. Надвиги со сдвиговой составляющей формируют брахискладки с более пологой ундуляцией шарниров. В обнажениях они выявлены как в мелких, так и в крупных структурах.

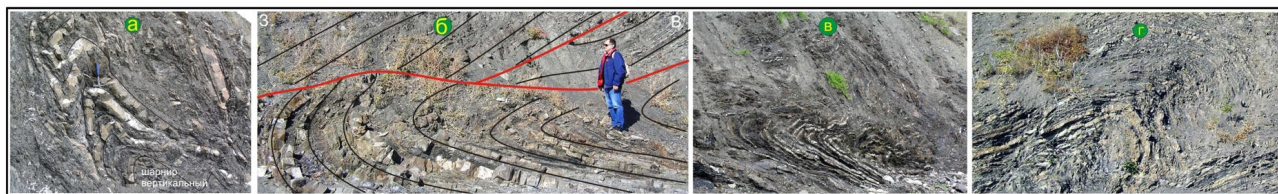


Рис. 4. Присдвиговые складки с субвертикальными шарнирами в береговых обнажениях флиша

Структуры поп-ап. В отличие от традиционных представлений об «антиклинориях и синклинориях», в Крыму выявлены надвиговые структуры поп-ап трех порядков [1, 2]. Они сформированы главной системой надвигов северного падения и встречно падающими ретронадвигами южного наклона (**рис. 5**). Такие сбалансированные структуры доказаны как

в обнажениях, так в региональных и надрегиональных проявлениях по материалам сейсморазведки.

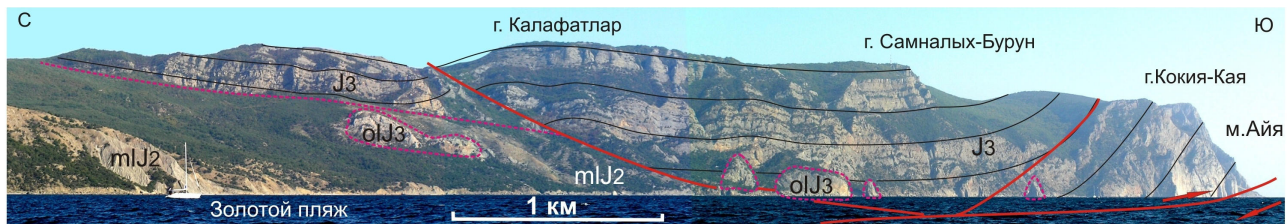


Рис. 5. Структура поп-ап на мысе Айя

Меланжи. Следующими сложными объектами, четко проявленными в обнажениях и ранее пропущенными при интерпретациях, являются *эндогенные хаотические комплексы*. В природе сместители надвигов и шарьяжей – не абстрактная тонкая плоскость. Как правило, они представлены мощной зоной дробления пород, которая состоит из полностью перетертого матрикса и из глыб (кластолитов). Толщина меланжа зависит от амплитуды перемещения, формы сместителя и физических свойств пород в крыльях разрыва. Иногда она существенно изменяется по простиранию.

В Крымско-Черноморском регионе выявлено и прослежено 10 региональных меланжей [1 - 4]. В Горном и Предгорном Крыму толщина их составляет от сотен метров 1-3 километров, а длина – десятки и сотни километров. Пологий наклон сместителей надвиговых меланжей, приводит к широким зонам их выходов на поверхность, которые выделяются как отдельные геологические тела. Один из примеров тому является Южнобережный меланж, хорошо выраженный в обнажениях (рис. 6). Он состоит из матрикса по породам таврической формации, средней юры, нижнего мела и кластолитов из жестких магматических и осадочных пород средней юры.



Рис. 6. Меланж у м. Рыбачий с матриксом по флишу и кластолитами из магматитов и песчаников

В материалах сейсморазведки крупные зоны меланжей проявляются хаотической картиной с отсутствием четких отражающих горизонтов. При недостаточной обработке сейсмического материала и большой толщине микстита, хаотическая запись может прослеживаться до основания сейсмопрофиля, что приводит к иллюзии «вертикального разлома». Выявить в поднадвиге под меланжем реальные структуры обычно удастся лишь при дополнительной обработке материала.

Олистостромы играют большую роль в строении Горного Крыма [1, 3 и др.]. Выявленные нами крупные разновозрастные олистостромы при государственном геологическом картировании и интерпретациях данных сейсморазведки не отражались. Например, региональная Горнокрымская олистострома состоит из нижнемелового матрикса и олистолитов, сложенных верхнеюрскими известняками и конгломератами. Массивы сползли с юга в конце раннего мела. Это позволяет прогнозировать аналогичные олистолиты в акватории Черного моря. Все они значительно смещены с места своего образования, имеют дискретное распространение и также, как в Крыму, не образуют в дне Черного моря единую «карбонатную платформу».

Неоген-четвертичные Массандровская (рис. 7) и Опукская, а также подводные Южнокрымская и Западнокрымская олистостромы бесперспективны для поисков углеводородов. В условиях высокой сейсмичности и активности они опасны для создания инженерных сооружений и трубопроводов.

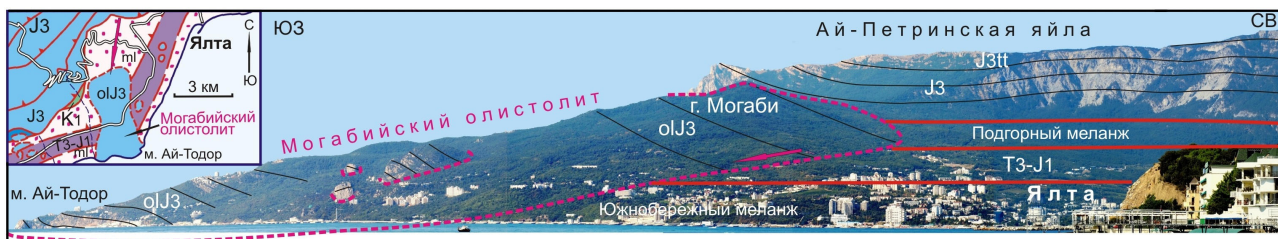


Рис. 7. Могобийский оползневой массив Массандровской олистоостромы западнее Ялты

Выводы. В обнажениях Горного Крыма выявлены практически все тектонотипы структур, известные в других регионах мира. Установлена большая роль послонных срывов, надвигов со сдвиговой составляющей и ретронадвигов, сложных принадвиговых складок, а также эндогенных меланжей, имеющих главную корневую зону в зоне квазисубдукции коры Черного моря под Крым. Большое значение имеют разновозрастные олистоостромы. Сравнение дислокаций, выделенных в обнажениях, с записями на сейсмических разрезах помогает правильно интерпретировать сложно построенные нефтегазовые ловушки. Недоучет и их упрощенное понимание приводит к проблематичным результатам при поисках углеводородов в Крымско-Черноморском и восточных по строению регионах. Используя общие закономерности строения и развития сбалансированных структур с учетом строения конкретных мелких дислокаций региона, можно объективно ограничить число конкурирующих моделей и выделить из них наиболее достоверную.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь, ДИАЙПИ, 2011. - 336 с.
2. Юдин В.В. Надвиговые структуры в обнажениях Крыма и правильная интерпретация ловушек углеводородов по данным сейсморазведки // Сборник научных работ УкрДГРИ, №4, Киев, 2011. С. 171-179.
3. Юдин В.В. Надвиговые и хаотические комплексы. Монография. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2013. 252 с.
4. Юдин В.В. Геодинамика Горного Крыма, шарьяжи и интерпретации сейсморазведки. Тез. 5-й междунар. научно-практич. конф. "ГЕОКРЫМ-2015. Проблемы нефтегазовой геологии и геофизики" Алушта, 2015. С. 9-12.