

УДК 551.243.4+ 553.98

**ДЕФОРМАЦИИ БОКОВОГО СЖАТИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ  
ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ**

© Попков В.И.

*Кубанский государственный университет, Краснодар*

*Аннотация. В статье предпринята попытка анализа и обобщения геолого-геофизических материалов по тектоническим деформациям, образовавшимся в обстановке тангенциального сжатия в осадочном чехле разновозрастных континентальных платформ и океанских плит. В результате установлено, что складчато-надвиговые дислокации являются типичными структурами чехла литосферных плит. Морфологическое подобие деформаций внутренних районов плит и мобильных складчатых областей указывает на достаточно универсальный характер структурообразования в земной коре.*

*Ключевые слова: складчато-надвиговые дислокации, тангенциальный стресс, литосферные плиты, осадочные бассейны, нефтегазоносность.*

## Введение

В настоящее время можно считать доказанным, что в формировании межплитных складчатых сооружений, аккреционных призм, активных окраин континентов решающая роль принадлежит горизонтальным тектоническим движениям. Формирование же структуры внутриплитных осадочных бассейнов, содержащих зачастую крупные запасы нефти и газа, как и много лет назад, в большинстве случаев связывается с вертикальными тектоническими движениями. Эти же представления являются основополагающими в господствующей осадочно-миграционной или "бассейновой" теории нефтегазообразования. Значение тангенциальных тектонических напряжений в данной концепции практически не учитывается или же в значительной степени остается не определенной.

В результате многолетних исследований тектоники литосферных плит доказано [1-11 и др.], что горизонтальным тектоническим движениям принадлежит определяющая роль в формировании структуры не только межплитных складчатых сооружений, но и внутренних областей молодых и древних платформ, а также океанических плит. Обоснована роль тангенциального стресса в процессах нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в земной коре. В статье предпринята попытка в краткой форме изложить важнейшие результаты исследований по данному вопросу.

### Стресс-тектоника литосферных плит: основные результаты исследований

В работах [3, 6-9 и др.] впервые было доказано широкое развитие складчато-надвиговых дислокаций в осадочном чехле запада Туранской плиты. Обнаружены целые области со сложным чешуйчато-надвиговым строением. Установлена приуроченность линейных платформенных антиклиналей к фронтальным частям надвигов и региональным сдвигам. Доказан длительный, импульсивный характер развития складчато-надвиговых дислокаций, происходящий в обстановке периодически повторяющегося горизонтального сжатия. Обосновано решающее значение сил бокового сжатия в формировании дислокаций в чехле молодой платформы в противовес бытовавшему представлению о приоритетности вертикальных блоковых подвижек в образовании платформенных складок.

Закономерная приуроченность линейных антиклиналей к фронтальным зонам надвигов, зависимость морфологии складок от направления падения поверхностей разрывов, обуславливающая асимметричность их крыльев, совпадение времени активного роста поднятий и контролирующих разрывов указывают на то, что надвиговые структуры являются первичными, а складчатые – вторичными, подчиненными надвиговым. Последующее качественное изменение формы залегания слоистых толщ в условиях возрастающего действия бокового сжатия приводит к формированию в лобовых частях тектонических пластин мощных зон приразломного сжатия. Сами разрывы в верхних частях разреза близвертикальны, с глубиной они выволаживаются, переходя в субгоризонтальные срывы.

В последующих работах было показано [9 и др.], что горизонтальным тектоническим движениям принадлежит определяющая роль в формировании структуры не только межплитных складчатых сооружений, но и внутренних областей молодых и древних платформ, а также океанических плит. Был сделан вывод, что литосферные плиты не являются абсолютно жесткими геологическими телами, а гораздо более тектонически мобильны, чем это предусматривалось в традиционных вариантах тектоники литосферных плит, что в процессе своего развития они периодически подвергаются воздействию тангенциального стресса, сопровождающегося сокращением их площади не только за счет поддвига, тектонического «сдваивания» (окраины плит), но и образования внутриплитных складчато-надвиговых дислокаций.

Примеры некоторых складчато-надвиговых дислокаций приведены на рис. 1-4.

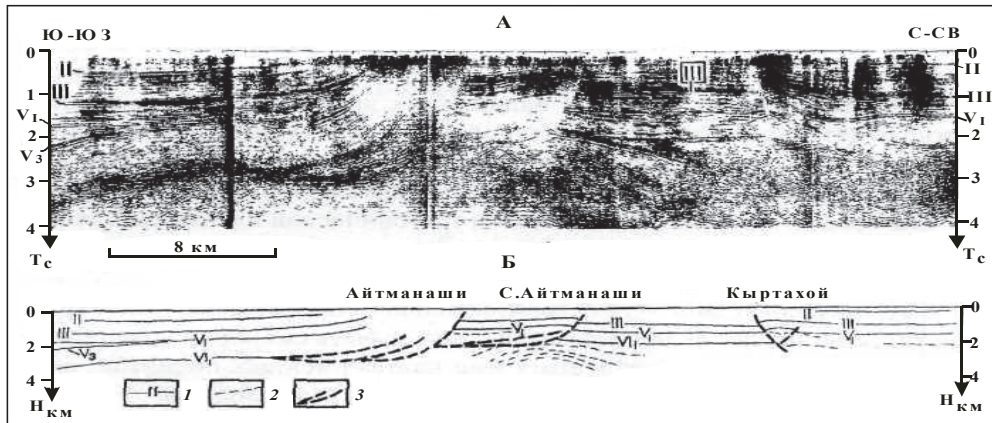


Рис. 1. Восточный Мангышлак. Временной сейсмический разрез (А) и его интерпретация (Б)

1 – отражающие горизонты, 2 – отражающие площадки, 3 – разрывы

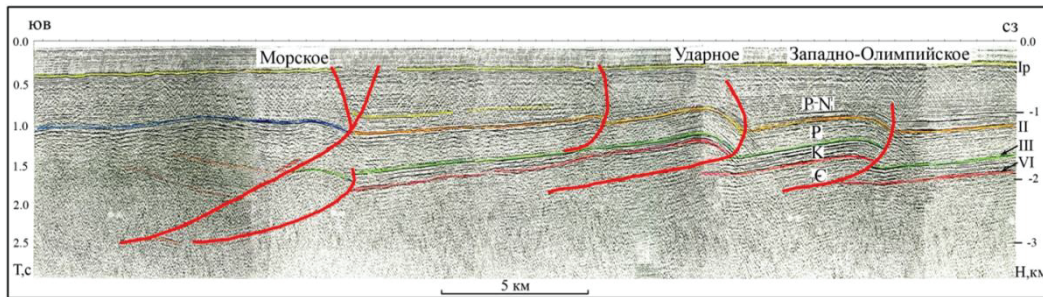


Рис. 2. Сейсмический разрез, иллюстрирующий строение дислокаций в платформенном чехле дна Азовского моря

### Происхождение надвиговых дислокаций

Сравнительный анализ морфологии внутриплитных деформаций бокового сжатия и дислокаций подвижных поясов позволил прийти к заключению о принципиальном подобии механизмов их формирования и, соответственно, о достаточно универсальном характере дислокационного процесса в земной коре, в основе которого лежат горизонтальные тектонические движения [2, 9, 11 и др.].

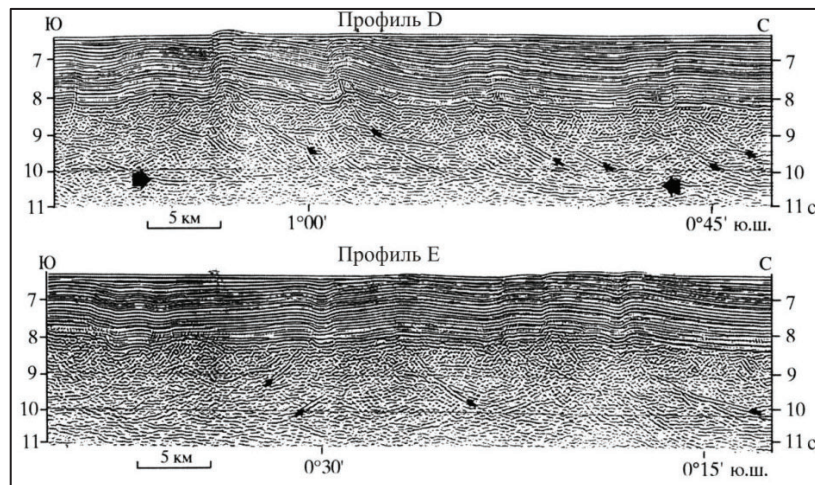


Рис. 3. Дислокации Индийского океана [4]



Рис. 4. Надвиг и связанная с ним антиклиналь в обнажениях Северо-Западного Кавказа

Как происходило формирование этих структур? Рассмотрим этот процесс на примере запада Туранской плиты, хорошо известном автору на основании личных исследований, где уже накоплен достаточно представительный фактический материал, позволяющий ответить на поставленный вопрос [5-9].

Процессы сжатия в пределах запада Туранской плиты достоверно фиксируются начиная с позднего палеозоя и связаны с формированием континентальной коры Средиземноморского пояса. Эти процессы проявлялись неоднократно, как, например, в конце триаса, когда молодая платформа получила мощный импульс сжимающих сил, направленных с юго-запада в результате закрытия Палеотетиса.

В сферу кардинальной структурной перестройки на обширной территории молодой платформы оказался вовлеченным не только осадочный чехол, но и палеозойский фундамент и, возможно, более глубокие горизонты земной коры. В это время произошло закрытие пермско-триасовых прогибов с образованием на их месте складчатых интракратонных сооружений. Сокращение площади платформы сопровождалось формированием или же обновлением крупных сдвигов и надвигов.

Осадочный чехол реагировал на тангенциальный стресс образованием послонных срывов и пластин, формированием в их лобовых частях зон смятия и чешуйчатых надвигов. Наиболее масштабно эти процессы проявились в пределах раннекиммерийских прогибов, выполненных мощными призмами осадочных образований верхней перми и триаса. В ряде случаев они были выжаты за пределы прогибов и по пологим (10-15°) срывам надвинуты на 15-20 км на одновозрастные образования смежных областей.

Образовавшись в предъюрское время, большинство надвиговых дислокаций оставались активными и позже, однако масштабы горизонтального сжатия и как следствие – подвижки по разрывам были менее значительными. Амплитуда смещения по отдельным надвигам в юрском и меловом периодах, а также в кайнозое редко превышала первые сотни метров, достигая в отдельных случаях 700-800 м. Следствием снижения величины горизонтальных подвижек явилось и то, что, в отличие от доюрского осадочного комплекса, для перекрывающих отложений не свойственны мощные зоны приразломного (принадвигового) смятия горных пород. Здесь более обычно развитие фронтальных асимметричных антиклиналей, группирующихся в цепочки и валы.

Фронтальные поднятия, как и контролируемые их надвиги, развивались импульсивно и преимущественно за счет постседиментационных движений, что запечатлено в виде несогласий, перестроек структурного плана территории, смене осадочных формаций. В эти промежутки геологической истории, несмотря на их малую продолжительность, складчато-надвиговые дислокации набирают до 65-80% современной амплитуды. Между периодами активизации отмечаются паузы относительно тектонического покоя с постепенным замедлением, вплоть до полного прекращения, подвижек по надвигам и соответственно роста поднятий. Отражение многих складок и надвигов в современном ландшафте, а в ряде мест дислоцированность плиоцен-антропогенных толщ в зонах разрывов, приуроченность к ним очагов землетрясений и сейсмодислокаций, свидетельствует о продолжающейся их жизни и в настоящее время.

Закономерная приуроченность линейных антиклиналей к фронтальным зонам надвигов, зависимость морфологии складок от направления падения поверхностей разрывов, обуславливающая асимметричность их крыльев, совпадение времени активного роста поднятий и контролируемых разрывов указывают на то, что надвиговые структуры являются первичными, а складчатые — вторичными, подчиненными надвиговым. Последующее качественное изменение формы залегания слоистых толщ в условиях возрастающего действия бокового сжатия приводит к формированию в лобовых частях тектонических пластин мощных зон приразломного сжатия. Сами разрывы в верхних частях разреза близвертикальны, с глубиной они выполаживаются, переходя в субгоризонтальные срывы. По мере разрастания процесса происходит сближение фронтальных зон с образованием в итоге внутриплатформенных складчатых зон, таких как, например, Центрально-Мангышлакская система дислокаций.

Вполне естественно возникает вопрос об источниках тангенциального стресса, который неоднократно испытывают платформы в процессе своего развития. В качестве «генератора» сжатия, по мнению ряда исследователей, выступают смежные с платформой складчатые пояса, откуда в тело платформы передаются, постепенно затухая, напряжения. Эта закономерность, как известно, была подмечена еще А. П. Карпинским, а затем развита Н. С. Шатским, который отмечал, что «влияние движений в Уральской складчатой области на движения платформы несомненно».

Позже в одной из своих работ Ю. М. Пушаровский [14] заостряет внимание на явлениях передачи на большие расстояния в сторону платформы тектонических напряжений, «индуцированных процессами, протекающими в смежных геосинклинальных областях», в связи с чем им было введено понятие о резонансных структурах. Поддерживая эти взгляды, В. Е. Хаин [15] указывал еще на один возможный источник напряжений – спрединг в прилегающих океанах, вызывающий компенсационное сжатие на кратонах. Нельзя, на наш взгляд, исключать и наличия местных – внутриплитных полей напряжений, ответственных за образование складчато-надвиговых дислокаций.

Несомненно, что процессы сжатия в складчатых областях, на континентальных платформах и океанских плитах являются следствием более общих причин, формирующих глобальную структуру литосферы. Наиболее вероятной причиной возникающих напряжений в верхних слоях литосферы могут служить конвективные течения в мантии, реальность существования которых признается многими геофизиками и геологами. Возникающие при этом напряжения способны приводить как к расколу литосферы с образованием рифтовых систем или даже океанов, так и к формированию межплитных и внутриплитных деформаций [9 и др.]. Возможно также участие ротационных сил, «плюмовой» тектоники и других процессов.

### **Тангенциальный стресс и нефтегазоносность**

Перечисленные выше оригинальные теоретические разработки по проблемам внутриплитной тектоники и геодинамики, позволили автору сделать вывод о важной

роли тангенциального стресса в процессах генерации, миграции и аккумуляции углеводородов, а также формировании различного типа ловушек нефти и газа.

Было установлено [8, 12 и др.] что в зонах внутриплитных дислокаций происходит разрядка глобальных и региональных тектонических напряжений, обуславливающая их высокую сейсмическую активность. В их пределах локализуется высвобождение значительной части механической энергии, осуществляется ее переход в тепловую, резко ускоряются процессы глубинного массопереноса на фоне относительно стабильных смежных участков плит. Высвобождение тепловой энергии, стресс-метаморфизм, тектоно-динамические процессы, происходящие в высокоомобильных площадях, и носящие импульсивный непрерывно-прерывистый характер, сопровождаются резким увеличением скорости и масштабов генерации глубинных углеводородов (УВ), их выделением в свободную фазу, многократно активизируют процессы вертикальной и последующей латеральной миграции флюидов, приводя к формированию зон АВПД и внедрению УВ в коллектора-ловушки. Основными каналами миграции флюидов являются листрические разломы, связывающие глубинные очаги генерации УВ и верхние горизонты земной коры, включая ее осадочную оболочку. В пределах таких зон формируется самый разнообразный спектр ловушек УВ, повышается их плотность, емкостные параметры, что, с учетом вышеизложенного, предопределяет высокую концентрацию и плотность запасов УВ-сырья.

#### Основные выводы

1. Складчато-надвиговые дислокации – типичные структуры чехла литосферных плит независимо от их возраста и являются следствием тектонической расслоенности литосферы, проявляющейся как на макро-, так и на микроуровне.

2. Не только формирование континентальной коры платформ, но и последующее развитие структуры их чехла происходит в режиме периодически действующих сил горизонтального сжатия.

3. Следовательно, концептуальная основа традиционных представлений о литосферных плитах, которая основывалась на представлениях о ведущей роли вертикальных движений как основного фактора формирования осложняющих их дислокаций, а также широко распространенное мнение об их жесткости и тектонической инертности, находятся в серьезном противоречии с конкретными фактическими материалами.

4. Морфологическое подобие структур горизонтального сжатия на континентальных платформах, океанских плитах и в складчатых областях говорит о близком, в принципе одинаковом механизме их формирования, что свидетельствует о достаточно универсальном характере структурообразования в земной коре, основной движущей силой которого служат горизонтальные тектонические движения.

5. Многолетние исследования тектоники и геодинамики нефтегазоносных осадочных бассейнов позволяют говорить о том, что внутриплитные складчатые дислокации являются не только самостоятельными высокоомобильными структурами земной коры, но и нефтегазогенерирующими и аккумулирующими системами. Установленная прямая взаимосвязь генерации и миграции УВ с тектонодинамическими процессами и сопутствующими явлениями (сейсмичность, термо-, гидро-, электродинамические и др. явления) является составной частью более общего и универсального природного явления – механогеохимии нафтидогенеза.

6. Установление морфологии и условий формирования складчато-надвиговых дислокаций позволило определить связанные с ними основные типы ловушек нефти и газа и предложить методику их поиска [ 12, 13 и др.].

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 16-05-00013.*

### Литература

1. *Исмагилов Д.Ф., Попков В.И., Терехов А.А., Шайнуров Р.В.* Аллохтонные структуры Азовского моря // Доклады АН СССР. 1991. Т. 313. № 4. С. 792–795.
2. *Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Казанцева Т. Т., Постников Д. В.* Шарьяжные и надвиговые структуры фундаментов платформ. М.: Наука, 1987. 184 с.
3. *Панков В.А., Попков В.И., Хафизов И.А.* Надвиговые структуры Восточного Мангышлака // Доклады АН СССР. 1988. Т. 303. № 5. С. 1197–1199.
4. *Пилипенко А.И.* Структура глубинных разломов в северо-восточной части Индийского океана по сейсмическим данным // Геотектоника. 1998. № 2. С. 77–92.
5. *Попков В.И.* Следы тангенциального сжатия в платформенной структуре западных районов Туранской плиты // Доклады АН СССР. 1985. Т. 284. № 3. С. 674–678.
6. *Попков В.И.* Чешуйчато-надвиговые дислокации северного борта Южно-Мангышлакского прогиба // Доклады АН СССР. 1989. Т. 305. № 3. С. 678–682.
7. *Попков В. И.* Кырынско-Токубайский вал — крупнейшая надвиговая структура запада Туранской плиты // Доклады АН СССР. 1989. Т. 309. № 4. С. 954–957.
8. *Попков В.И.* Тангенциальная тектоника и нефтегазоносность Арало-Каспийского региона // Доклады АН СССР. Т. 313. № 2. 1990. С. 420–423.
9. *Попков В.И.* Внутриплитные структуры бокового сжатия // Геотектоника. 1991. № 2. С. 13–27.
10. *Попков В.И.* Складчато-надвиговые дислокации в осадочном чехле Азовского моря // Геотектоника. 2009. № 4. С. 84–93.
11. *Попков В.И.* Чешуйчато-надвиговое строение Северо-Западного Кавказа // Доклады АН. 2006. Т. 411. № 2. С. 223–225.
12. *Попков В.И., Попков И.В.* Структурно-тектонические предпосылки нефтегазоносности и возможные типы ловушек нефти и газа в складчато-орогенных зонах на примере Северо-Западного Кавказа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 2. – [http://www.ngtp.ru/rub/4/14\\_2017.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/14_2017.pdf).
13. *Попков В.И., Попков И.В.* Поднадвиговые зоны нефтегазонакопления Скифской плиты // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2018, том 27, № 2(90). С. 57–66.
14. *Пуцаровский Ю.М.* Резонансно-тектонические структуры // Геотектоника. 1969. № 1. С. 3–12.
15. *Хаин В.Е.* Проблемы внутриплитной и межплитной тектоники // Динамика и эволюция литосферы. М.: Наука, 1986. С. 7–15.