



THE POST-SEDIMENTARY CHARACTER OF DEVELOPMENT OF INTRAPLATE DISLOCATIONS AS A REFLECTION OF IMPULSIVENESS OF DEFORMATION PROCESSES

V. I. Popkov

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Abstract: The available data on well-studied areas of the Turan platform (as an example) are reviewed and analyzed to reveal the role of con-sedimentation and post-sedimentation tectonic movements in formation of dislocations of the sedimentary cover. At the background of the long-term (tens and hundreds of million years) quiet evolution of the territory under study, short-term intervals are distinguished, which duration amounts to the first millions of years (typically manifested in one or two stratigraphic layers); in such time intervals, tectonic movements were dramatically boosted and accompanied by land uplifting, sea regression, erosion of sediments accumulated earlier and manifestation of deformation processes.

The paleotectonic reconstructions show that during such 'revolutionary' stages, large tectonic elements occurred along with local uplifts that added to their complexity. In the region under study, the Pre-Jurassic, Pre-Cretaceous (Late Okoma), Pre-Danish and the Pre-Middle Miocene gaps in sedimentation are studied in detail. It is shown that only during the above four periods of sedimentation gaps and accompanying erosion-denudation processes, the regional structures gained from 50 to 80% of their current amplitudes at the bottom of the cover, and the Pre-Danish and Pre-Middle Miocene washout periods were most important.

Local uplift also developed impulsively and primarily due to the post-sedimentation movements. Cross-sections of anticlines studied in detail (Figures 1 to 3) are discussed as examples that clearly show the increase of erosional shearing of the sediments accumulated earlier towards domes of uplifts without any con-sedimentation decrease of their thicknesses. During these periods of the geologic history, regardless of their short duration, folded dislocation gained up to 65–90% of their current amplitudes. The periods of activation were separated by long relatively quiescent tectonic periods with the gradually slowing down growth of anticlines to complete cessation.

Dislocations in other regions, such as the Azov Sea (Fig. 4), the Dnieper-Donets basin, Donbas, etc. were formed under a similar scenario.

Impulsiveness of tectonic processes is well illustrated by events that recently took place at the Taman peninsula. In 2011, the sea bottom uplifted dramatically along the coastal line of the Azov Sea and formed a new land segment (Figures 5 to 8). The vertical movement amplitude amounted to minimum 5 metres. This new structure formation was due to a short-term renewal of growth of the Kamenny Cape. After the short-term activation of tectonic movements, the period of tectonic quiescence is in place, and the majority of the uplift has been destroyed by marine erosion.

Impulsiveness of tectonic movements may be caused by the tangential stress that periodically puts an impact on the lithospheric plates. Horizontal tectonic movement and associated stresses can lead to both interplate and intraplate deformations.

Key words: dislocations, sedimentation gaps, tectonic impulses, stress release.

Recommended by Yu.L. Rebetsky

Citation: Popkov V.I. 2013. The post-sedimentary character of development of intraplate dislocations as a reflection of impulsiveness of deformation processes. *Geodynamics & Tectonophysics* 4 (3), 327–339. doi:10.5800/GT-2013-4-3-0104.

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ВНУТРИПЛИТНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИМПУЛЬСИВНОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

В. И. Попков

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

Аннотация: На примере хорошо изученных районов Туранской платформы проанализирована роль конседиментационных и постседиментационных тектонических движений в формировании дислокаций осадочного чехла. На фоне длительного (десяtkи и сотни миллионов лет) спокойного эволюционного развития территории выделяются короткие интервалы, продолжительностью в первые миллионы лет (обычно в объеме одного – двух стратиграфических ярусов), когда происходит резкая активизация тектонических движений, сопровождающаяся воздыманием территории, регрессией моря, размывом накопившихся ранее отложений и проявлением деформационных процессов.

Выполненные палеотектонические реконструкции показали, что именно в эти «революционные» этапы происходит заложение крупных тектонических элементов и осложняющих их локальных поднятий. Детально исследованы предъюрский, предмеловой (преднеокомский), преддатский и предсреднемиоценовый региональные перерывы в осадконакоплении. Показано, что только за время этих четырех перерывов в седиментации и сопровождавших их эрозионно-денудационных процессов региональные структуры набирали от 50 до 80 % современной амплитуды по подошве чехла, а наиболее значимыми являются преддатский и предсреднемиоценовый размывы.

Локальные поднятия развивались так же импульсивно и преимущественно за счет постседиментационных движений. В качестве примера приведены разрезы по детально изученным антиклиналям (рис. 1–3), на которых хорошо видно нарастание величины эрозионного срезания накопившихся ранее отложений к сводам поднятий без конседиментационного уменьшения их мощности. В эти промежутки геологической истории, несмотря на их малую продолжительность, складчатые дислокации набирают до 65–90 % современной амплитуды. Между периодами активизации отмечаются длительные паузы относительного тектонического покоя с постепенным замедлением, вплоть до полного прекращения роста антиклиналей.

По аналогичному сценарию формируются дислокации и в других регионах, например в Азовском море (рис. 4), Днепровско-Донецкой впадине, Донбассе и т.д.

Наглядной иллюстрацией импульсивности тектонических процессов могут быть события, произошедшие недавно на Таманском полуострове. Здесь в 2011 г. в течение одного – двух месяцев в прибрежной полосе Азовского моря произошло резкое воздымание морского дна с появлением новообразованной суши (рис. 5–8). Амплитуда вертикальных движений составила не менее 5 м. Образование структуры обусловлено кратковременным возобновлением роста антиклиналей мыса Каменный. После кратковременной активизации движений наступила пауза тектонического покоя, и к настоящему времени большая часть поднятия уничтожена морской эрозией.

Причиной импульсивности тектонических движений может быть тангенциальный стресс, которому периодически подвергаются литосферные плиты. Горизонтальные тектонические движения и возникающие при этом напряжения способны приводить к формированию как межплитных, так и внутриплитных деформаций.

Ключевые слова: дислокации, перерывы в осадконакоплении, тектонические импульсы, разрядка напряжений.

1. ВВЕДЕНИЕ

Импульсивному характеру развития структур земной коры посвящено достаточно большое количество работ, в числе которых в первую очередь следует упомянуть статьи таких выдающихся отечественных ученых-академиков, как М.А. Усов [Usov, 1945] и В.Е. Хаин [Khain, 1950], выделивших в истории развития Земли революционные моменты – фазы тектогенеза, геодинамические циклы, отражающие непрерывно-прерывистое развитие деформаций. В одной из относительно недавних статей В.Е. Хаин и М.А. Гончаров выделили циклы различного ранга. Характеризуя циклы 4-го ранга, они пишут: «Таковыми циклами являются

отдельные фазы складчатых и надвиговых деформаций в совокупности с более «спокойными» промежутками между ними. Эта цикличность отражает непрерывно-прерывистое развитие деформаций, на которое уже давно обращал внимание один из авторов данной статьи – В.Е. Хаин» [Khain, Goncharov, 2006, p. 15].

В настоящей работе автор пытается показать, что же представляют собой «революционные» этапы развития деформаций, осложняющих чехол платформ, которые в соответствии с классическими канонами тектоники литосферных плит считались достаточно пассивными.

Импульсивный характер формирования современных и новейших складчатых и разрывных дислокаций,

обусловленный чередованием более продолжительных периодов накопления напряжений и кратковременными импульсами их разрядки, доступен непосредственному наблюдению при проявлении изменений в ландшафте земной поверхности или сопровождающих их природных геологических катаклизмов (землетрясения, вулканические, в том числе грязевулканические, извержения, миграция флюидов, формирование гидрохимических и гидродинамических аномалий и т.д.).

Более древние тектонические движения запечатлены в мощностях и фациях отложений, перерывах в осадконакоплении, стратиграфических и угловых несогласиях, а также морфологии самих дислокаций. При изучении истории формирования погребенных дислокаций, как правило, используют анализ фаций и мощностей. Гораздо реже уделяют внимание перерывам в осадконакоплении и сопровождающим их эрозионно-денудационным процессам. Более того, в методических руководствах по палеотектоническому анализу рекомендуется заключать их внутрь изучаемых интервалов разреза. Отсюда вполне закономерен последующий ошибочный вывод о преобладании конседиментационных тектонических движений при формировании дислокаций, их длительном характере.

Очевидно то, что сохранившаяся в разрезе мощность отложений есть алгебраическая сумма всех движений: нисходящих, сопровождавшихся их накоплением, и восходящих, когда территория выходила из-под уровня моря, а накопившиеся ранее отложения подвергались размыву, проявлявшемуся с различной интенсивностью как на региональном, так на и локальном уровне. Несомненно обратная зависимость получаемой скорости тектонических движений от интервала усреднения: чем шире по продолжительности возрастные интервалы, тем большее количество размывов может быть в них заключено, тем меньшую скорость движений мы получим в итоге. Соответственно снижается и достоверность наших выводов.

2. ОЦЕНКА РОЛИ КОНСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ДВИЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ДИСЛОКАЦИЙ

Наиболее детально данная проблема рассмотрена на примере хорошо изученных районов Туранской плиты, таких как Южно-Мангышлакский прогиб, Центрально-Мангышлакская система дислокаций, Бузачинский свод [Dmitriev et al., 1979; Popkov, 2004, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d; Popkov, Nugmanov, 1983]. Для изучения роли и количественного соотношения конседиментационных и постседиментационных движений в формировании структурного плана платформенного чехла были выбраны основные региональные перерывы в осадконакоплении: предъюрский, предмеловой, преддатский и предсреднемиоценовый. При этом была проанализирована история формирования

как крупных тектонических структур, так и осложняющих их локальных поднятий.

Так, заложение Южно-Мангышлакского прогиба произошло в конце позднего триаса в результате проявления раннекиммерийской фазы складчатости, сформировавшей складчато-надвиговые сооружения Центрального Мангышлака и Туаркыра. Наибольшему размыву триасовые отложения подверглись в пределах его северного и южного бортов. И если в пределах северного борта новый цикл осадконакопления начался в позднем лейасе, то Аксу-Кендырлинская зона (южный борт) в устойчивое погружение была вовлечена лишь в ааленский век [Dmitriev et al., 1979]. К этому времени в пределах прилегающей к ней с севера Жазгурлинской депрессии было накоплено более 240 м осадков, что составляет 15 % от современной разницы в их гипсометрии по подошве платформенного чехла.

Важную роль сыграл раннекиммерийский этап складчатости в формировании локальных поднятий, приуроченных к фронтальным частям надвигов, набравшим основную свою амплитуду за счет предъюрского эрозионного среза [Popkov, 1985]. В качестве примера можно привести Южно-Жетыбайское и Северо-Ракушечное поднятия.

Анализ мощностей карбонатной пачки среднего и не затронутой размывом вулканогенно-терригенной толщи верхнего триаса Южного Жетыбая свидетельствует о постепенном моноклинальном нарастании их мощности в северо-восточном направлении. Наблюдаемое сокращение в своде складки верхней части триасового разреза при сохранении толщины не затронутых последующим размывом слагающих его пачек (рис. 1, а), совершенно однозначно указывает на постседиментационный характер деформаций. Амплитуда поднятия, набранная за этот короткий промежуток времени, оценивается в 400 м, что составляет 90 % от современной амплитуды Южно-Жетыбайской антиклинали. В ранне- и среднеюрское время складка развивается конседиментационно с постепенным замедлением и последующим прекращением роста в более поздние эпохи.

Аналогичная ситуация отмечается и для Северо-Ракушечного поднятия (рис. 1, б). Здесь амплитуда структуры, набранная за счет предъюрского размыва, составила 100 м (75 % от современной амплитуды поднятия). На долю последующего преимущественно конседиментационного уменьшения мощностей в своде антиклинали приходится лишь 40 м.

Сходная закономерность в развитии наблюдается и для других антиклиналей данного класса: Актас, Тукркменной, Бектурлы, Северо-Западный Жетыбай, Западный Карамандыбас, Парсумурун и др. [Popkov, Nugmanov, 1983].

Одна из активных фаз тектогенеза в пределах Туранской плиты приурочена к границе юрского и мелового периодов. В этот момент начинают формироваться многие тектонические элементы II порядка Южно-

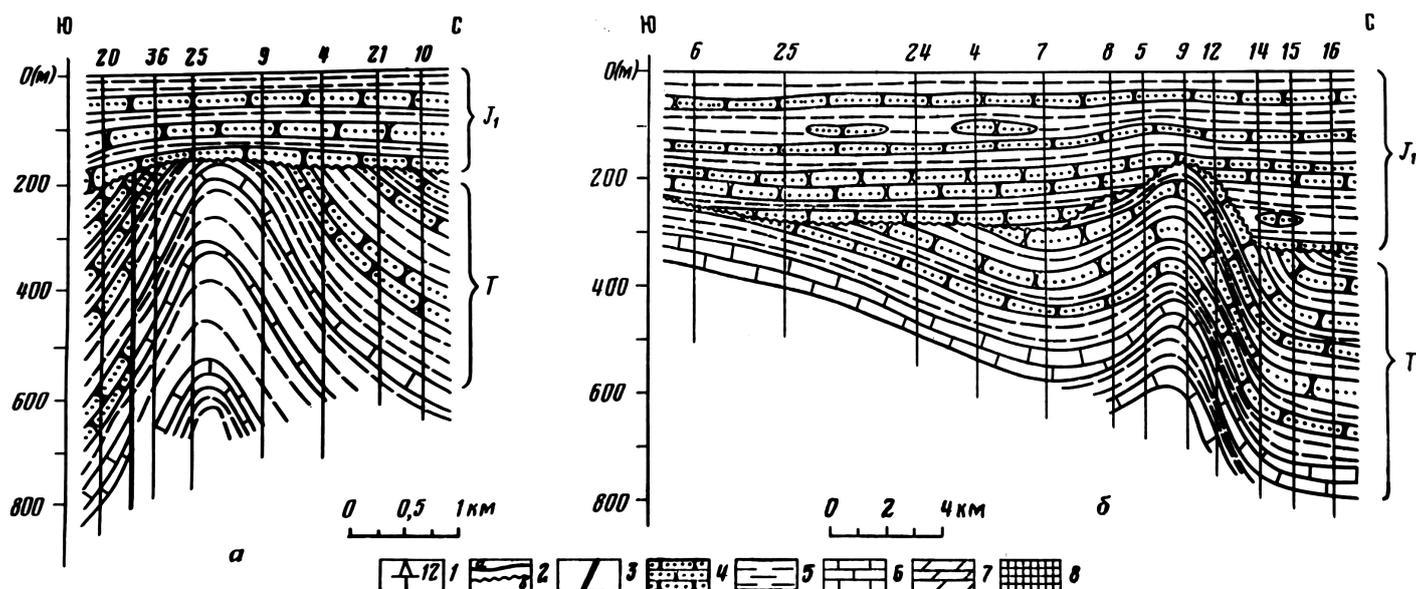


Рис. 1. Южно-Жетыбайское (а) и Северо-Ракушечное (б) поднятия.

Палеотектонические профили к началу ааленского века, иллюстрирующие постседиментационный характер развития дислокаций [Popkov, Nugmanov, 1983]. 1 – скважины; 2 – стратиграфические границы: а – согласные, б – несогласные; 3 – разрывы; 4 – песчаники, алевролиты; 5 – глины, аргиллиты; 6 – известняки; 7 – мергели; 8 – писчий мел.

Fig 1. The Southern Zhetysay (a) and Northern Rakushechno (b) uplifts.

Paleotectonic profiles by the start of the Aalenian, which illustrate the post-sedimentation character of dislocations, according to [Popkov, Nugmanov, 1983]. 1 – boreholes; 2 – stratigraphic boundaries: a – concordant, б – non-concordant; 3 – fractures; 4 – sandstones, siltstones; 5 – clays, mudstones; 6 – limestone; 7 – marl; 8 – chalk.

Мангышлакского прогиба [Dmitriev et al., 1979]. Наиболее ощутимым предваланжинский размыв был в районе Аксу-Кендырлинской ступени, где эрозией уничтожены кимеридж-титонские отложения и верхи оксфорда (не менее 200 м, или 13 % разницы в современной гипсометрии относительно сопредельной Жазгурлинской депрессии).

Дифференциация восходящих тектонических движений в пределах других структурных элементов Южно-Мангышлакского прогиба и, соответственно, величина предваланжинского эрозионного среза были менее значительными и не сыграли заметной роли в их обособлении. В то же время с этой фазой тектонической активности связано образование крупных складчато-надвиговых дислокаций Жетыбай-Узеньской ступени [Popkov, 1985, 1990]: Узень-Карамандыбасской, Жетыбайской, Тенге-Тасбулатской. Наиболее интенсивно предваланжинский размыв проявился в пределах Узень-Карамандыбасской структуры, набравшей в этот кратковременный промежуток времени 21 % своей амплитуды. В своде Узеньского поднятия размывом уничтожены кимеридж-титонские и частично оксфордские отложения с образованием обращенного рельефа (рис. 2, б, 3, б).

Детальная послонная корреляция верхнеюрских отложений показывает, что аналогичное явление наблюдается и в пределах Жетыбайского и Тенге-Тасбулат-

ского валов [Popkov, Nugmanov, 1983].

Весьма важное значение в формировании структурного облика запада Туранской плиты сыграл предатский размыв. К примеру, корреляция разрезов различных структурных зон Южно-Мангышлакского прогиба свидетельствует о том, что изменение мощностей подстилающего глинисто-карбонатного турон-маастрихтского комплекса, обусловленное конседиментационными движениями, не превышает первых десятков метров, в то время как величина последующего эрозионного среза достигает 300 м. Последнее обусловило дифференциацию крупных структурных элементов Южно-Мангышлакского прогиба с набором от 8 до 32 % от их современной разницы в гипсометрии по подошве платформенного чехла.

Не меньшее значение этот размыв имел и для антиклинальных структур. Так, к примеру, Узень-Карамандыбасский вал набирает в это время около 20 % своей амплитуды (рис. 3, а).

Еще большую роль сыграл предсреднемиоценовый размыв [Popkov, 2004], за счет которого некоторые структурные элементы Южно-Мангышлакского прогиба получили прирост амплитуды до 80%! По сути, в этот короткий промежуток времени был сформирован современный структурный облик прогиба.

Развитие атиклиналей его северного борта также происходит по намечившемуся ранее плану: интенсив-

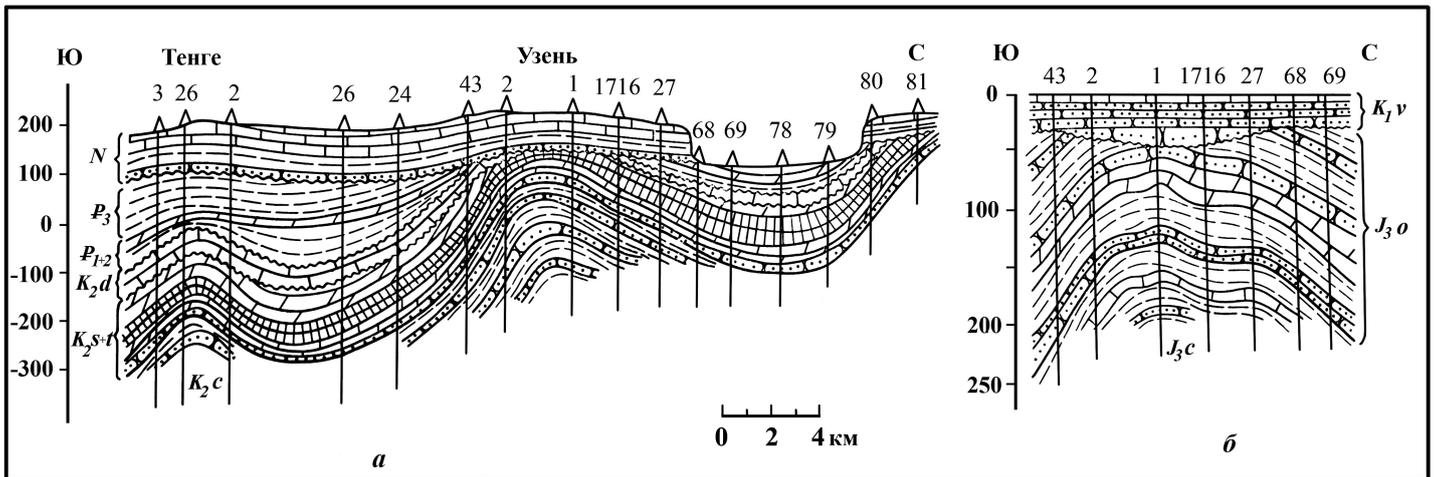


Рис. 2. Узень.

Поперечные разрезы, иллюстрирующие постседиментационный характер развития дислокаций [Popkov, Nugmanov, 1983]: а — современный, б — к началу готеривского века. Условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 2. Uzen.

Cross-sections illustrating the post-sedimentation character of dislocations, according to [Popkov, Nugmanov, 1983]: а – contemporaneous; б – by the start of the Hauterivian. See symbols in Fig. 1.

ность размыва возрастает здесь в северном направлении, по мере приближения к Центральному Мангышлаку, где этот процесс проявился еще в более резкой форме [Schlesinger, 1965], и к востоку, как и в предмеловое время (рис. 2, а, 3, а). В количественном выражении суммарная амплитуда, набранная в периоды предмелового, преддатского и предсреднемиоценового размывов, составляет для Узень-Карамандыбасского вала – 70 %, Жетыбайского – 60 %, Тенге-Тасбулатского – 70 %.

Платформенный чехол Центрально-Мангышлакской системы дислокаций начинает формироваться в конце ранней юры. Последующее погружение было слабодифференцированным, что запечатлено в мощностях отложений, не подвергшихся последующим размывам. Резкие колебания мощностей отложений здесь также обусловлены различной величиной эрозионных срезов, прежде всего таких, как предмеловой, предсреднемиоценовый и предверхнеплиоценовый [Schlesinger, 1965]. В эти кратковременные моменты тектонические движения резко активизировались, причем их величина на единицу времени по сравнению с периодами погружения увеличивалась в десятки раз. Интенсивность восходящих движений и, как следствие, размыв накопившихся ранее отложений максимального значения достигали в пределах современных поднятий, а минимального – в зонах прогибов.

Так, например, анализ величины предсреднемиоценового среза, выполненный А.Е. Шлезингером [Schlesinger, 1965], показал, что современный структурный план рассматриваемой территории на 80–90 % создан восходящими тектоническими движениями, приуро-

ченными к данному рубежу повышенной тектонической активности. Конседиментационным тектоническим движениям принадлежит, по мнению данного исследователя, не более 10 % в формировании платформенной структуры Центрально-Мангышлакской системы дислокаций.

Не менее важное значение восходящие тектонические движения имели в формировании структуры Бузачинского полуострова, где интенсивность размыва близка к таковой в районе Центрального Мангышлака. Анализ мощностей и фаций показывает, что Северо-Бузачинский свод и осложняющие его локальные поднятия (Каражанбасское, Каламкаское, Жаманорпинское и др.) набрали не менее 60–70 % амплитуды за счет восходящих тектонических движений. Периоды региональных перерывов в осадконакоплении здесь приурочены к тем же временным интервалам, что и на Мангышлаке [Popkov, Eldarov, 1988].

Приведенные выше материалы позволяют говорить о том, что в формировании регионального структурного облика запада Туранской плиты восходящие тектонические движения и сопровождающие их эрозионные процессы имеют гораздо более важное значение, чем нисходящие (конседиментационные). Только за время четырех перерывов в осадконакоплении (предюрский, предмеловой, преддатский и предсреднемиоценовый) и сопровождавших их эрозионно-денудационных процессов региональные структуры набирают от 50 до 80 % современной амплитуды по подошве чехла.

Локальные поднятия развивались так же импульсивно и преимущественно за счет постседиментационных движений. На приведенных выше разрезах хо-

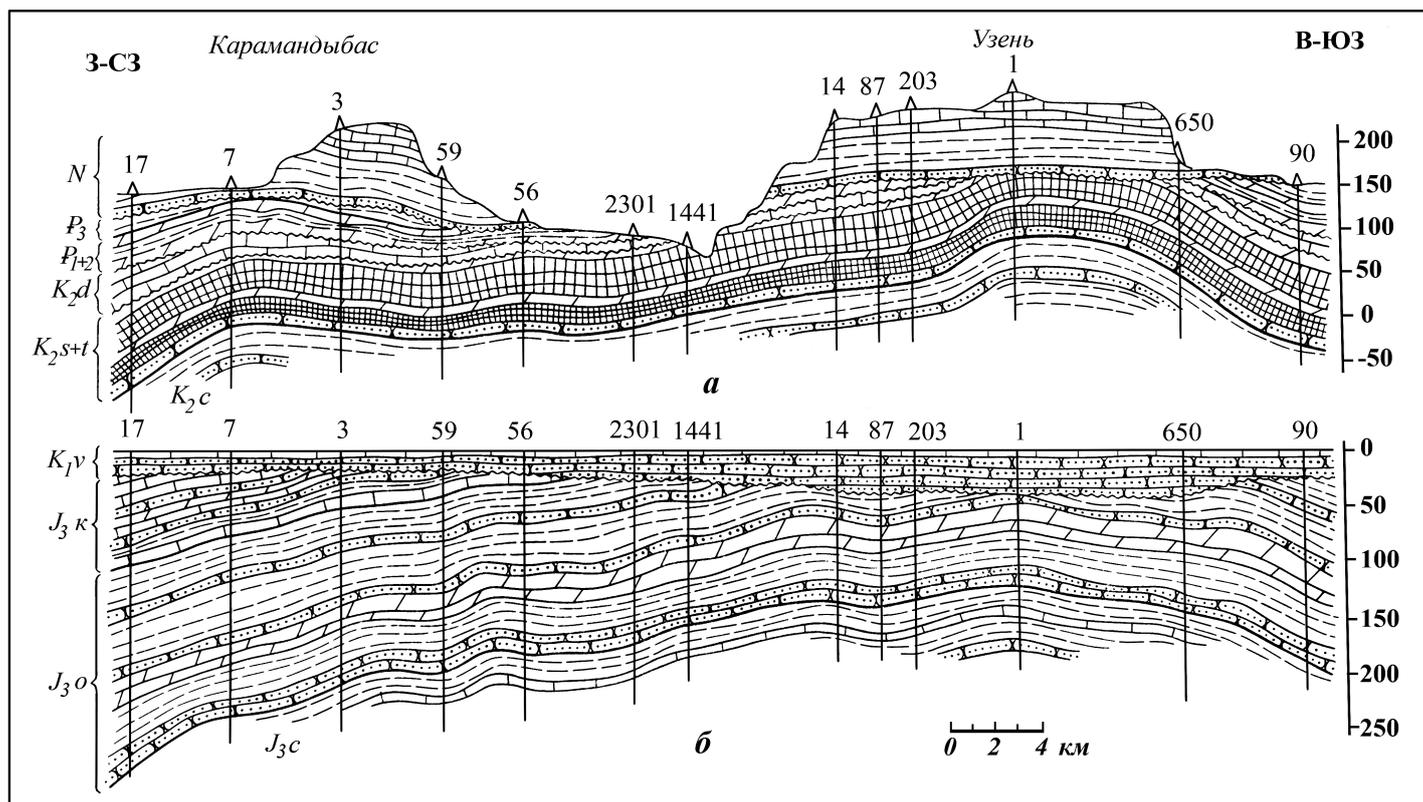


Рис. 3. Узень-Карамандыбасский вал.

Продольные разрезы, иллюстрирующие постседиментационный характер развития дислокаций [Popkov, Nugmanov, 1983]: а — современный, б — к началу готеривского века. Условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 3. The Uzen-Karamandybass embankment.

Longitudinal cross-sections illustrating the post-sedimentation character of dislocations, according to [Popkov, Nugmanov, 1983]: а – contemporary; б – by the start of the Hauterivian. See symbols in Fig. 1.

рошо видно нарастание величины эрозионного среза накопившихся ранее отложений к сводам поднятий без конседиментационного уменьшения их мощности. В эти промежутки геологической истории, несмотря на их малую продолжительность, обычно не более яруса (века), складчатые дислокации набирают до 65–90 % современной амплитуды. Между периодами активизации отмечаются длительные паузы относительного тектонического покоя с постепенным замедлением, вплоть до полного прекращения роста поднятий и, соответственно, подвижек по надвигам. При этом складчатые дислокации различного времени заложения развивались по-разному. Для дислокаций, заложившихся в предюрское время, выделяется один решающий размыв – предюрский, во время которого они набирают основной процент своей амплитуды (до 90 %). В последующем они постепенно завершают свой рост. Для структур предмелового заложения характерно проявление нескольких импульсов роста, сопровождавшихся восходящими подвижками и размывом. Интенсивность их ниже предюрского, но в сумме они имеют близкое с ним значение [Popkov, Nug-

manov, 1983].

Приведенные выше оценки могут быть только увеличены, поскольку число перерывов в осадконакоплении для запада Туранской плиты начиная с юрского времени достигает двадцати шести [Benenson, Morozov, 1976; Popkov, 2004].

Аналогичные результаты получены и по другим регионам. Так, например, при изучении дислокаций дна Азовского моря было установлено, что их формирование имело также импульсивный, прерывистый характер. Наиболее заметными являлись предпалеогеновый, предмайкопский и предтортонский импульсы, во время которых территория испытывала осушение и происходил размыв накопившихся ранее отложений, в максимальной степени проявившийся во фронтальных частях аллохтонных структур (рис. 4). Многие дислокации дна Азовского моря активны в новейшее время, что подтверждается проявлением грязевого вулканизма, наличием в осадочном чехле тектонической брекчированности, АВПД, температурных и гидрогеохимических аномалий, приуроченностью к некоторым из них очагов местных землетрясений [Popkov, 2009].

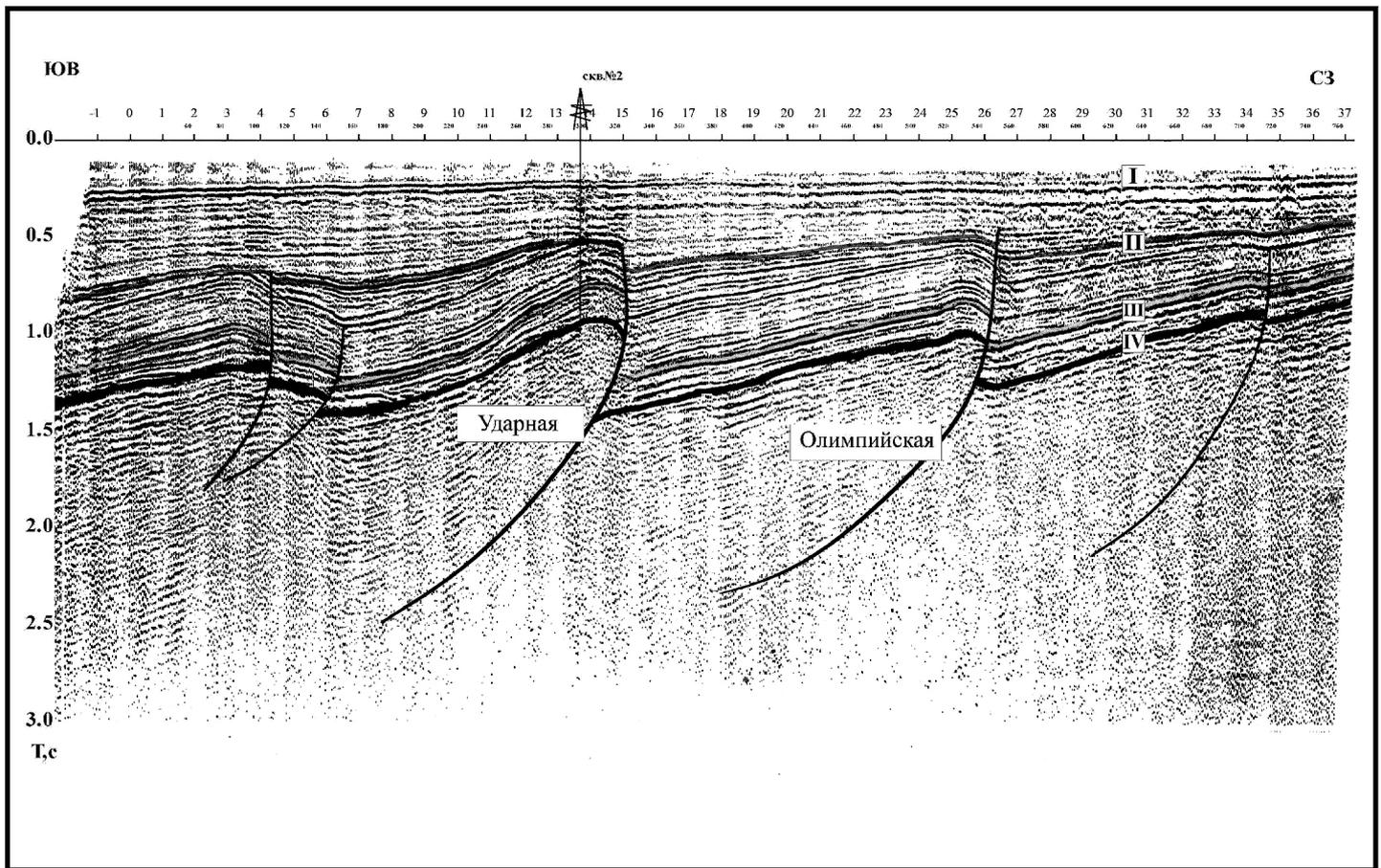


Рис. 4. Дислокации дна Азовского моря [Popkov, 2009].

Четко видно стратиграфическое срезание толщ, залегающих ниже горизонта II, при сохранении толщин отложений, не затронутых размывом. Стратификация отражающих горизонтов: I – в кровле майкопской серии, II – в подошве олигоцена, III – в кровле верхнего мела, IV – в подошве верхнего мела.

Fig. 4. Dislocations at the bottom of the Azov Sea, according to [Popkov, 2009].

Clearly visible is stratigraphic shearing of the beds below horizon II, while the thickness of sediments, that were not impacted by the wash-out, remains the same. Stratification of reflection horizons: I – at the top of the Maikop series, II – at the Oligocene base, III – at the Upper Cretaceous top, IV – at the Upper Cretaceous base.

Прекрасным примером импульсивности тектонических движений могут служить события, произошедшие летом 2011 г. на Таманском полуострове [Popkov et al., 2012, 2013; Popkov, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d]. Так, 19 июля 2011 г. при выполнении исследований в районе м. Каменного выявлено высокоамплитудное неотектоническое поднятие участка дна Азовского моря с захватом береговой полосы. Длина поднятия составляет 435 м. Ширина сохранившегося от абразии обнажившегося морского дна 50 м. Поверхность новообразованной суши выпуклой формы (рис. 5).

Наибольшая высотная отметка обнажившегося морского дна на абразионной кромке достигает +2.60 м. Эта отметка снята по коренному дну и не учитывает мощность смытого эрозией слоя неконсолидированных голоценовых осадков. Точная глубина моря в этом месте до поднятия измерена не была. По аналогии со

смежными участками ориентировочно она составляла 1.5–2.0 м. С учетом смытого слоя осадков в +0.4 м и уровня моря, максимальная амплитуда поднятия в пределах площади сохранившегося от морской абразии обнажившегося морского дна составляет более +4.5 м. Эпицентр поднятия проецируется далее в морскую часть, где его амплитуда должна составлять минимум +5 м. Данная оценка максимальной амплитуды воздымания является минимальной.

Обнажившиеся коренные породы представлены глинами – серыми и зеленовато-серыми с частыми прослоями мергелей. В ядре брахискладки выходят отложения панагийской свиты (сармат), на крыльях – холоднодолиновской свиты (мэотис). Залегание пород крутопадающее (рис. 6). Поверхность поднятия осложнена единичными субвертикальными уступами взбросового типа высотой до 0.5 м, вытянутыми субпарал-



Рис. 5. Участок новообразованной суши м. Каменного.

Вид поднятия с запада на восток. Отчетливо видно, что складка уходит под старый береговой уступ.

Fig. 5. The newly formed land segment at the Kamenny Cape.

View of the uplift from west to east. Clearly visible is the fold going underneath the old coastal cliff.

лельно длинной оси складки, и диагональными сдвигами с амплитудой смещения до 1 м. Топографическое поднятие в плане совпадает с брахиантиклиналью мыса Каменного.

Рост антиклинали вызвал образование оползневого цирка на береговом обрыве размером около 800 м с поражением гравитационными дислокациями всего склона. Размеры отдельных оползневых тел достигают десятков метров, а амплитуда смещения в стенках отрыва 3–4 м. Оползни привели к горизонтальному смещению грунтовых дорог на склоне, их разрыву с образованием вертикальных уступов, а также перекосу одной колеи дороги относительно другой до 1 м.

Выполненные на подводном продолжении поднятия площадные гидролокации бокового обзора с эхолотированием, а также профильное сейсмоакустическое профилирование убедительно подтверждают складчатую, не грязевулканическую, природу дислокаций (рис. 7). На сейсмических разрезах отчетливо фиксируются аномалии (потеря сейсмоакустического сигнала),

связанные с миграцией глубинных флюидов.

Очаг флюидизации субизометричной формы с радиально расходящимися тектоническими нарушениями расположен на северо-восточном крыле антиклинали и находится на линии между двумя выявленными грязевыми вулканами м. Каменного (морского и сухопутного). Его можно интерпретировать как зарождающийся (или несостоявшийся) грязевой вулкан. Потеря сигнала приурочена также к осевой части антиклинали. Флюидизация разреза подтверждается высокими значениями эманации из недр радона, замеренными на поднятии (до 60 000 Бк/м³ в подпочвенном воздухе).

Реконструкция полей напряжений по стандартной методике указывает на компрессионную природу поднятия, возникшего в результате тангенциального тектонического сжатия и выжимания сравнительно пластичных неогеновых глин. Основное направление оси сжатия (σ_1) при формировании антиклинальной складки ориентировано в северо-западном (антикавказском)



Рис. 6. Абразионный береговой уступ поднятия.

Породы, слагающие складку, залегают под большими углами.

Fig. 6. The abrasion coastal uplifted cliff.

The rocks comprising the fold are dipped at large angles.

направлении и отвечает общей геодинамической обстановке развития периклинального замыкания кавказских структур.

Точное время образования рассматриваемого объекта установить не удалось. Опрос жителей соседней станицы позволяет предположить, что новообразованная суша появилась в апреле – июне 2011 г. Некоторые рыбаки утверждают, что море ушло здесь в течение одной ночи, в результате чего оставленные накануне рыбацкие сети оказались на суше. Но если даже допустить, что этот процесс был растянут на два – три месяца, все равно скорость воздымания является чрезвычайно высокой.

Таким образом, выявленная новообразованная геологическая структура имеет явно тектоническое происхождение и служит индикатором высокой активизации тектонических процессов в регионе. Ее образование обусловлено тангенциальными тектоническими напряжениями, ответственными за формирование современного структурного облика Тамани. Разрядка

возникающих тектонических напряжений выразилась в данном случае в пластической деформации компетентных глин, слагающих геологический разрез Таманского полуострова. Сопровождается она обычно сейсмическими толчками [Popkov, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d].

На вероятность последних указывает развитие на береговом склоне обширного оползневой цирка (рис. 8), а также аномально высокая (катастрофическая) скорость роста поднятия. Тем не менее данные о сейсмических событиях лета 2011 г. в этом регионе отсутствуют. Не отмечалась и активизация грязевых вулканов, образующих вулканический очаг в районе м. Каменного и у периодически проявляющего себя грязевого вулкана м. Пекла, находящегося в 5 км восточнее. Возможно, здесь может идти речь о так называемом «медленном землетрясении».

Новообразованная суша продолжает существовать и в настоящее время после двух сезонов зимних штормов, однако в результате деятельности моря площадь ее сократилась более чем наполовину. На поверхности поднятия эрозией стерты следы внутренней структуры слагающих его отложений, активно развивается растительный покров. Оползневые процессы на склоне приостановились, налицо следы «дрыхления» оползневых тел. Все это говорит о том, что антиклиналь вступила в фазу тектонического покоя.

Примеров, иллюстрирующих приоритетность кратковременных по продолжительности постседиментационных тектонических движений в формировании дислокаций, можно привести большое количество. К подобному выводу неизбежно приходят и другие исследователи, которые предпринимали попытки оценить роль кон- и постседиментационных тектонических движений в других регионах [Benenson, Morozov 1976; Vorobyev, Voronoy, 1966; Kabyshev, 1972; Chirvinskaya, 1964], что позволяет говорить о достаточно универсальном характере данного явления.

3. О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ ИМПУЛЬСИВНОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

На протяжении длительного времени считалось, что формирование дислокаций в чехле платформ связано с медленными вертикальными движениями земной коры, носящими колебательный характер. Соответственно роль горизонтальных движений в существовавших моделях складкообразования не рассматривалась. Важным результатом, проливающим свет на происхождение и механизм формирования внутриплитных дислокаций, явилось установление их генетической взаимосвязи с надвигами [Kamaletdinov et al., 1981; Popkov, 1985, 1991]. При этом было показано, что надвиги являются первичными, а антиклинали вторичными. Существование аллохтонных структур доказано не только в окраинных, но и во внутренних районах молодых и древних платформ, а также океаниче-

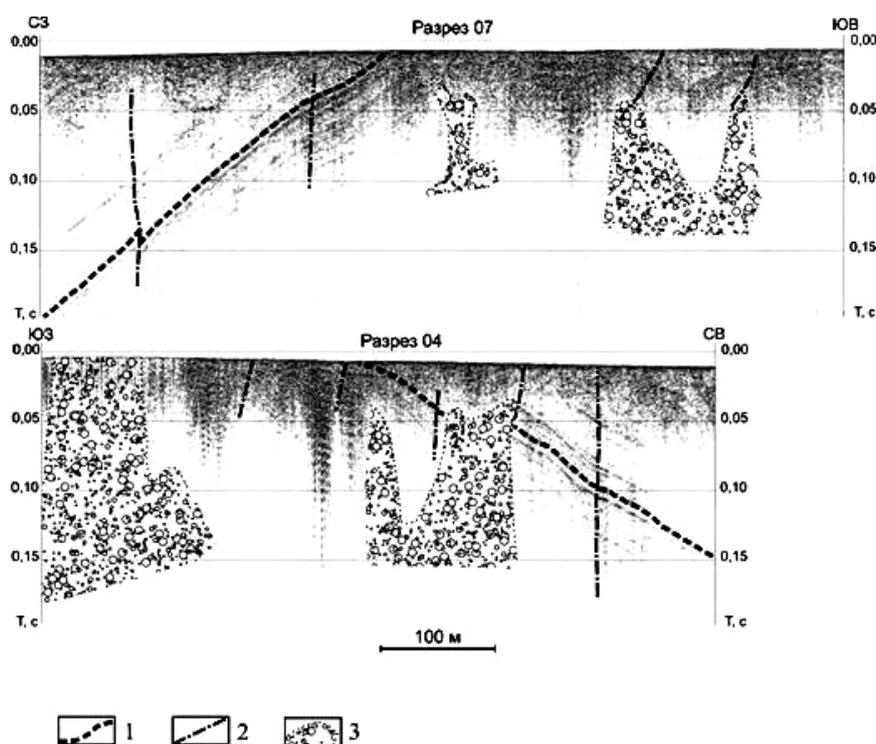


Рис. 7. Геолого-геофизические разрезы, иллюстрирующие строение морской части антиклинали [Popkov et al., 2013].

1 – опорный сейсмоакустический горизонт; 2 – тектонические нарушения; 3 – участки флюидизации разреза (потеря сейсмоакустического сигнала).

Fig. 7. Geological and geophysical cross-sections illustrating the structure of the marine part of the anticline, according to [Popkov et al., 2013].

1 – seismo-acoustic marker; 2 – tectonic faults; 3 – fluidization sites (lost seismo-acoustic signals).

ских плит. Многочисленные примеры на этот счет, со ссылками на соответствующих авторов, приведены в работах [Popkov, 1991, 2005; Raznitsin, 2006; Goncharov et al., 2012].

Проведенные исследования показали, что литосферные плиты не являются жесткими геологическими телами, а гораздо более тектонически мобильны, чем это предусматривалось в традиционных вариантах тектоники литосферных плит. В процессе своего развития они периодически подвергаются воздействию тангенциального стресса, приводящему к сокращению их площади за счет поддвига, тектонического «сдваивания» (окраины плит), а также образования внутриплитных складчато-надвиговых дислокаций [Popkov, 1991, 2005]. Изучение истории образования дислокаций показало, что их развитие носит, как правило, длительный скачкообразный характер [Popkov, 1991, 2004].

Периодические кратковременные импульсы бокового сжатия, которые испытывают литосферные плиты, сопровождаются восходящими тектоническими движениями, морскими регрессиями и размывом накопившихся ранее отложений, перестройкой структурного плана, заложением новых тектонических эле-

ментов и осложняющих их локальных дислокаций. По сути, они являются своего рода революционными «скачками» в развитии территорий на фоне более продолжительных эволюционных периодов слабодифференцированного тектонического развития.

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 [Popkov, 1985, 1991].

Вполне естественно возникает вопрос об источниках тангенциального стресса, который неоднократно испытывают литосферные плиты в процессе своего развития. И здесь мы уходим от достаточно достоверно установленных фактов в область предположений и гипотез.

Несомненно, процессы сжатия в складчатых областях, на континентальных платформах и океанских плитах являются следствием более общих причин, обуславливающих глобальную структуру литосферы. Наиболее вероятной причиной возникающих напря-



Рис. 8. Сейсмогравитационные процессы на склоне, вызванные ростом поднятия в прибрежной зоне.

Fig. 8. Seismic gravity processes at the slope due to uplifting in the coastal zone.

жений в верхних слоях литосферы могут служить конвективные течения в мантии, реальность существования которых до настоящего времени 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 [Porkov, 1991, 2005]. Возможно также участие ротационных сил, «плюмовой» тектоники и других процессов.

Некоторые исследователи видят влияние на эти процессы движений ядра Земли [Goncharov et al., 2012]. В частности, ими показано, что надвиги с северной вергентностью характерны как для континентальной, так и для океанской литосферы северного полушария. Обусловлено это глобальным процессом субмеридионального сжатия, который является следствием не просто конвекции в мантии, а такой одноячейистой конвекции, которая, возбуждаемая северным дрейфом ядра, осуществляет в течение всего фанерозоя поверхностный горизонтальный, направленный к северу, поток вещества мантии, перемещающий кон-

тиненты из южного полушария в северное. Компенсацией этого потока является восходящий поток под Антарктидой и нисходящий поток под Арктическим океаном.

Периодическая разрядка тангенциальных тектонических напряжений, приводящая к формированию внутриплитных дислокаций бокового сжатия, обуславливает 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, которые могут приводить как к образованию, так и к разрушению месторождений полезных ископаемых [Porkov, 1990, 2000].

В частности, высвобождение тепловой энергии, стресс-метаморфизм, тектонодинамические 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 акти-

вируют процессы вертикальной и последующей латеральной миграции флюидов, приводя к формированию зон аномально высоких пластовых давлений и внедрению УВ в коллекторы-ловушки. Основными каналами миграции флюидов являются литрические 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.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автор считает своим долгом поблагодарить М.А. Гончарова и А.В. Маринина за конструктивные замечания к рукописи статьи.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты 11-05-00857-а, 13-05-96507-р_юг_а), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, проекты 2012-1.2.1-12-000-1007-015 (Соглашение № 14.В37.21.1258), 2012-1.1-12-000-1006-006 (Соглашение № 14.В37.21.0582).

5. ЛИТЕРАТУРА

- Benenson V.A., Morozov M.N., 1976. Breaks in the Mesozoic and Cenozoic sedimentation of Central Asia and the Caucasus. In: Tectonics and petroleum potential of the North-West of the Central Asian platform (Turan Plate). Nauka, Moscow, p. 49–60 (in Russian) [Бененсон В.А., Морозов М.Н. Перерывы в мезозойском и кайнозойском осадконакоплении Средней Азии и Предкавказья // Тектоника и нефтегазоносность северо-запада Среднеазиатской платформы (Туранская плита). М.: Наука, 1976. С. 49–60].
- Chirvinskaya M.V., 1964. Cyclicity of tectonic movements in the Dnieper-Donets Basin and conditions of formation of local structures. In: Issues of comparative tectonics of ancient platforms. Nauka, Moscow, p. 62–74 (in Russian) [Чирвинская М.В. Цикличность тектонических движений в Днепровско-Донецкой впадине и условия формирования локальных структур // Вопросы сравнительной тектоники древних платформ. М.: Наука, 1964. С. 62–74].
- Dmitriev L.P., Palamar V.P., Popkov V.I., Rabinovich A.A., 1979. The structural history of the Southern Mangyshlak. *Geologiya nefi i gaza (Oil and Gas Geology)* 1, 17–22 (in Russian) [Дмитриев Л.П., Паламарь В.П., Попков В.И., Рабинович А.А. История формирования структуры Южного Мангышлака // Геология нефти и газа. 1979. № 1. С. 17–22].
- Goncharov M.A., Raznitsin Yu.N., Barkin Yu.V., 2012. Specific features of deformation of the continental and oceanic lithosphere as a result of the Earth core northern drift. *Geodynamics & Tectonophysics* 3 (1), 27–54. <http://dx.doi.org/10.5800/GT-2012-3-1-0060>.
- Kabyshev B.P., 1972. Rates of con-sedimentation and post-sedimentation tectonic processes in the Dnieper-Donetsk basin and the Donets basin. *Geotektonika (Russian Geotectonics)* 4, 59–68 (in Russian) [Кабышев Б.П. Скорость конседиментационных и постседиментационных тектонических процессов в Днепровско-Донецкой впадине и Донецком бассейне // Геотектоника. 1972. № 4. С. 59–68].
- Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T., 1981. The Origin of Folding. Nauka, Moscow, 135 p. (in Russian) [Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Происхождение складчатости. М.: Наука, 1981. 135 с].
- Khain V.E., 1950. On the continuous-interrupted flow of tectonic processes. *Izvestiya, the USSR Academy of Science, Geological Series* 6, 26–44 (in Russian) [Хайн В.Е. О непрерывно-прерывистом течении тектонических процессов // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1950. № 6. С. 26–44].
- Khain V.E., Goncharov M.A., 2006. Geodynamic cycles and geodynamic systems of various ranks: their relationships and evolution in the Earth's history. *Geotectonics* 40 (5), 327–344. <http://dx.doi.org/10.1134/S0016852106050013>.
- Popkov V.I., 1985. Traces of tangential compression in the platform structure of the western regions of the Turan plate. *Doklady AN SSSR* 284 (3), 674–678 (in Russian) [Попков В.И. Следы тангенциального сжатия в платформенной структуре западных районов Туранской плиты // Доклады АН СССР. 1985. Т. 284. № 3. С. 674–678].
- Popkov V.I., 1990. Tangential tectonics and oil-and-gas occurrence in the Aral-Caspian region. *Doklady AN SSSR* 313 (2), 420–423 (in Russian) [Попков В.И. Тангенциальная тектоника и нефтегазоносность Арало-Каспийского региона // Доклады АН СССР. 1990. Т. 313. № 2. С. 420–423].
- Popkov V.I., 1991. Intraplate structures of lateral compression. *Geotektonika (Russian Geotectonics)* 2, 13–27 (in Russian) [Попков В.И. Внутриплитные структуры бокового сжатия // Геотектоника. 1991. № 2. С. 13–27].
- Popkov V.I., 2000. Stress tectonics. Generation, migration and accumulation of hydrocarbons – basic regularities. In: New ideas in geology and geochemistry of oil and gas. Petroleum Geology – results of the 20th century. Moscow State University, Moscow, p. 155–156 (in Russian) [Попков В.И. Стресс-тектоника. Генерация, миграция и аккумуляция УВ – основные закономерности // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазовая геология – итоги XX века. М.: МГУ, 2000. С. 155–156].
- Popkov V.I., 2004. On impulsivity of the platform structure formation. *The South-Russian Journal of Geology, Geography and Global Energy* 3 (9), 167–173 (in Russian) [Попков В.И. Об импульсивности платформенного структурообразования // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2004. Т. 9. № 3. С. 167–173].
- Popkov V.I., 2005. The stress tectonics of the lithospheric plates. *Ecological Bulletin of Scientific Centres of the Black Sea Economic Union* 1, 71–79 (in Russian) [Попков В.И. Стресс-тектоника литосферных плит // Экологический вестник

- научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2005. № 1. С. 71–79].
- Popkov V.I., 2009. Fold-thrust dislocations in the sedimentary cover of the Azov Sea. *Geotectonics* 43 (4), 324–332. <http://dx.doi.org/10.1134/S0016852109040062>.
- Popkov I.V., 2012a. Activation of tectonic movements at the Taman Peninsula. *Geology, Geography, and Global Energy* 2, 124–128 (in Russian) [Попков И.В. Активизация тектонических движений на Таманском полуострове // *Геология, география и глобальная энергия*. 2012. № 2. С. 124–128].
- Popkov I.V., 2012b. On anomalously high velocities of tectonic movements in mud volcanism areas. *Geology. Proceedings, the Earth Sciences and Natural Resources of Bashkiria* 7, 27–32 (in Russian) [Попков И.В. Об аномально высокой скорости тектонических движений в областях развития грязевого вулканизма // *Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*. 2012. № 17. С. 27–32].
- Popkov V.I., 2012c. On the impulsive nature of development of intraplate dislocations of lateral compression. *Geology. Proceedings, the Earth Sciences and Natural Resources of Bashkiria* 17, 33–40 (in Russian) [Попков В.И. Об импульсивном характере развития внутриплитных дислокаций бокового сжатия // *Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*. 2012. № 17. С. 33–40].
- Popkov V.I., 2012d. Tectonic impulses and dislocation process. In: The Third tectonophysical conference in IPE RAS. Tectonophysics and current issues of the Earth Sciences. Conference Proceedings, October 8–12, 2012. IPE RAS, Moscow, Vol. 2, p. 35–38 (in Russian) [Попков В.И. Тектонические импульсы и дислокационный процесс // Третья тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Материалы докладов конференции 8–12 октября 2012 г. М.: ИФЗ РАН, 2012. Т. 2. С. 35–38].
- Popkov V.I., Eldarov A.S., 1988. Specific features of the structure and the mechanism of formation of local uplifts at the Buzachi peninsula. *Izvestia, the USSR Academy of Science, Geological Series* 3, 127–132 (in Russian) [Попков В.И., Эльдаров А.С. Особенности строения и механизм формирования локальных поднятий полуострова Бузачи // *Известия АН СССР. Серия геологическая*. 1988. № 3. С. 127–132].
- Popkov V.I., Fomenko V.A., Glazyrin E.A., Popkov I.V., 2012. The catastrophic tectonic event in the Kerch-Taman mud volcano area. In: The Third tectonophysical conference in IPE RAS. Tectonophysics and current issues of the Earth Sciences. Conference Proceedings, October 8–12, 2012. IPE RAS, Moscow, Vol. 1, p. 411–414 (in Russian) [Попков В.И., Фоменко В.А., Глазырин Е.А., Попков И.В. Катастрофическое тектоническое событие в Керченско-Таманской грязевулканической области // Третья тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Материалы докладов конференции 8–12 октября 2012 г. М.: ИФЗ РАН, 2012. Т. 1. С. 411–414].
- Popkov V.I., Fomenko V.A., Glazyrin E.A., Popkov I.V., 2013. A catastrophic tectonic event of summer 2011 in the Taman Peninsula. *Doklady Earth Sciences* 448 (2), 172–174. <http://dx.doi.org/10.1134/S1028334X13020207>.
- Popkov V.I., Nugmanov Ya.D., 1983. The impact of upward tectonic movements on formation of the structure of the Southern Mangyshlak basin. *Izvestia, the USSR Academy of Science, Geological Series* 6, 113–120 (in Russian) [Попков В.И., Нугманов Я.Д. Значение восходящих тектонических движений в формировании структуры Южно-Мангышлакского прогиба // *Известия АН СССР. Серия геологическая*. 1983. № 6. С. 113–120].
- Raznitsin Y.N., 2006. Tectonic Layering of the Lithosphere of Young Oceans and Paleobasins. Nauka, Moscow, 270 p. (in Russian) [Разницин Ю.Н. Тектоническая расслоенность литосферы молодых океанов и палеобассейнов. М.: Наука, 2006. 270 с.].
- Schlesinger A.E., 1965. The Structural Position and Development of Mangyshlak Dislocations. Nauka, Moscow, 217 p. (in Russian) [Шлезингер А.Е. Структурное положение и развитие Мангышлакской системы дислокаций. М.: Наука, 1965. 217 с.].
- Usov M.A., 1945. The main forms of tectonic movements. In: Problems of geology of Siberia: The collection is dedicated to the memory of Academician M.A. Usov. AN SSSR, Moscow, Leningrad, Vol. 1, p. 315–327 (in Russian) [Усов М.А. Основные формы тектонических движений // Вопросы геологии Сибири: сборник, посвященный памяти академика М.А. Усова. М.–Л.: АН СССР, 1945. Т. 1. С. 315–327].
- Vorobyev B.S., Voronoy E.E., 1966. On education non-salt-dome structures in the Dnieper-Donets basin. *Proceedings of UkrNIIGaz* 2, 66–82 (in Russian) [Воробьев Б.С., Вороной Е.Е. К вопросу образования несолянокупольных структур в Днепровско-Донецкой впадине // *Труды УкрНИИГаз*. 1966. Вып. 2. С. 66–82].



Попков Василий Иванович, докт. геол.-мин. наук, профессор, декан геологического факультета Кубанский государственный университет
350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149, Россия
Тел. (861)2199634; ✉ e-mail: geoskubsu@mail.ru

Popkov, Vasily I., Professor, Doctor of Geology and Mineralogy, Dean of Geological Department Kuban State University
149 Stavropolskaya street, Krasnodar 350040, Russia
Tel.: 8(861)2199634; ✉ e-mail: geoskubsu@mail.ru