

О тектонической природе Западно-Кубанского прогиба

On the tectonic nature of the Western Kuban trough

N.B. Kuznetsov¹, T.V. Romanyuk², K.I. Dantsova³, I.V. Fedyukin²,
I.V. Latysheva¹, A.V. Shatsillo², O.A. Maslova¹, S.D. Polina³

¹Geological Institute of the RAS, RF, Moscow

²Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, RF, Moscow

³Gubkin University, RF, Moscow

E-mail: kristinadantsova@yandex.ru

Keywords: pericratonic basin, foothill basin, Greater Caucasus

The Western Kuban trough, the water area of the Azov and the Eastern Black Seas are still among the few underexplored hydrocarbon basins. Their oil and gas potential is directly due to the properties of the sedimentary strata that fill them, which are controlled by the sources of drift: quartz-rich sands and sandstones are good oil reservoirs, and clay strata are oil source complexes. Despite the long history of geological and geophysical studies of the Northern Black Sea region and the abundance of factual material accumulated in this region, there are still significant gaps in understanding the mechanism and history of basin filling and their Cenozoic geodynamic evolution. In particular, the issue of demolition source for strata of different ages has not been resolved. The demolition source for sands and sandstones could only be the complexes of the East European Platform, i.e. for the formation of high-quality oil reservoirs in the indicated basins, sedimentation flows into these basins from the north, and not from the south (regions of the modern Caucasus), are favorable. The article presents an analysis of existing ideas about the tectonic nature of the Western Kuban trough and paleogeographic reconstructions of the Northern Black Sea region using seismostratigraphic profiles and the results of U-Pb dating of detrital zircon grains (dZr) from sedimentary sequences. Highly detailed seismic records for the Western Ciscaucasia show that the flow of clastic material towards the western part of the modern mountain structure of the Greater Caucasus from the north continued until the end of the Miocene. That is, there is currently no seismostratigraphic evidence for the existence of a mountain structure in the western part of the modern Greater Caucasus up to the beginning of the Pliocene, and the uplift of this orogen in its western segment began no earlier than the Late Miocene. The existing data of U-Pb dating of dZr from the sequences of the Northern Black Sea region of different ages also did not reveal any signs of the input of erosion products from the Caucasus into the Western Kuban trough. For most of its existence, the Ciscaucasian trough had a marginal continental ("pericratonic") nature and was filled mainly with sedimentary flows from the East European Platform. Its transformation into a foothill sedimentary basin occurred no earlier than the Pliocene. Revision of the basic ideas about the method of filling and geodynamic evolution of the Ciscaucasian trough will inevitably lead to the correction of numerical models of generation-accumulation hydrocarbon systems of the Western Kuban trough.

Месторождения нефти и газа сосредоточены в осадочных бассейнах, находящихся во внутренних частях регионов с платформенным строением (район Ромашкинского месторождения, Западно-Сибирский бассейн, Тимано-Печорская провинция и др.), и бассейнах, расположенных в периферических частях регионов с платформенным строением (бассейны на Атлантических

Н.Б. Кузнецов¹, Д.Г.-М.Н.,
Т.В. Романюк², Д.Ф.-М.Н.,
К.И. Данцова³,
И.В. Федюкин²,
И.В. Латышева¹, К.Г.-М.Н.,
А.В. Шаццлло², К.Г.-М.Н.,
О.А. Маслова¹, К.Г.-М.Н.,
С.Д. Полина³

¹Геологический институт РАН

²Институт физики Земли РАН
им. О.Ю. Шмидта

³РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина

Адрес для связи: kristinadantsova@yandex.ru

Ключевые слова: перикратонный бассейн, предгорный бассейн, Большой Кавказ

Для цитирования: О тектонической природе Западно-Кубанского прогиба / Н.Б. Кузнецов, Т.В. Романюк, К.И. Данцова [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 9. – С. 78-84. – <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-9-78-84>

Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., K.I. Dantsova et al., *On the tectonic nature of the Western Kuban trough* (In Russ.), *Neftyanoe khozyaystvo = Oil Industry*, 2023, No. 9, pp. 78-84, DOI: <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-9-78-84>

Исследования выполнены в соответствии с заданием и при финансовой поддержке проекта РНФ-23-27-00409.

окраинах, бассейн Карского моря, Приуральская провинция и др.). Ко второй категории относят Западно-Кубанский прогиб.

Среди нефтегазоносных бассейнов, расположенных в периферических частях регионов с платформенным строением, выделяют предгорные (другие названия – передовые, форландовые и др.) и перикратонные (бас-

сейны на пассивных окраинах, шельфовые бассейны и др.). Главное различие предгорных и перикратонных бассейнов состоит в характере их заполнения осадочным (обломочным) материалом, а также в относительном положении источников сноса обломочного материала. Предгорные прогибы (Предуральский, Предверхожанский) заполнены преимущественно продуктами разрушения сопряженного с ними горного сооружения и перекрыты молассой, существенной составляющей которой являются грубообломочные породы. Перикратонные бассейны заполнены материалом седиментационных потоков, приносимых с континента протяженными разветвленными речными системами, дренирующими обширные области континента, на краю которого расположен бассейн, при этом непосредственно в дельтах крупных рек происходит формирование толщ с ярко проявленным клиноформным строением. Таким образом, для предгорных бассейнов, выполненных преимущественно продуктами разрушения горного сооружения, у подножья которого формируется осадочный бассейн, характерна латеральная проградация осадочных толщ в направлении от горного сооружения на сопряженный континент, а для внутреннего строения перикратонных бассейнов – в направлении от сопряженного с бассейном континента (рис. 1).

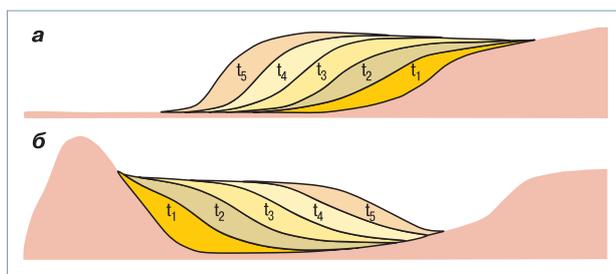


Рис. 1. Концептуальная схема седиментационного заполнения перикратонных (а) и предгорных (б) бассейнов (t_1 – t_5 – клиноформы [1])

Западно-Кубанский прогиб, а также прогибы акватории Азовского и северо-восточной части Черного морей до сих пор остаются одними из немногих недоизученных нефтегазоносных бассейнов. Нефтегазоносность непосредственно зависит от вещественного состава и структуры выполняющих их осадочных толщ, которые контролируются источниками сноса: богатые кварцем пески и песчаники являются хорошими коллекторами углеводородов, а глинистые отложения – нефтематеринскими комплексами.

Несмотря на длительную историю геолого-геофизического изучения Северного Причерноморья и большого объема накопленного по этому региону фактического материала (рис. 2), до сих пор остаются существенные пробелы в понимании механизма и истории заполнения Западно-Кубанского прогиба и его геодинамической эволюции в кайнозойский период. В частности, не установлены источники сноса терригенного материала для толщ разного возраста. Источником сноса для песков и песчаников могли быть только комплексы Восточно-Европейской платформы, т.е. образованию качественных нефтяных резервуаров в рассматриваемых бассейнах способствовали седиментационные потоки с севера, а не с юга (области современного Кавказа).

Западно-Кубанский прогиб еще ранее рассматривался как предгорный прогиб, сопряженный с горным сооружением Кавказа, как западная часть передового Предкавказского прогиба, Предкавказская часть Западно-Кубанского передового прогиба [2]. Принято считать, что Западно-Кубанский прогиб заполнен преимущественно продуктами разрушения, сносимыми с северо-западного сегмента Большого Кавказа. Эти представления до сих пор доминируют среди геологов-нефтяников и положены в основу численных моделей эволюции генерационно-аккумуляционных углеводородных систем Предкавказского прогиба [3].

Согласно существующим и получившим широкое распространение и признание палеотектоническим и палеогеографическим реконструкциям область современного Северного Причерноморья, Предкавказья и Каспийского региона в конце мезозоя была северной периферией океана Тетис, расположенного между Аркт-Лавразийскими и Гондванскими континентальными массами [4–6]. В кайнозой после сближения Аркт-Лавразийских и Гондванских континентальных масс означенный регион стал северной частью обширного эпиконтинентального бассейна, который получил название Пара-Тетис и представлял собой сложную систему суб-бассейнов, соединенных узкими проливами (рис. 3). Перекрытия проливов, соединявших суб-бассейны, приводили к эпизодическим прекращением связи суб-бассейнов со Средиземноморским сектором Мирового океана, резким изменениям гидрологического режима, катастрофическим падениям уровня моря, смене морских фаунистических сообществ пресноводными и др. [8, 9].

В мелу, палеогене и неогене современные глубоководные котловины, расположенные в западной и восточной частях Черного моря, а также в южной части Каспийского моря, были, по-видимому, частями глубоководной впадины. В то же самое время в пределах бассейна Пара-Тетис, т.е. на месте современного Крыма, Большого Кавказа и Предкавказья, располагался обширный эпиконтинентальный шельфовый осадочный бассейн, который называется Крымско-Кавказский (см. рис. 3). В этом бассейне шло накопление проградирующих в направлении глубоководных котловин Тетиса осадочных последовательностей [10, 11]. Фрагменты данных последовательностей экспонированы в настоящее время в Горном Крыму, на Большом Кавказе и в южной части Предкавказья, а также вскрыты многочисленными скважинами в Западно-Кубанском прогибе и изучены сейсмостратиграфическими методами [8, 12].

В настоящее время западная часть Крымско-Кавказского бассейна разделена горным сооружением Западного Кавказа на Западно-Кубанский и Туапсинский прогибы. Существуют две альтернативные системы взглядов на историю формирования этих прогибов, а также Западного Кавказа.

В соответствии с традиционными представлениями Большой Кавказ интерпретирован как альпийский коллизионный ороген, возникший в качестве самостоятельной структуры в раннем олигоцене или в более позднее время в северной краевой части центрального сегмента гигантского Альпийско-Гималайского пояса, образовавшегося в результате конвергенции Гондванских и Аркт-

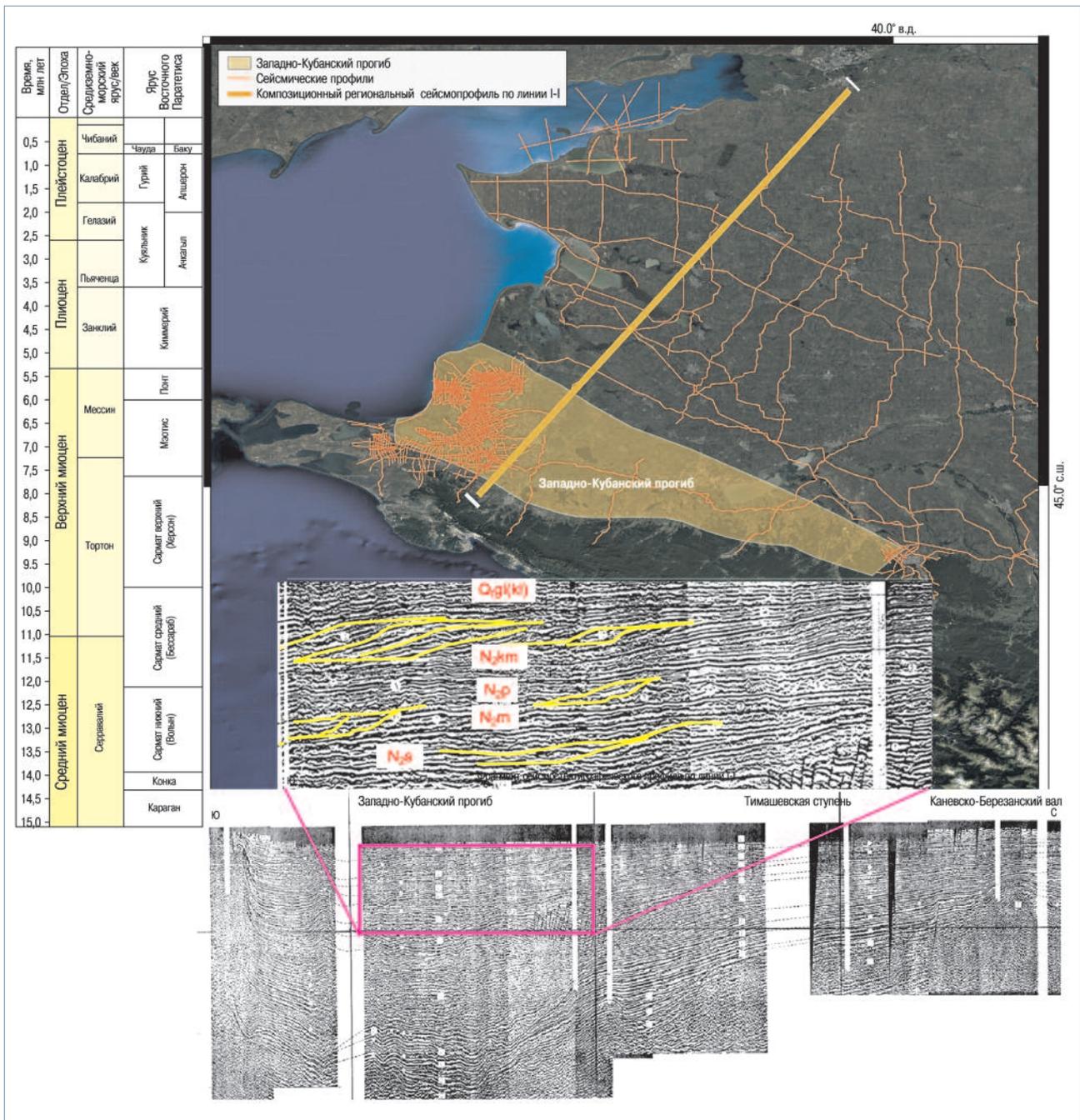


Рис. 2. Фрагмент схемы изученности Западного Предкавказья региональными сейсморазведочными работами. Палеотектонические и палеогеографические реконструкции Северного Причерноморья

Лавразийских континентальных блоков. При этом фиксируемые на Кавказе сдвиговые деформации принято считать отражением тектонических процессов, сопровождавших Гондванско-Аркт-Лавразийское коллизионное взаимодействие. Согласно данным представлениям на месте будущего Западного Кавказа был расположен юрско-палеогеновый (?рифтовый) глубоководный трог. Затем, не ранее олигоценового времени, толщи, выполняющие этот трог, начали испытывать деформации, после чего последовало воздымание Западного Кавказа и заполнение Западно-Кубанского и Туапсинского прогибов, структурно и пространственно сопряженных с указанным поднятием, продуктами разрушения Кавказа (см. рис. 3, 4) [13–18].

До олигодена области современных Западно-Кубанского и Туапсинского прогибов были либо частями еди-

ного Крымско-Кавказского бассейна, либо его суб-бассейнами, отделенными друг от друга невысокими поднятиями в виде цепочки островов. Одним из оснований для реконструкции небольшого поднятия на месте будущего Западного Кавказа уже в олигоцене является отсутствие в области современного Западного Кавказа осадочных толщ моложе олигодена. Однако, возможно, что такие отложения и даже более древние на месте будущего Западного Кавказа существовали, но в более позднее время в процессе воздымания Кавказа были полностью размыты и денудированы. В настоящее время нет фактических данных, позволяющих с уверенностью ответить на этот вопрос.

Альтернативные представления об истории и механизме формирования Западного Кавказа и Западно-Кубанского прогиба были предложены в работе [10]. Со-



Рис. 3. Палеогеографическая схема бассейна Пара-Тетис для конца олигоцена ([7, 8] с дополнениями и изменениями) (ПД – Польско-Датский пролив; ВВ – Волынская возвышенность; УП – Украинский перешеек; ДБ – Донбасс)

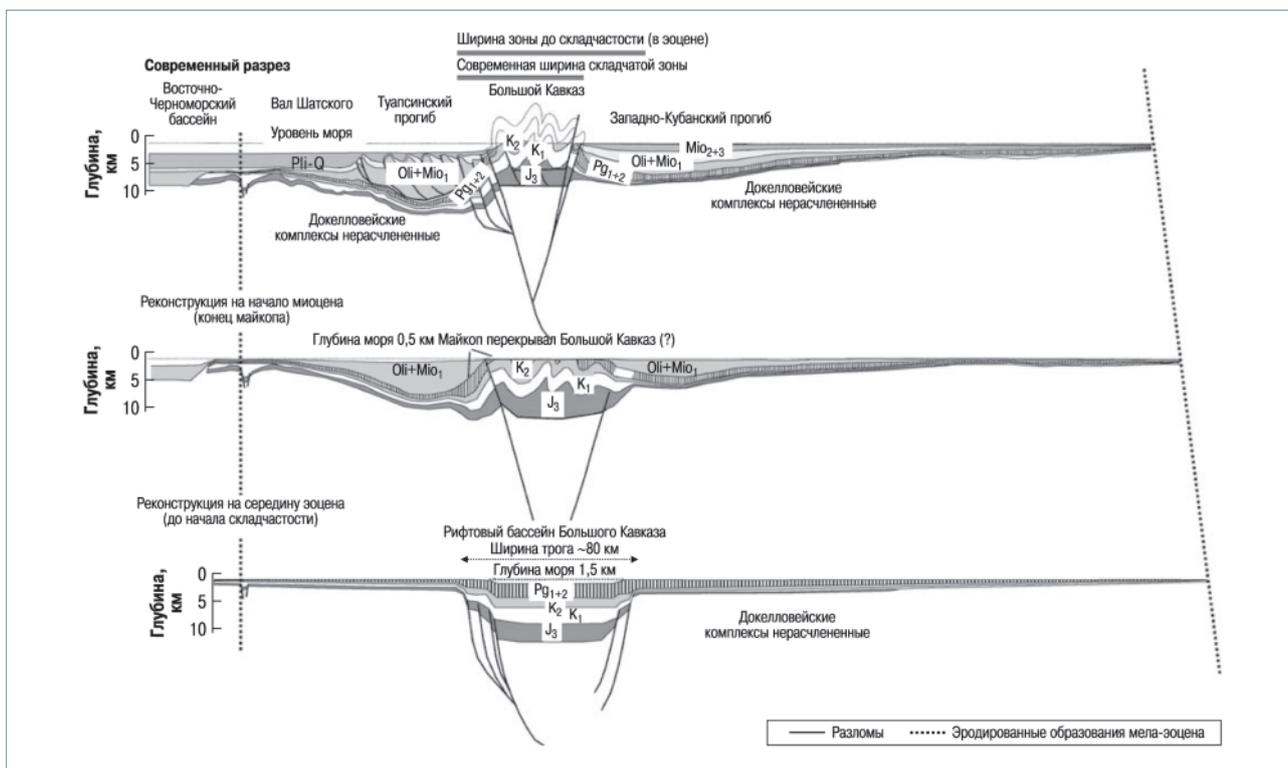


Рис. 4. Реконструкция геологической истории западной части Большого Кавказа (по материалам работы [17]): Pli-Q – плиоцен-квартер, Mio₂₊₃ – средний-верхний миоцен, Oli-Mioc – олигоцен-ранний миоцен (майкоп), P₉₊₂ – палеоцен-эоцен, K₂ – поздний мел, K₁ – ранний мел, J₃ – келловей и поздняя юра

гласно концепции авторов этой работы, а также по мнению авторов настоящей статьи, современная структура Крымско-Кавказско-Копетдагского региона сформирована под воздействием протяженной постплиоценовой сдвиговой зоны, наложенной на разновозрастные структуры Альпийско-Гималайского пояса и юга Скифско-Туранской плиты. Современное горное сооружение Большого Кавказа – это северное (висячее) крыло про-

тяженной присдвиговой зоны, которая функционировала в позднем плиоцене вдоль северной периферии Паратетиса. Таким образом, Большой Кавказ представляет собой поднятый блок пород, часть из которых была деформирована еще в киммерийскую эпоху и на более ранних этапах. Это может означать, что формирование Большого Кавказа обусловлено не непосредственно коллизийными процессами, а поднятием южного края

Скифской плиты вследствие начавшихся лишь в плиоцене сдвигово-транспрессивных движений, проявленных вдоль всего Большого Кавказа. Движения в миоцен-четвертичное время в аналогичном правосдвиговом стиле установлены также в пределах Анатолийского, Восточно-Черноморского и Иранского блоков [19].

В позднем мезозое и палеогене Крымско-Кавказский осадочный бассейн был расположен в области перехода от шельфа к глубоководной части Тетиса, реликты которого сейчас представляют собой Западно- и Восточно-Черноморские глубоководные котловины. Позднее в неогене бассейн стал частью Пара-Тетиса. Начиная самое раннее с олигоцена, в Крымско-Кавказском осадочном бассейне происходило накопление проградирующего к югу комплекса осадочных пород с отчетливо выраженным клиноформным внутренним строением [8, 11]. В дальнейшем в результате крупноамплитудных правосдвиговых движений формировались поднятия Большого Кавказа [10], а также кулисообразно подставляющих друг друга поднятия Андрусова и Архангельского, разделившие глубоководную часть Пара-Тетиса на Западно- и Восточно-Черноморские котловины. Воздымание Западного Кавказа произошло не ранее позднего миоцена (возможно, позже) и обособило Западно-Кубанский и Туапсинский прогибы, которые были частями единого бассейна.

По мнению авторов, основная причина быстрого воздымания Кавказа – реакция не непосредственно на коллизионную транспрессию, а на пост-коллизионные процессы: деляминацию литосферного корня под Кавказским регионом, которая зафиксирована методом сейсмотомографии [20, 21]. Резкое возрастание скорости экзумации центрального сегмента Большого Кавказа в плиоцене, полученное по данным низкотемпературной термохронометрии [22], соответствует такому тектоническому сценарию.

Сеймостратиграфический анализ осадочных толщ, выполняющих Крымско-Кавказский осадочный бассейн

Выделение различных этапов заполнения и деформационной эволюции бассейна, реликты которого представлены в виде мезозойских и кайнозойских толщ, экспонированных в современной структуре западных частей Большого Кавказа и Западного Предкавказья, возможно с помощью полученных в последнее десятилетие для Западного Предкавказья сеймостратиграфических материалов высокого разрешения и бурения. Проведение сеймостратиграфического анализа позволяет установить разные этапы эволюции палеобассейна в кайнозое, проследить их проявления по разрезу и площади бассейна, что необходимо для определения направления седиментационных потоков, этапов изоляции бассейна, оценки колебаний относительного уровня моря и др.

Западнопредкавказская часть Крымско-Кавказского осадочного бассейна (Западное Предкавказье) – это нефтеносный район, и его выполнение к настоящему времени уже хорошо изучено методами сейморазведки и бурением (см. рис. 2).

На кафедре поисков и разведки нефти и газа РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина создана и по-

стоянно совершенствуется обширная база геологических, геофизических и геохимических данных по Предкавказью и Прикаспийскому региону. В последнее время удалось собрать воедино большой объем уникальных сейсмических данных и других материалов по Западнему Кавказу и Предкавказью. Сейсмические данные принадлежат ГИН РАН и ФГБУ «Росгеолфонд».

Специфические детали на сеймостратиграфических разрезах – надежно идентифицированные клиноформы, эрозионные границы разных порядков, палеоврезы и другие элементы структуры – позволяют определять направления седиментационных потоков, выполнявших Западно-Кубанский прогиб (рис. 5). Они однозначно указывают на то, что в течение позднего мезозоя и почти всего кайнозоя (до раннего плейстоцена включительно) заполнение бассейна происходило преимущественно за счет бокового наращивания разреза в южном направлении [8, 11]. При таком характере заполнения бассейна нет сомнений в том, что основной седиментационный поток в Крымско-Кавказский бассейн (точно в его северную часть) был со стороны расположенных севернее бассейна платформенных структур – древней Восточно-Европейской и молодой эпигерцинской Скифской платформ. Такой характер заполнения бассейна доминировал вплоть до пограничных стратиграфических уровней неогена (плиоцена) и квартера (гелазия), оценки нижнего возрастного рубежа которого составляют 2,6 млн лет.

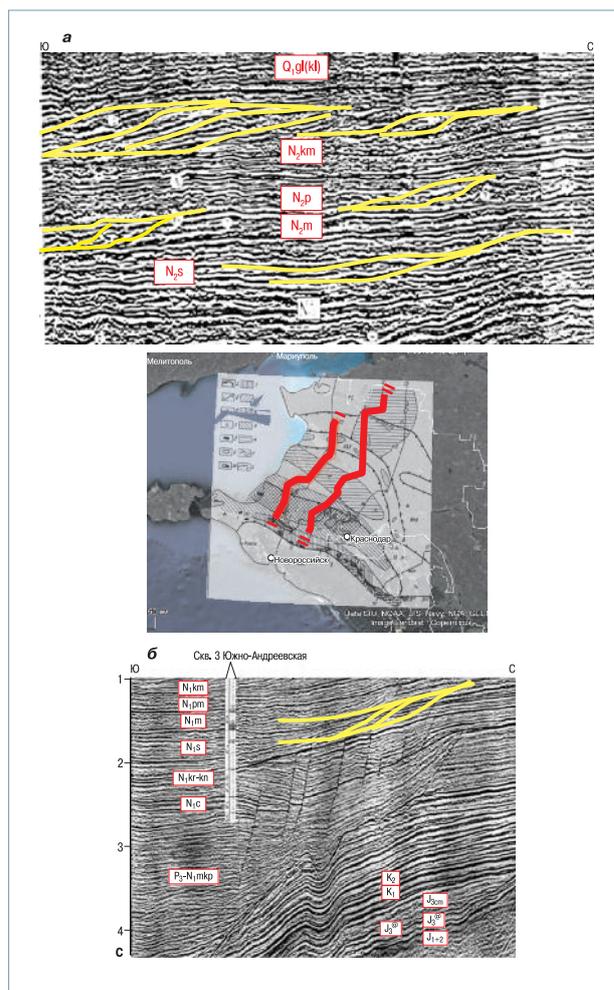


Рис. 5. Фрагменты сеймостратиграфических разрезов по линиям I-I (а) и II-II (б) [8]

В позднеплиоцен-четвертичное время скорости осадконакопления в Западно-Кубанском прогибе существенно понизились, что привело к уменьшению толщин слоев ниже предела разрешения сейсмостратиграфического метода. С помощью этого метода фактически невозможно определить направление седиментационных потоков в верхнеплиоцен-четвертичных толщах Западно-Кубанского прогиба.

В Прикавказской части Туапсинского прогиба кайнозойские толщи сильно деформированы [23, 24], что не позволяет распознавать специфические детали на сейсмостратиграфических разрезах, по которым можно было бы оценить направления седиментационных потоков и спрогнозировать источники сноса.

Таким образом, анализ сейсмических материалов показывает, что до рубежа миоцена и плиоцена ориентировки всех клиноформенных тел по всему Западно-Ку-

банскому прогибу свидетельствуют о боковом (горизонтальном) наращивании разреза только со стороны Восточно-Европейской и/или Скифской платформ, что соответствует поступлению материала в бассейн только с севера (в современных координатах).

Однако в настоящее время на месте депоцентра бассейна расположено горно-складчатое сооружение Западного Кавказа. Это означает, что осадочные комплексы выполнения Крымско-Кавказского палеобассейна вместе с комплексами его структурного основания в плиоцен-четвертичное время были вовлечены в процессы горообразования и эрозии, т.е. началась трансформация Предкавказского прогиба из перикратонного (окариноконтинентального) бассейна в предгорный осадочный прогиб. Трансформация произошла не ранее плиоцена, это позволяет предполагать, что воздымание Западного Кавказа началось не ранее позднего миоцена.

Список литературы

1. *Тектонический кодекс России* / Г.С. Гусев, Н.В. Межеловский, А.В. Гушин [и др.]. – М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2016. – 240 с.
2. *Архангельский А.Д.* Условия образования нефти на Северном Кавказе. М.-Л.: Научно-издательское бюро СНП, 1927. – 186 с.
3. *Углеводородные системы Крымско-Кавказского сегмента Альпийской складчатой системы* / В.Ю. Керимов, Н.Ш. Яндарбиев, Р.Н. Мустаев, А.А. Кудряшов // Георесурсы. – 2021. – 23(4). – С. 21–33. – <https://doi.org/10.18599/grs.2021.4.3>
4. *Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region* / A.M. Nikishin, M. Wannier, A.S. Alekseev [et al.] // *Tectonic Evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus* / M. Sosson, R.A. Stephenson, S.A. Adamia (eds) // Geological Society, London, Special Publications. – 2015. – V. 428. – <http://doi.org/10.1144/SP428.1>
5. *The Black Sea basins structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill* / A.M. Nikishin, A. Okay, O. Tuysuz [et al.] // *Marine and Petroleum Geology*. – 2015. – V. 59. – P. 638–655. – DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017
6. *The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: Tectonic history and paleogeography* / A.M. Nikishin, A. Okay, O. Tuysuz [et al.] // *Marine and Petroleum Geology*. – 2015. – V. 59. – P. 656–670. – DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018
7. *Первые результаты U-Pb датирования зерен детритового циркона из олигоцена юго-востока Воронежской антеклизы и их значение для палеогеографии* / Г.Н. Александрова, К.Г. Ерофеева, Н.Б. Кузнецов [и др.] // Доклады РАН. Науки о Земле. – 2020. – Т. 494. – № 1. – С.14–19. – DOI: 10.31857/S2686739720090042
8. *Колебания уровня моря на северном шельфе Восточного Паратетиса в олигоцене – неогене* / С.В. Попов, М.П. Антипов, А.С. Застрожных [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2010. – Т. 18. – № 2. – С. 99–124.
9. *Палеогеография и биогеография бассейнов Паратетиса. Часть 1. Поздний эоцен–ранний миоцен* / С.В. Попов, М.А. Ахметьев, А.В. Лопатин [и др.]. – М.: Научный мир, 2009. – 178 с.
10. *Крымско-Копетдагская зона концентрированных орогенических деформаций как трансрегиональный позднеколлизионный правый сдвиг* / И.С. Патина, Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож [и др.] // Геотектоника. – 2017. – № 4. – С. 17–30. – DOI: 10.7868/S0016853X17040063
11. *Патина И.С., Попов С.В.* Сейсмостратиграфия регрессивных фаз майкопского и тарханского комплексов северного шельфа Восточного Паратетиса // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2023 (Материалы LIV Тектонического совещания). – М.: ГЕОС, 2023. – Т. 2. – С. 68–72.
12. *Lithological-palaeogeographic maps of the Paratethys* / S.V. Popov, S. Rögl, A.Y. Rozanov [et al.] eds. // *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*. – 2004. – V. 250. – 73 p.
13. *Insights from petrography, mineralogy and U-Pb zircon geochronology into the provenance and reservoir potential of Cenozoic siliciclastic depositional systems supplying the northern margin of the Eastern Black Sea* / S.J. Vincent, A.C. Morton, F. Hyden, M. Fanning // *Marine and Petroleum Geology*. – 2013. – V. 45. – P. 331–348. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.04.002>
14. *Oligocene uplift of the Western Greater Caucasus; an effect of initial Arabia-Eurasia collision* / S.J. Vincent, A.C. Morton, A. Carter [et al.] // *Terra Nova*. – 2007. – № 19. – P. 160–166.
15. *Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н.* Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. – М: Научный мир, 2007. – 172 с.
16. *Большой Кавказ в альпийскую эпоху* / Ред. Ю.Г. Леонов. – М.: ГЕОС, 2007. – 368 с.
17. *Никишин А.М., Ершов А.В., Никишин В.А.* Геологическая история Западного Кавказа и сопряженных краевых прогибов на основе анализа регионально-го сбалансированного разреза // Доклады РАН. – 2010. – Т. 430. – № 4. – С. 515–517.
18. *Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В.* Пери-Гондванские блоки в структуре южного и юго-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. – 2021. – № 4. – С. 3–40. – <http://doi.org/10.31857/S0016853X2104010X>
19. *Slab detachment beneath eastern Anatolia: A possible cause for the formation of the North Anatolian fault* / C. Faccenna, O. Bellier, J. Martinod [et al.] // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 2006. – V. 242. – № 1–2. – P. 85–97. – <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.11.046>
20. *Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography* / I. Koulakov, I. Zabelina, I. Amanatashvili, V. Meskhia // *Solid Earth*. – 2012. – № 3. – P. 327–337. – <http://doi.org/10.5194/se-3-327-2012>

21. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Структура мантии и тектоническая зональность центральной части Альпийско-Гималайского пояса // Геодинамика и тектонофизика. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 1127–1145.
22. Avdeev B., Niemi N.A. Rapid Pliocene exhumation of the central Greater Caucasus constrained by low-temperature thermochronometry // Tectonics. – 2011. – V. 30. – P. 1–16. – <http://doi.org/10.1029/2010TC002808>
23. Современный рост складок, процессы эрозии и седиментации в глубоководной части Туапсинского прогиба в Черном море по данным 3D сейсморазведки / О.А. Альмендингер, А.В. Митюков, Н.К. Мясоедов, А.М. Никишин // Доклады РАН. – 2011. – Т. 439. – № 1. – С. 76–78.
24. Выделение основных тектонических событий по данным 2D–3D сейсморазведки в Восточно-Черноморском регионе / Г.В. Баскакова, Н.А. Васильева, А.М. Никишин [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2022. – № 4. – С. 21–33.

References

- Gusev G.S., Mezhelovskiy N.V., Gushchin A.V. et al., *Tektonicheskiy kodeks Rossii* (Tectonic Code of Russia), Moscow: GEOKART: GEOS Publ., 2016, 240 p.
- Arkhangel'skiy A.D., *Usloviya obrazovaniya nefti na Severnom Kavkaze* (Conditions for oil formation in the North Caucasus), Moscow – Leningrad: Scientific Publishing Bureau of the Oil Industry Council, 1927, 186 p.
- Kerimov V.Yu., Yandarbiev N.Sh., Mustaeв R.N., Kudryashov A.A., *Hydrocarbon systems of the Crimean-Caucasian segment of the Alpine folded system* (In Russ.), *Georesursy = Georesources*, V. 23(4), pp. 21–33, DOI: <https://doi.org/10.18559/grs.2021.4.3>
- Nikishin A.M., Wannier M., Alekseev A.S. et al., *Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region*, In: Tectonic Evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus; edited by Sosson M., Stephenson R.A., Adamia S.A., Geological Society, London, Special Publications, 2015, V. 428, DOI: <http://doi.org/10.1144/SP428.1>
- Nikishin A.M., Okay A., Tuysuz O. et al., *The Black Sea basins structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill*, *Marine and Petroleum Geology*, 2015, V. 59, pp. 638–655, DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017
- Nikishin A.M., Okay A., Tuysuz O. et al., *The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: Tectonic history and paleogeography*, *Marine and Petroleum Geology*, 2015, V. 59, pp. 656–670, DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018
- Aleksandrova G.N., Kuznetsov N.B., Sheshukov V.S. et al., *The first results of U–Pb dating of detrital zircons from the Oligocene of the southeastern part of the Voronezh anticline and their importance for paleogeography* (In Russ.), *Doklady RAN. Nauki o Zemle = Doklady Earth Sciences*, 2020, V. 494, no. 1, pp. 14–19, DOI: 10.31857/S2686739720090042.
- Popov S.V., Antipov M.P., Zastrozhnov A.S. et al., *Sea level fluctuations on the northern shelf of the Eastern Paratethys in the Oligocene – Neogene* (In Russ.), *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2010, V. 18, no. 2, pp. 99–124.
- Popov S.V., Akhmet'ev M.A., Lopatin A.V. et al., *Paleogeografiya i biogeografiya basseynov Paratetisa* (Paleogeography and biogeography of the Paratethys basins), *Chast' 1. Pozdnyy eotsen–ranniy miotsen* (Part 1. Late Eocene–Early Miocene), Moscow: Nauchnyy mir Publ., 2009, 178 p.
- Patina I.S., Leonov Yu.G., Volozh Yu.A. et al., *Crimea–Kopet Dagh zone of concentrated orogenic deformations as a transregional late collisional right-lateral strike-slip fault* (In Russ.), *Geotektonika = Geotectonics*, 2017, no. 4, pp. 17–30, DOI: 10.7868/S0016853X17040063
- Patina I.S., Popov S.V., *Seismostratigrafiya regressivnykh faz maykopskogo i tarkhanskogo kompleksov severnogo shelfa Vostochnogo Paratetisa* (Seismic stratigraphy of the regressive phases of the Maikop and Tarkhan complexes of the northern shelf of the Eastern Paratethys), *Collected papers "Tektonika i geodinamika Zemnoy kory i mantii: fundamental'nye problemy–2023"* (Tectonics and geodynamics of the Earth's crust and mantle: fundamental problems–2023), *Proceedings of LIV Tectonic meeting*, Moscow: GEOS Publ., 2023, V. 2, pp. 68–72.
- Lithological-palaeogeographic maps of the Paratethys*: edited by Popov S.V., Rögl S., Rozanov A.Y. et al., *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, 2004, V. 250, 73 p.
- Vincent S.J., Morton A.C., Hyden F., Fanning M., *Insights from petrography, mineralogy and U–Pb zircon geochronology into the provenance and reservoir potential of Cenozoic siliciclastic depositional systems supplying the northern margin of the Eastern Black Sea*, *Marine and Petroleum Geology*, 2013, V. 45, pp. 331–348, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.04.002>
- Vincent S.J., Morton A.C., Carter A. et al., *Oligocene uplift of the Western Greater Caucasus; an effect of initial Arabia–Eurasia collision*, *Terra Nova*, 2007, no. 19, pp. 160–166.
- Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Obukhov A.N., *Geologicheskoe stroenie i uglevodородnyy potentsial Vostochno-Chernomorskogo regiona* (Geological structure and hydrocarbon potential of the East Black Sea region), Moscow: Nauchnyy mir Publ., 2007, 172 p.
- Bol'shoy Kavkaz v al'piyskuyu epokhu* (Greater Caucasus in the Alpine era): edited by Leonov Yu.G., Moscow: GEOS Publ., 2007, 368 p.
- Nikishin A.M., Ershov A.V., Nikishin V.A., *Geological history of the Western Caucasus and associated foredeeps based on the analysis of a regional balanced section* (In Russ.), *Doklady RAN. Nauki o Zemle = Doklady Earth Sciences*, 2010, V. 430, no. 4, pp. 515–517.
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., *Peri-Gondwanan blocks in the structure of the southern and southeastern framing of the East European platform* (In Russ.), *Geotektonika*, 2021, no. 4, pp. 3–40, DOI: <http://doi.org/10.31857/S0016853X2104010X>
- Faccenna C., Bellier O., Martinod J. et al., *Slab detachment beneath eastern Anatolia: A possible cause for the formation of the North Anatolian fault*, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2006, V. 242, no. 1–2, pp. 85–97, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.11.045>
- Koulakov I., Zabelina I., Amanatashvili I., Meskhia V., *Nature of orogenesis and volcanism in the Caucasus region based on results of regional tomography*, *Solid Earth*, 2012, no. 3, pp. 327–337, DOI: <http://doi.org/10.5194/se-3-327-2012>
- Trifonov V.G., Sokolov S.Yu., *Structure of the mantle and tectonic zoning of the central Alpine-Himalayan belt* (In Russ.), *Geodinamika i tektonofizika*, 2018, V. 9, no. 4, pp. 1127–1145.
- Avdeev B., Niemi N.A., *Rapid Pliocene exhumation of the central Greater Caucasus constrained by low-temperature thermochronometry* (In Russ.), *Tectonics*, 2011, V. 30, pp. 1–16, DOI: <http://doi.org/10.1029/2010TC002808>
- Al'mendinger O.A., Mityukov A.V., Myasoedov N.K., Nikishin A.M., *Modern erosion and sedimentation processes in the deep-water part of the Tuapse trough based on the data of 3D seismic survey* (In Russ.), *Doklady RAN. Nauki o Zemle = Doklady Earth Sciences*, 2011, V. 439, no. 1, pp. 76–78.
- Baskakova G.V., Vasil'eva N.A., Nikishin A.M. et al., *Identification of the main tectonic events by using 2D–3D seismic data in the eastern Black Sea* (In Russ.), *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya*, 2022, no. 4, pp. 21–33.