YAK 551.24

О тектоническом типе Западно-Кубанского прогиба и времени воздымания западного сегмента орогена Большого Кавказа

Н.Б. Кузнецов¹, Д.Г.-М.Н.
И.В. Латышева¹, К.Г.-М.Н.
А.С. Новикова¹, А.С. Дубенский¹
К.Г. Ерофеева¹, В.С. Шешуков¹
К.И. Данцова², С.Ф. Хафизов², Д.Г.-М.Н.
Т.В. Романюк³, Д.Ф.-М.Н.
И.В. Федюкин³

¹Геологический институт РАН ²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина ³Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Адрес для связи: kouznikbor@mail.ru

Ключевые слова: Большой Кавказ, Предкавказский прогиб, Западно-Кубанский прогиб, плиоцен, осадочные толщи, детритовый циркон

Вплоть до настоящего времени многие ученые полагают, что орогенез Большого Кавказа и связанное с ним формирование Предкавказских про-ГИБОВ ПРОИЗОШЛО В ОЛИГОЦЕНЕ. ОДНИМ ИЗ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ ЭТОГО ПРЕДПОЛОжения является отнесение майкопской серии и более молодых толщ Предкавказских прогибов к молассам, т.е. толщам, сформированным продуктами эрозии орогена. В настоящее время вопрос происхождения обломочных пород может быть решен на основании урано-свинцового U-Рь датирования зерен детритового циркона из этих пород, что позволяет пересмотреть области сноса материала. Представлены результаты U–Pb изотопного датирования (LA-ICP-MS, ГИН РАН) зерен детритового циркона из песков (проба К23-013), участвующих в строении разреза плиоценовой толщи (сенновской свиты или нерасчлененных отложений сенновской и железногорской свит), распространенной к западу от г. Крымск, запад Краснодарского края, южный борт Западно-Кубанского прогиба. Показана высокая степень сходства характера распределения датировок детритового циркона из изученной пробы, и из песков верхнего кайнозоя северного борта долины Маныча, нижнего Дона и нижней Волги, т.е. песков. заведомо сложенных продуктами эрозии комплексов фундамента и чехла Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ. Сделан вывод о перикратонном, а не предгорном тектоническом типе Западно-Кубанского прогиба и четвертичном времени воздымания западного сегмента орогена Большого Кавказа.

To the question of the tectonic type of the Western-Kuban trough and the time of uplift of the western segment of the Greater Caucasus orogen

N.B. Kuznetsov¹ I.V. Latysheva¹ A.S. Novikova¹ A.S. Dubenskiy¹ K.G. Erofeeva¹ V.S. Sheshukov¹ K.I. Dantsova² S.F. Khafizov² T.V. Romanyuk³ I.V. Fedyukin³

¹Geological Institute of the RAS, RF, Moscow ²Gubkin University, RF, Moscow ³Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, RF, Moscow

E-mail: kouznikbor@mail.ru

Keywords: Greater Caucasus, Pre-Caucasus trough, West Kuban trough, Pliocene, sedimentary sequences, detrital zircon

Up to the present time, many scientists have believed that the orogeny of the Greater Caucasus and the associated formation of the Pre-Caucasian deflections occurred in the Oligocene. This assumption is based on the attribution of the Maikop series and younger strata of the Pre-Caucasian bends to molasses, i.e. strata formed by products of orogen erosion. Currently, the question of the origin of clastic rocks can be solved on the basis of U-Pb dating of detrital zircon grains from these rocks, which makes it possible to revise the areas of material demolition. The results of U–Pb isotope dating (LA-ICP-MS, GIN RAS) of detrital zircon grains from sands involved in the structure of the section of the Pliocene strata (Sennoe formation or undifferentiated sediments of the Sennoe and Zheleznogorsk formations) distributed west of Krymsk, west of Krasnodar region, southern side of the West Kuban trough, sample are presented K23-013. A high degree of similarity is shown in detrital zircon ages distribution for grains from the studied sample and from the sands of the Upper Cenozoic of the northern side of the Manych Valley, the Lower Don and the Lower Volga, i.e. sands which are products of erosion of the basement and cover of the East European and Scythian-Turanian platforms. The conclusion was made about the pericratonic (rather than foreland) tectonic type of the West Kuban trough and the Quaternary uplift time of the Western segment of the Greater Caucasus orogen

 Δ ЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: *О тектоническом* типе Западно-Кубанского прогиба и времени воздымания западного сегмента орогена Большого Кавказа / H.5. Кузнецов, И.В. Латышева, А.С. Новикова [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2024. – № 10. – C. 58-63. – https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-10-58-63 Kuznetsov N.B., Latysheva I.V., Novikova A.S., et al., *To the question of the tectonic type of the Western-Kuban trough and the time of uplift of the western segment of the Greater Caucasus orogen* (In Russ.), Neftyanoe khozyaystvo = Oil Industry, 2024, No. 10, pp. 58-63, DOI: https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-10-58-63

Исследования по темам государственного задания ГИН РАН и ИФЗ РАН

Тектоническая природа (принадлежность к тектоническому типу предгорных прогибов) и история заполнения Предкавказских прогибов в основных чертах были описаны еще в первой четверти XX века основоположниками отечественной геологической науки – Н.И. Андрусовым, А.Д. Архангельским, И.М. Губкиным, Н.С. Шатским. Тогда, более 100 лет назад, система Предкавказских прогибов была интерпретирована как система предгорных прогибов, парагенетически связанных с горным сооружением Большого Кавказа и заполненных преимущественно продуктами эрозии слагающих это горное сооружение вещественных комплексов [1].

Представления о Предкавказских прогибах как о предгорных, или передовых, краевых, форландовых, бассейнах до сих пор считаются доминирующими [2–7].

Понимание генетической природы Предкавказских прогибов и механизма (способа) их заполнения непосредственно связано с определением времени начала воздымания орогена Большого Кавказа. Вплоть до настоящего времени многие ученые считают, что орогенез Большого Кавказа и связанное с ним начало формирования Предкавказских предгорных прогибов произошло в олигоцене. Одним из оснований для реконструкции существования уже в олигоцене поднятия на месте будущего орогена Большого Кавказа (в частности, его западного сегмента) является отнесение майкопской серии и всех более молодых толщ Предкавказских прогибов к молассам, т.е. толщам, сформированным продуктами эрозии этого орогена.

Решить вопрос, материалом какого происхождения сложены обломочные породы, в настоящее время можно на основании анализа результатов уран-свинцового U-Pb датирования зерен детритового циркона dZr, извлеченного из этих пород. Ранее авторами данной статьи было показано, что детрит, аккумулированный в кайнозойских толщах Предкавказья, мог быть принесен сюда южными и/или северными седиментационными потоками [8], основное отличие которых состоит соответственно в наличии и отсутствии массового количества мезозойских зерен детритового циркона.

В настоящей статье представлены результаты U-Pb изотопного датирования (LA-ICP-MS, ГИН РАН) зерен детритового циркона из песков, участвующих в строении разреза плиоценовой толщи (сенновской свиты или нерасчлененных отложений сенновской и железногорской свит), распространенной к западу от г. Крымск, запад Краснодарского края, южный борт Западно-Кубанского прогиба. В результате этих исследований показана высокая степень сходства характера распределения

датировок детритового циркона из песков сенновской свиты и верхнего кайнозоя северного борта долины Маныча, нижнего Дона и нижней Волги, заведомо сложенных продуктами эрозии комплексов фундамента и чехла Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ. На основании этого сделан вывод о перикратонном, а не предгорном тектоническом типе Западно-Кубанского прогиба и четвертичном времени воздымания Западного сегмента орогена Большого Кавказа.

Описание участка отбора пробы К23-013 на детритовый циркон

В старом нерекультивированном карьере, расположенном в 2,7 км северовосточнее пос. Саук-Дере и 5,5 км западнее юго-западной окраины г. Крымск (рис. 1, а), вскрыта толща, сложенная преимущественно светлыми существенно кварцевыми песками (см. рис. 1, г-е) с прослоями слоистых глинистых и глинисто-карбонатных пород (мергелей) (см. рис. 1, г, верхняя левая часть снимка), а также линзами несортированных конглобрекчий (см. рис. 1, е, верх снимка) с песчаным матриксом и карбонатно-глинистым цементом (см. рис. 1, г, верхняя правая часть снимка).

новской свиты ранее были собраны и извлечены из промывок остатки позвоночных (рыб, пресмыкающихся, мелких млекопитающих - кротов, бобров, лесных и луговых мышей, хоботных, оленей, антилоп), а также раковины и крышечки наземных и пресноводных моллюсков [9, 10]. Здесь, по-видимому, следует отметить, что в момент посещения авторами этого карьера, в нижней части выдержанной линзы несортированных конглобрекчий (см. рис. 1, г, средняя часть снимка) была видна небольшая трубчатая кость (см. рис. 1, е, верхняя часть снимка), являющаяся, вероятно, частью остатка конечности мелкого парнокопытного (возможно, газели).

Комплекс палеонтологических находок свидетельствует о том, что вмещающие их отложения были сформированы в конце раннего или самом начале позднего плиоцена (зоны MN15b/16a европейской биохронологической шкалы и региональная зона MNR6). В работе [9] отмечено, что с учетом региональной геологической ситуации «отложения, вмещающие описанные биотические остатки, могут относиться к завершающему регрессивному этапу киммерия, непосредственно предшествовавшему морской трансгрессии раннего куяльника».

Проба К23-013 начальным весом около 2 кг была отобрана из белых средне-мелкозернистых кварцевых песков (см. рис. 1, д), слагающих мощную (более 5 м) пачку, основание которой не вскрыто, залегающую в нижней части фрагмента плиоценового разреза (см. рис. 1, г).



В западной части северной стенки пробы К23-013 с координатами 44° 55′ 19,23″ с.ш., 37° 55′ 00,87″ в.д. (белым прямоэтого карьера в песчаных породах сен- угольником отмечено положение изученного разреза)

Из этой пробы по принятой в специализированной минералогической лаборатории ГИН РАН методике, с применением обогатительного стола, тяжелой жидкости и магнитного сепаратора получена циркон-содержащая фракция тяжелых немагнитных минералов, из которой извлечены зерна детритового циркона dZr.

Методика U-Pb-изотопного датирования зерен dZr и первичной обработки аналитических данных

Выделение зерен детритового циркона. Материал (светлый средне-мелкозернистый кварцевый песок) пробы К23-013 на первом этапе пробоподготовки был отмучен и промыт в водопроводной воде на лабораторном обогатительном столе. На втором этапе высушенный материал подвергли магнитной сепарации, затем фракция немагнитных минералов была разделена в бромоформе (~2,95 г/см³). Из тяжелой части немагнитной фракции вручную с использованием бинокуляра случайным образом (без селекции по форме зерен, цвету, степени прозрачности, шероховатости или отполированности поверхности и др.) выбраны зерна dZr, которые далее были имплантированы в эпоксидную шашку и приполированы вручную до половины типичного размера зерен.

Изучение зерен dZr. Имплантированные и приполированные зерна dZr изучались с использованием оптического поляризационного (петрографического) микроскопа. Для всех изученных зерен сделаны серии микрофотографий с разной глубиной фокусировки, начиная от фокусировки на верхней отполированной поверхности зерна циркона и далее вниз вплоть до фокусировки на нижнюю, соприкасающуюся с эпоксидной смолой, поверхность зерна. Это позволяло выявлять детали не только в приповерхностных, но и в глубинных частях зерен циркона. Для изотопного датирования в зернах dZr наметили участки диаметром 25– 30 мкм, лишенные нарушений (трещин и метамиктных зон), чужеродных минеральных включений и других поверхностных и внутренних дефектов. Таких участков удалось наметить не более чем для 10 % зерен dZr из пробы.

Методика U-Pb-изотопного датирования циркона и первичной обработки аналитических данных. U-Pb-изотопное датирование зерен dZr из пробы K23-013 выполнено методом LA-ICP-MS в ЦКП ЛХАИ ГИН РАН (http://ginras.ru/ckp/index.php). Описание аппаратуры, а также технология измерений, методические приемы и константы, используемые для обработки первичных аналитических данных, приведены в работе [11]. Обработка выполнена с помощью коммерческой компьютерной программы «GLITTER» и программы Isoplot/Ex.

При селекции первичных аналитических данных для дальнейшего использования оставляли только так называемые «кондиционные» датировки, удовлетворяющие нижеперечисленным четырем критериям/ правилам.

1. –10 % < D1 и D2 < 10 %. Величины D1 и D2, использованные авторами для характеристики степени дискордантности анализа, рассчитаны по следующим формулам: D1 = 100 % \cdot (возраст ($^{207}{\rm Pb}/^{235}{\rm U})$ / возраст

 $(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1),$

D2 = 100 % \cdot (bospact (^{207}Pb/^{206}Pb) / bospact (^{206}Pb/^{238}U) - 1).

Заданный критерий обеспечивает фактически идеальную сходимость оценок возрастов по двум разным U-Pb изотопным системам.

2. Аналитическая ошибка измерений обеспечивает точность оценки возраста < 25 млн лет.

3. Поправка на общий свинец меняет возраст < 50 млн лет.

4. Для датировок моложе 1 млрд лет за датировку принимается возраст, рассчитанный по изотопному отношению ²⁰⁶Pb/²³⁸U, для более древних – по изотопному отношению ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb.

Результаты изучения зерен детритового циркона из пробы К23-013

Описание зерен циркона. Большинство зерен dZr из пробы K23-013 от средне- до полностью окатанных, лишь очень редкие единичные зерна можно охарактеризовать как слабо окатанные. Многие зерна dZr из пробы K23-013 содержат включения разной природы, различные по цвету, размеру, форме и другим деталям, а также каналы течения вещества и трещины. Часто в зернах dZr присутствуют игольчатые включения, которые, по-видимому, представляют собой микрокристаллы апатита. В единичных случаях в зернах dZr видны древние ядра.

Результаты U-Pb датирования. В пробе К23-013 изучение U-Pb изотопной системы выполнено для 120 зерен dZr. Несмотря на то, что для лазерного пробоотбора специально были намечены части зерен, свободные от видимых нарушений, почти для всех анализов характерна очень высокая вариабельность аналитического сигнала. Это указывает на значительную вещественную неоднородность изученных частей зерен dZr и/или на наличие в этих зернах невидимых включений, нарушений и др.

Для 44 зерен dZr получено по две датировки, для 17 – по три, в одном зерне – четыре и еще в одном – пять. Для значительного числа анализов кондиционные датировки имелись только по короткому фрагменту записи. Всего из пробы К23-13 получена 201 датировка (рис. 2), в том числе 171 кондиционная. Только эти кондиционные датировки были использованы авторами для построения гистограмм и кривых плотности вероятности (рис. 3, *a*, *б*).



Рис. 2. Диаграмма с конкордией U-Pb датировок изученных зерен циркона пробы K23-013 (эллипсы показывают 68%-ный доверительный интервал измерений)



Рис. З. Результаты U-Th-Pb изотопных кондиционных анализов для зерен dZr из вали бы статистически значимые колипробы К23-013

В проанализированных зернах dZr зафиксированы содержания Th от 9,0 до 1652 г/т и U от 9,8 до 1597 г/т; при этом значения отношения Th/U варьируются от 0,02 до 5,24 (см. рис. 3, *в*). Каких-либо очевидных закономерностей между U-Pb возрастом изученных зерен циркона и величинами Th/U для этих зерен (см. рис. 3, *в*), равно как и корреляций между возрастом и внешним обликом зерен dZr не обнаружено.

Обсуждение результатов U-Pb датирования зерен детритового циркона из пробы К23-013

К настоящему времени уже накоплен большой объем reoxpohoлoгических данных, характеризующих как возраст кристаллических комплексов фундамента Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ, так и набор возрастов dZr из обломочных пород разрезов стратифицированных образований различного возраста, участвующих в строении чехольных комплексов этих структур (северный провенанс-сигнал), а также из кристаллических (магматических и метаморфических) и осадочных комплексов, принимающих участие в строении современного горного сооружения Большого Кавказа (южный провенанс-сигнал) [12].

Сопоставление накопленных данных показало, что практически невозможно с высокой степенью уверенности разделить северный и южный провенанс-сигналы в верхнемезозойских и кайнозойских толщах Западно-Кубанского прогиба по домезозойской части возрастных наборов зерен dZr из этих толщ. Причина этого в том, что разновозрастные популяции домезозойских зерен dZr в северном и южном седиментационных потоках имеют лишь небольшие отличия. Этих отличий недостаточно для того, чтобы по существующим материалам надежно различить эти два провенанс-сигнала. Однако в мезозойско-кайнозойской части северного и южного провенанс-сигналов существуют кардинальные различия прежде всего в том, что источники циркона ни юрского, ни поздненеоген-четвертичного возраста не известны ни на Скифско-Туранской, ни на Восточно-Европейской платформах, ни в структурах их обрамления. При этом наличие магматитов с такими возрастами – это специфическая геохронологическая метка Кавказа, отличающая его провенанс-сигнал от такового Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ. Поэтому наличие в обломочных породах Западно-Кубанского прогиба статистически значимых количеств зерен dZr юрского и/или поздненеоген-четвертичного возраста надежно доказало бы снос обломочного материала в толщи этого прогиба с орогена Большого Кавказа.

Однако до сих пор в литературе отсутствуют результаты U-Pb датирования из позднекайнозойских стратифицированных образований Западно-Кубанского прогиба, которые надежно зафиксировали бы статистически значимые количества зерен dZr юрского и более молодого возраста. Отметим, что единичные

зерна dZr, которые составляют менее 1–2 % общего количества полученных массовых датировок, иногда фиксируют в юрских и пост-юрских толщах в Северном Причерноморье и бассейне Каспия. Например, такие зерна dZr зафиксированы в современных песках нижней Волги (рис. 4, *г*, полигон Черный Яр) [13], плиоцен-четвертичных песках Тамани [14], современных отложениях в устье Дона [15], современном лессе в нижнем течении Днепра [16], а также в позднеюрских нижне- и верхнедемерджийских толщах Горного Крыма.

Авторами в новых результатах по пробе К23-013 также получены три юрские датировки – 167±4, 173±2 и 177±3 млн лет, при этом первые две из них – датировки разных частей одного зерна. Следующая по возрасту датировка – 225±2 млн лет. Единичные юрские и моложе датировки могут быть как результатом технического лабораторного загрязнения, так и древнего далекого эолового разноса, а затем рециклинга. В любом случае три единичные из 201 датировки не являются статистически значимыми и не могут быть доказательством существования значительного седиментационного потока с Большого Кавказа в плиоценовые толщи Западно-Кубанского прогиба.

В полученном наборе датировок по пробе К23-013 (см. рис. 4, *a*) по возможным первичным источникам зерен циркона отчетливо идентифицированы четыре возрастных интервала: 1 – архейско-раннепалеопротерозойский (> 2,2 млрд лет); 2 – средне-позднепалеопротерозойский (2,2–1,7 млрд лет); 3 – мезопротерозойскоранненеопротерозойский (1,7–0,8 млрд лет) и 4 – эдиакарско-палеозойский (< 0,62 млрд лет).

Первичными источниками циркона с самыми древними датировками, соответствующими возрастным интервалам 1 и 2, могут быть только кристаллические комплексы древнейших протократонных частей (интервал 1) и спаявших их раннепалеопротерозойских орогенов (интервал 2) как фундамента Восточно-Европейской платформы, так и фундамента кратонных областей других континентов. Что каса-



ных зерен детритового циркона из пробы К23-013 (а) и из песков верхнего кайнозоя нижнего Дона – полигон Лиска (б), северного борта долины Маныча – полигон Ергени (в) и нижней Волги – полигон Черный Яр (г) [13]

ется более молодых датировок (< 1,7 млрд лет), то кристаллические комплексы такого возраста в качестве массовых источников циркона не типичны для фундамента и нижних уровней чехла Восточно-Европейской платформы, где породные комплексы либо представлены чрезвычайно малообъемными телами (например, туфовые прослои в рифейско-вендских толщах), либо достаточно объемными комплексами, но с очень узкими возрастными рамками (например, граниты рапакиви ~1,63-1,65 млрд лет). Такие комплексы не могут обеспечить большие группы циркона с широким набором возрастов в интервале 0,9-1,7 млрд лет. Однако ранее уже было показано, что вторичным источником массового обломочного циркона с датировками 1,7-0,9 млрд лет (интервал 3) могли быть осадочные толщи ашинской серии и ее возрастных аналогов, распространенных в Западно-Уральской мегазоне. Материал ашинской серии был во многом переотложен в верхнепермские и более молодые толщи чехла Восточно-Евро-

Список литературы

Архангельский А.Д. Введение в изучение геологии Европейской России. Ч. І. Тектоника и история развития Русской платформы. – М.-Пг.: Гос. изд., 1923. – 146 с.
 Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Очерки региональной геологии СССР. Геологическое строение Кавказа. – М.: МГУ, 1963. – 378 с.

З. Шарафутдинов В.Ф. Миатлинская фаза тектогенеза раннеорогенного этапа развития Кавказа // Доклады РАН. – 2003. – Т. 393. – № 1. – С. 88–90.

4. Никишин А.М., Ершов А.В., Никишин В.А. Геологическая история Западного Кавказа и сопряженных краевых прогибов на основе анализа регионального сбалансированного разреза // Доклады РАН. – 2010. – Т. 430. – № 4. – С. 515–517.

пейской платформы [11] и далее транспортирован в толщи Восточного Паратетиса [17].

Первичными источниками циркона, имеющего возраст, соответствующий интервалу 4 (0,62–0,25 млрд лет), могут быть кристаллические комплексы фундамента Скифско-Туранской платформы, в строение которого вовлечены Пери-Гондванские террейны, в том числе и кадомско-авалонские [18].

Сопоставление характера распределения датировок детритового циркона из изученной пробы К23-013 (см. рис. 4, а) и из песков верхнего кайнозоя северного борта долины Маныча, нижней Волги и Дона (см. рис. 4, $\delta - \epsilon$), т.е. песков, заведомо сложенных продуктами эрозии комплексов фундамента и чехла Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ, показало в целом высокое визуальное сходство, которое подтверждается количественными расчетами (рис. 5). Во всех сопоставляемых наборах датировки представлены в четырех возрастных интервалах, однако с некоторыми вариациями в пропорциях, наиболее заметны очень малочисленные группы циркона в интервале 0,62-0,25 млрд лет (интервал 1) в пробах из полигонов Лиска и Ергени. Наиболее ярко сходство между всеми пробами проявлено почти в идеальном совпадении пиковых значений в пределах интервала 3.

Перекрытие (overlap)				
	K23-013	Ергени	Лиска	Черный яр
K23-013		0,836	0,800	0,858
Ергени			0,849	0,820
Лиска				0,817
Черный яр				
Сходство (similarity)				
	K23-013	Ергени	Лиска	Черный яр
K23-013		0,792	0,790	0,816
Ергени			0,882	0,860
Лиска				0,865
Черный яр				

Рис. 5. Матрица количественных расчетов [19] параметров «перекрытие» (overlap) и «сходство» (similarity) для наборов U-Pb изотопных датировок зерен детритового циркона

Таким образом, высокое сходство сравниваемых наборов возрастов не оставляет сомнений в том, что основным источником циркона в изученной пробе из песков сенновской свиты были седиментационные потоки с Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ. Древний материал, несущий зерна циркона с датировками > 0,8 млрд лет, был многократно рециклирован и хорошо усреднен, что обеспечило схожесть кривых плотности вероятности в средней части спектра. Материал, источником которого были более близко расположенные кристаллические и чехольные комплексы фундамента Скифско-Туранской платформы, был подвержен значительно менее длительной транспортировке и перемешиванию, что и проявилось в заметных вариациях его пропорций в общем сигнале. 5. Попков В.И. Геодинамическая обстановка формирования структуры Западно-Кавказских кайнозойских прогибов // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 3 (38). – С. 23–27.

Б. Афанасенков А.Л., Никишин А.М., Обухов А.Н. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. – М: Научный мир, 2007. – 172 с.

7. 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

8. Характеристика осадочных толщ Индоло-Кубанского прогиба по результатам U-Pb датирования зерен детритового циркона / Н.Б. Кузнецов, Т.В. Романюк, К.И. Данцова [и др.] // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2024. – № 1. – С. 4–15. - http://doi.org/10.24412/1997-8316-2024-113-4-15

9. Кабакова балка – новое местонахождение плиоценовых наземных позвоночных в западном Предкавказье / А.С. Тесаков, В.В. Титов, С.В. Куршаков [и др.] // Фундаментальная и прикладная палеонтология. Материалы LXIV сессии Палеонтологического общества. Санкт-Петербург. 2–6 апреля 2018 г. – СПб: ВСЕГЕИ, 2018. – С. 236.

 Якимова А.А., Тесаков А.С. Новые данные по корнезубым полевкам рода Pliomys из раннего плиоцена Северного Кавказа // Современная палеонтология: классические и новейшие методы. Тезисы докладов Семнадцатой Всероссийской научной школы молодых ученых. – М.: ОМТ Палеонтологического института им. А.А. Борисяка, 2021. – С. 38–39.

11. Природа Пучеж-Катункской импактной структуры (центральная часть Восточно-Европейской платформы): результаты изучения U—Th—Pb изотопной системы зерен детритового циркона из эксплозивных брекчий / С.Ю. Колодяжный, Н.Б. Кузнецов, Т.В. Романюк [и др.] // Геотектоника. – 2023. – № 5. – С. 70–95. – http://doi.org/10.31857/S0016853X23050041

12. К вопросу о тектонической природе Западно-Кубанского прогиба / Н.Б. Кузнецов, Т.В. Романюк, К.И. Данцова [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 9. – С. 78–84. – http://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-9-78-84

13. *Quaternary* sediment sources and loess transport pathways in the Black Sea – Caspian Sea region identified by detrital zircon U-Pb geochronology / C. Költringer, T. Stevens, M. Lindner [et al.] // Global and Planetary Change. – 2022. 209. 103736. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103736

14. Insights from petrography, mineralogy and U-Pb zircon geochronology into the provenance and reservoir potential of Cenozoic silicidastic depositional systems supplying the northern margin of the Eastern Black Sea / S.J. Vincent, A.C. Morton, F. Hyden, M. Fanning // Mar. Pet. Geol. – 2013. – V. 45. – P. 331–348. – https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.04.002

 Growth rate of the preserved continental crust: II. Constraints from Hf and O isotopes in detrital zircons from Greater Russian Rivers / C.Y. Wang, I.H. Campbell, A.S. Stepanov [et al.] // Geochim. Cosmochim. Acta. – 2011. – V. 75(5). – P. 1308-1345. - https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.12.010

16. Possible sources and transport pathways of loess deposited in Poland and Ukraine from detrital zircon U-Pb age spectra / M. Panczyk, J. Nawrocki, A.B. Bogucki [et al.] // Aeolian Res. – 2020. – V. 45. - http://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100598

17. *Мел-эоценовый* флиш Сочинского синклинория (Западный Кавказ): источники обломочного материала по результатам U–Th–Pb изотопного датирования детритового циркона / Н.Б. Кузнецов, Т.В. Романюк, А.В. Шацилло [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 2024. – № 1. – С. 47–69. – http://doi.org/1134/S0024490223700384

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. Gehrels G.E. Introduction to detrital zircon studies of Paleozoic and Triassic strata in western Nevada and Northern California // Special Paper of the Geological Society of America. – 2000. - V. 347. - https://doi.org/10.1130/0-8137-2347-7.1

References

 Arkhangel'skiy A.D., Vvedenie v izuchenie geologii Evropeyskoy Rossii. Ch. 1. Tektonika i istoriya razvitiya Russkoy platformy (Introduction to the study of the geology of European Russia. Part 1. Tectonics and history of the development of the Russian platform), Moscow – Petrograd: Gosudarstvennoe izdatel'stvo Publ., 1923, 146 p.
 Milanovskiy E.E., Khain V.E., Ocherki regional'noy geologii SSSR. Geologicheskoe stroenie Kavkaza (Essays on regional geology of the USSR. Geological structure of the Caucasus), Moscow: Publ. of MSU, 1963, 378 p.

3. Sharafutdinov V.F., The Miatli tectonic phase at the Early Orogenic stage of the Caucasus evolution (In Russ.), Doklady RAN = Doklady Earth Sciences, 2003, V. 393, no. 1, pp. 88–90.

4. 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.

5. Popkov V.I., Geodynamic setting of the formation of the structure of the West Caucasian Cenozoic troughs (In Russ.), Geologiya, geografiya i global'naya energiya, 2010, № 3(38), pp. 23–27.

6. Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Obukhov A.N., *Geologicheskoe stroenie i uglevodorodnyy potentsial Vostochno-Chernomorskogo regiona* (Geological structure and hydrocarbon potential of the East Black Sea region), Moscow: Nauchnyy mir Publ., 2007, 172 p.

7. Kerimov V.Yu., Yandarbiev N.Sh., Mustaev 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/10.18599/grs.2021.4.3

8. Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Dantsova K.I. et al., Characteristics of sedimentary strata of the Indolo-Kuban trough as indicated by the results of U-Pb isotopic dating of detrital zircons (In Russ.), Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya, 2024, no. 1, pp. 4–15, DOI: http://doi.org/10.24412/1997-8316-2024-113-4-15

9. Tesakov A.S., Titov V.V., Kurshakov S.V. et al., Kabakova balka – novoe mestonakhozhdenie pliotsenovykh nazemnykh pozvonochnykh v zapadnom Predkavkaz'e (Kabakova Balka – a new location of Pliocene terrestrial vertebrates in the western Ciscaucasia), Collected papers "Fundamental'naya i prikladnaya paleontologiya" (Fundamental and applied paleontology), Proceedings of LXIV sessions of the Paleontological Society, St. Petersburg, 2–6 April 2018, St. Petersburg: Publ. of VSEGEI, 2018, p. 236.

10. Yakimova A.A., Tesakov A.S., *Novye dannye po kornezubym polevkam roda Pliomys iz rannego pliotsena Severnogo Kavkaza* (New data on root-toothed voles of the genus Pliomys from the Early Pliocene of the Northern Caucasus), Collected papers "Sovremennaya paleontologiya: klassicheskie i noveyshie metody" (Modern paleontology: classical and modern methods), Proceedings of 17th All-Russian Scientific School of Young Scientists, Moscow, 2021, pp. 38–39.

11. Kolodyazhnyy S.Yu., Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V. et al., *The nature of the Puchezh-Katunki impact structure (the central part of the East European platform): Re*sults of the U–Th–Pb isotope system study of detrital zircons from explosive breccias (In Russ.), Geotektonika, 2023, no. 5, pp. 70–95, DOI: http://doi.org/10.31857/S0016853X23050041/

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

13. Költringer C., Stevens T., Lindner M. et al., *Quaternary sediment sources and loess transport pathways in the Black Sea – Caspian Sea region identified by detrital zircon U-Pb geochronology*, Global and Planetary Change, 2022, V. 209, DOI: https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103736

14. 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, Mar. Pet. Geol., 2013, V. 45, pp. 331–348, DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.04.002

15. Wang C.Y., Campbell I.H., Stepanov A.S. et al., Growth rate of the preserved continental crust: II. Constraints from Hf and O isotopes in detrital zircons from Greater Russian Rivers, Geochim. Cosmochim. Acta, 2011, V. 75(5), pp. 1308-1345, DOI: https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.12.010

16. Panczyk M., Nawrocki J., Bogucki A.B. et al., Possible sources and transport pathways of loess deposited in Poland and Ukraine from detrital zircon U-Pb age spectra, Aeolian Res., 2020, V. 45, DOI: http://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100598

17. Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V. et al., Cretaceous–Eocene flysch of the Sochi synclinorium (Western Caucasus): Sources of clastic material based on the results of U–Th–Pb isotope dating of detrital zircons (In Russ.), Litologiya i poleznye iskopaemye, 2024, no. 1, pp. 47–69, DOI: https://doi.org/10.1134/S0024490223700384

18. 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

19. Gehrels G.E., Introduction to detrital zircon studies of Paleozoic and Triassic strata in western Nevada and Northern California, Special Paper of the Geological Society of America, 2000, V. 347, DOI: https://doi.org/10.1130/0-8137-2347-7.1