

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК: 551.87 (470.62/.67)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ИНДОЛО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U–Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ЗЕРЕН ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА© Кузнецов Н.Б.¹, Романюк Т.В.², Данцова К.И.³, Полина С.Д.⁴, Федюкин И.В.²,
Латышева И.В.¹, Шацилло А.В.², Маслова О.А.¹

1 – Геологический институт РАН, Москва, Россия

2 – Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

3 – РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

4 – ООО «Петротрейс», Москва, Россия

DOI:10.24412/1997-8316-2024-113-4-15

Аннотация: несмотря на длительную историю геолого-геофизического изучения Индо-Кубанского прогиба и обилия накопленного по этому региону фактического материала, до сих пор существуют значительные пробелы в понимании механизма и истории заполнения этого прогиба, его кайнозойской геодинамической типизации и реконструкции эволюции палеогеографических обстановок. В частности, не решен вопрос об источниках сноса для выполняющих прогиб толщ разного возраста. К настоящему времени накоплен большой объем геохронологических данных, характеризующих как кристаллические (магматические и метаморфические) комплексы фундамента Восточно-Европейской платформы, ее обрамления (включая Скифскую плиту), Большого Кавказа и Горного Крыма, так и наборов возрастов зерен детритового циркона (далее dZr) из осадочных образований различного возраста, участвующих в строении горных сооружений и чехольных комплексов платформ. К северу от Индо-Кубанского прогиба не известны кристаллические комплексы, которые могли бы быть первичными источниками зёрен dZr с юрскими возрастными. Напротив, с южной стороны от прогиба, на западе Большого Кавказа и в Горном Крыму широко представлены юрские магматические образования – потенциальные первичные источники dZr с юрскими возрастными в интервале ~ 168-185 млн лет. В статье представлен обзор результатов U–Pb датирования dZr из толщ разного возраста, развитых в Индо-Кубанском прогибе и в соседних областях. Признаков поступления продуктов эрозии с Большого Кавказа и Горного Крыма в Индо-Кубанский прогиб не выявлено. Это подтверждает полученное по результатам сейсмостратиграфического анализа заключение о заполнении прогиба в кайнозойе материалом, поступающим с севера.

Ключевые слова: Индо-Кубанский прогиб, детритовый циркон, U–Pb изотопное датирование.

E-mail: kristinadantsova@yandex.ru

CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY STRATA OF THE INDOLO-KUBAN TROUGH AS INDICATED BY THE RESULTS OF U–Pb ISOTOPIC DATING OF DETRITAL ZIRCONS©Kuznetsov N.¹, Romanyuk T.², Dantsova K.³, Fedyukin I.², Latysheva I.¹, Shatsillo A.²,
Maslova O.¹, Polina S.⁴

1 – Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

2 – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia

3 – Gubkin University, Moscow, Russia

4 – PetroTrace, Moscow, Russia

Abstract: despite the long history of geological and geophysical study of the Indol-Kuban trough and the abundance of factual material accumulated in this region, there are still significant gaps in understanding the mechanism and history of the filling of this trough, its Cenozoic geodynamic classification and evolution of paleogeography. In particular, the question of the sources for different age strata filling the trough has not been resolved. By the present-day, a large volume of geochronological data has been accumulated. It characterizes both crystalline (igneous and metamorphic) complexes of the East European Platform basement and its framing (including the Scythian plate), and sets of ages of detrital zircons (hereinafter, dZr for short) from sedimentary formations of different ages participating in the structure of the orogens and platforms covers. To the north of the Indol-Kuban trough, no crystalline complexes are known that could be the primary sources of Jurassic ages dZr. On the contrary, on the southern side of the trough, in the west of the Greater Caucasus and in the Crimean Mountains, Jurassic igneous formations are widely represented - potential primary sources of dZr with Jurassic ages in the range of ~ 168-185 million years. The article presents a summary of the results of U-Pb dating of dZr from strata of different ages developed in the Indol-Kuban trough and in neighboring areas. No signs of the entry of erosion products from the Greater Caucasus and Crimean Mountains into the Indol-Kuban trough have been fixed. This confirms the conclusion obtained from the results of seismostratigraphic analysis that during Cenozoic the trough is filled with material coming from the north.

Key words: Indol-Kuban trough, detrital zircon, U-Pb isotope dating.

ВВЕДЕНИЕ

Индо-Кубанский прогиб хорошо охарактеризован результатами сейсморазведочных исследований (рис. 1) и бурением. В статье [10] приведен анализ существующих представлений о тектонической природе Индо-Кубанского прогиба, также приведена палеогеографическая реконструкция Паратетиса в контексте результатов сеймостратиграфического анализа нескольких сейсморазведочных профилей.

Сеймостратиграфический анализ высокодетальных сейсмических записей по Западному Предкавказью показывает, что в позднем мезозое и большей части кайнозоя поступление обломочного материала

происходило в сторону западной части современного горного сооружения Большого Кавказа с севера. Такой режим заполнения Индо-Кубанского прогиба продолжался вплоть до конца неогена, возможно, и до начала квартера. Иными словами, сеймостратиграфических доказательств существования горного сооружения в западной части современного Большого Кавказа вплоть до конца плиоцена в настоящее время нет. Определение направления седиментационных потоков в верхнеэоценовых и четвертичных толщах Индо-Кубанского прогиба по сеймостратиграфическим материалам становится практически невозможным из-за их небольших мощностей и приповерхностного залегания.

Однако для определения источников сноса и направления седиментационных потоков в бассейн могут помочь результаты исследований с применением метода массового U–Pb изотопного датирования зерен детритового циркона (dZr), извлеченных из осадочных пород. Метод стал активно проникать в практику геологических исследований только в последние два десятилетия. Его применение открыло недоступную ранее возможность получать надежную информацию о возрасте кристаллических комплексов, которые были первичными источниками изученных dZr, и на этом основании получать информацию о возрастах первичных источников dZr, что, в свою очередь, позволяет определять направление седиментационных потоков.

В работе представлен обзор имеющихся на сегодняшний день материалов U–Pb из-

отопного датирования dZr для региона Индо-Кубанского прогиба.

МЕТОД U–Pb-ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНЫХ ЗЕРЕН ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА

Совокупность возрастов, уникальных или типичных для кристаллических комплексов определенных регионов, или возрастов dZr из отдельных толщ называют провенанс-сигналом. Анализ провенанс-сигналов изученных осадочных толщ в сочетании с другими данными помогает установить положение питающих провинций, продуктами эрозии которых сложены изученные толщ, а также определить или хотя бы наметить направление седиментационных потоков в осадочные бассейны, где эти толщ были накоплены.

Сопоставление провенанс-сигналов толщ разного возраста позволяет проследивать

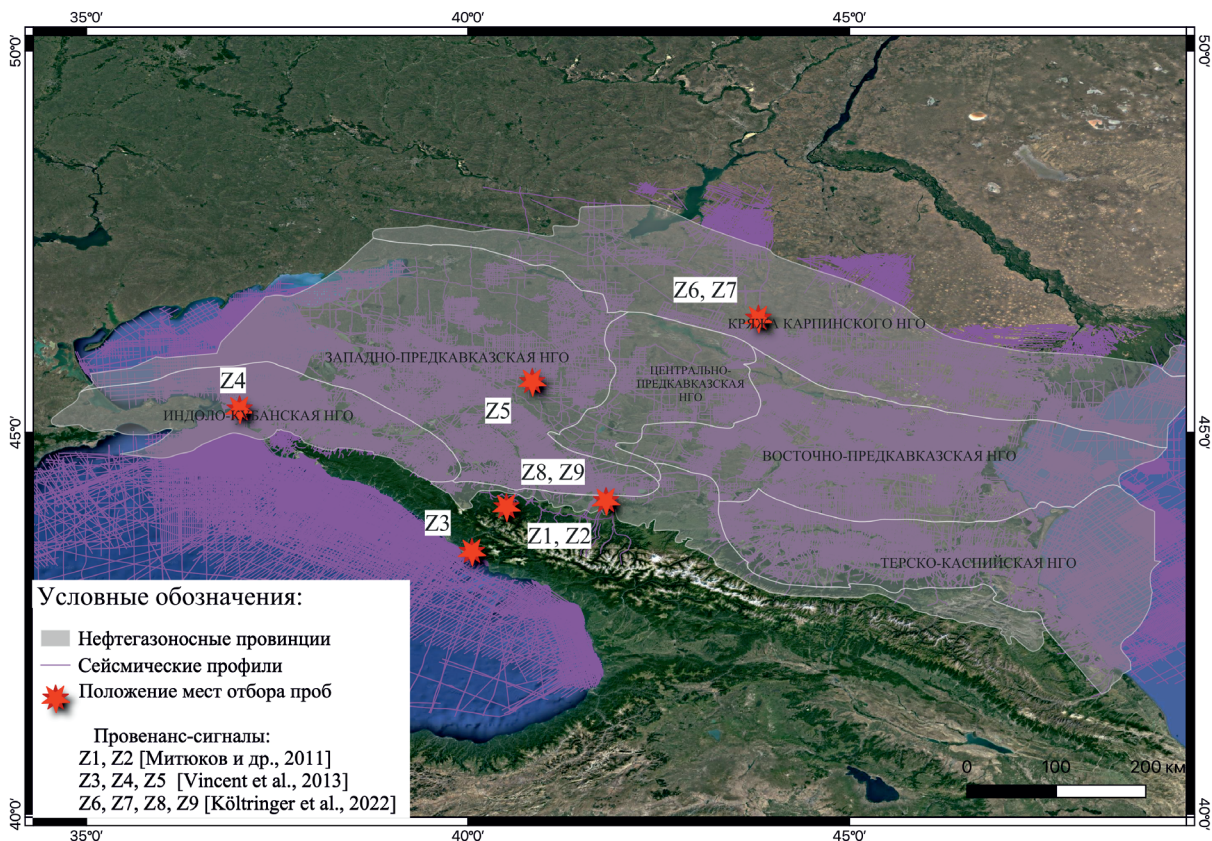


Рис. 1. Схема района исследований

эволюцию питающих провинций, фиксировать изменение источников сноса и служит дополнительной объективной информацией для палеотектонических и палеогеографических реконструкций.

Результаты U–Pb-изотопного датирования зёрен dZr, характеризующие определенную породу/толщу, принято представлять в виде гистограмм и кривых плотности вероятности (КПВ) возрастов dZr [19, 26, 27], что дает возможность визуально и количественно сопоставлять полученные наборы возрастов зёрен dZr для различных толщ (рис. 2).

ЗНАЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ЗЁРЕН dZR ИЗ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД КАЙНОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ИНДОЛО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ПРИРОДЫ

Геохронологические характеристики источников сноса, расположенных на Восточно-Европейской платформе и Скифской плите, т.е. к северу от северного борта осадочного бассейна, реликты которого сейчас образуют Индоло-Кубанский прогиб, и источников сноса, расположенных на Большом Кавказе, в Горном Крыму, т.е. к югу от южного борта Индоло-Кубанского прогиба, существенно различаются (см. обзор далее). В связи с этим изучение dZr из различных стратиграфических уровней выполнения Индоло-Кубанского прогиба позволит зафиксировать возрастной рубеж, на котором к основному потоку кластики с севера (установленному по результатам сейсмостратиграфического анализа [11, 22]) добавится (возможно, будет доминировать) обломочный материал, сносимый с растущих горных сооружений западного сегмента Большого Кавказа и Горного Крыма. Фиксация начала поступления в Индоло-Кубанский прогиб обломочного материала с орогенов Горного Крыма и западного сегмента Большого Кавказа определяет воз-

растной рубеж начала интенсивного воздымания и эрозии этих горных сооружений.

Однако для решения данной задачи необходима надежная и максимально точная биостратиграфическая привязка проб обломочных пород, участвующих в строении разрезов неоген-четвертичных осадочных толщ Индоло-Кубанского прогиба, для которых выполнено U-Pb датирование dZr.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА, АККУМУЛИРОВАННОГО В КАЙНОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ ИНДОЛО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА

К настоящему времени уже накоплен большой объем геохронологических данных, характеризующих как возрасты кристаллических комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и ее периферии (включая Скифскую плиту), так и наборов возрастов dZr обломочных пород из разрезов стратифицированных образований различного возраста, участвующих в строении чехольных комплексов этих структур, а также из кристаллических (магматических и метаморфических) и осадочных комплексов, принимающих участие в строении современных горных сооружений Большого Кавказа и Крыма. Сравнительный анализ этих данных позволяет установить главное различие в провенанс-сигнале седиментационных потоков, порождаемых питающими провинциями, расположенными к северу и югу от Индоло-Кубанского.

Северный (Скифско – Восточно-Европейский) провенанс-сигнал

Северными поставщиками обломочного материала, несущими зерна dZr в толще Индоло-Кубанского прогиба, очевидно, могли служить кристаллические комплексы Восточно-Европейской платформы и структур ее покровно-складчатого обрамления. К их числу относятся:

(1) архейские и раннепротерозойские кристаллические комплексы фундамента ВЕП;

(2) преимущественно позднедокембрийские кристаллические комплексы Свеконорвежского складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы (гренилиды);

(3) позднедокембрийские и раннекембрийские кристаллические комплексы Тиманского складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы (тиманиды);

(4) докембрийские и ранне-среднепалеозойские кристаллические комплексы Скандинавского сегмента Скандинаво-Гренландского каледонского покровно-складчатого пояса, а также Северогерма-

но-Польско-Уэльско-Шотландского сектора Западной Европы (каледониды);

(5) докембрийские и палеозойские кристаллические комплексы Варисийского, Скифского и Уральского герцинских складчатых поясов, обрамляющих Восточно-Европейскую платформу с юго-запада, юга и востока (герциниды, а также включенные в их строение Пери-Гондванские террейны [9]).

Дополнительными первичными поставщиками зёрен dZr для обломочных пород, принимающих участие в строении разрезов верхнемезозойских и кайнозойских толщ Индоло-Кубанского прогиба, могли служить некоторые малообъемные кристаллические комплексы, сформированные

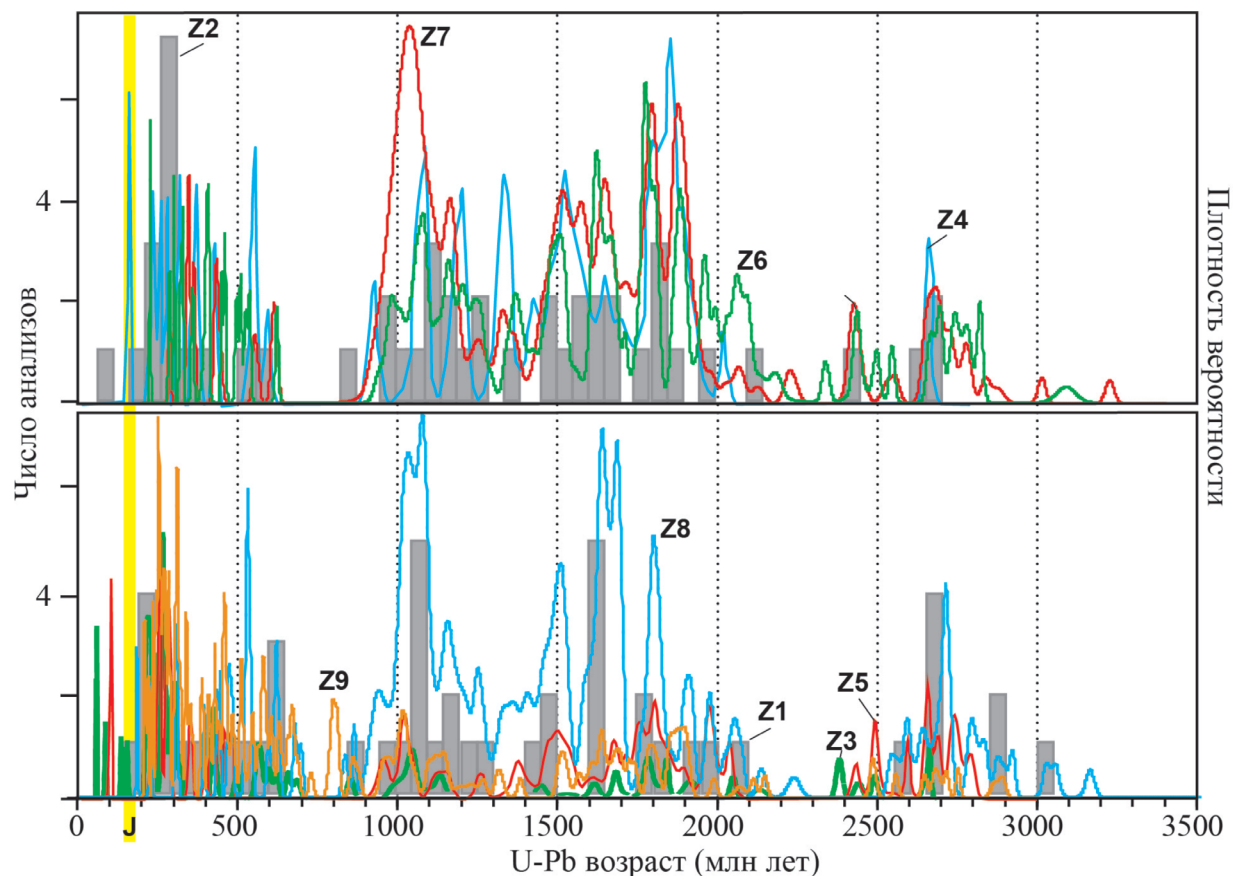


Рис. 2. Гистограммы и кривые плотности вероятности, иллюстрирующие распределение U-Pb возрастов зерен детритового циркона из обломочных толщ разного возраста и различных географических локаций. Желтая полоса маркирует интервал юрского возраста. Положение мест отбора проб Z1-Z9 – см. рис. 1

на плитной стадии развития Восточно-Европейской платформы, например магматические образования позднедокембрийской Волынской трапповой провинции.

Вероятно, существовали и вторичные источники зерен dZr аккумулярованных в обломочных породах верхнемезозойских и кайнозойских толщ Индоло-Кубанского прогиба. Это могли быть обломочные породы из осадочных толщ разных стратиграфических уровней чехла Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты, содержащие первичные или в разной степени рециклированные продукты разрушения кристаллических комплексов фундамента ВЕП и перечисленных выше разновозрастных (грэнвильских, тиманских, каледонских и герцинских) структур ее покровно-складчатого обрамления.

В целом возрастной диапазон зёрен dZr северного происхождения охватывает интервал от самого раннего докембрия до рубежа палеозоя и мезозоя. В фундаменте и чехле Скифской плиты и ВЕП, а также в реликтах, обрамляющих Восточно-Европейскую платформу (грэнвильских, тиманских, каледонских и герцинских складчатых поясов, сложенных позднедокембрийскими и палеозойскими кристаллическими комплексами), проявлений мезозойского, в том числе юрского магматизма не известно.

Южный (Крымско-Кавказский) провенанс-сигнал

Южными поставщиками обломочного материала в толще Индоло-Кубанского прогиба, очевидно, могли служить кристаллические комплексы, развитые на западе Большого Кавказа и в Горном Крыму. Известно, что в осевой части Большого Кавказа преобладают позднедокембрийские и палеозойские кристаллические комплексы – потенциальные первичные источники зёрен dZr с соответствующими возрастами. При этом слабометаморфизованные толщии позднедокембрийского и палеозойского возраста – это коллекторы для более древ-

них зёрен dZr , рециклированных из пока неизвестных (не вскрытых эрозией, полностью эродированных или претерпевших глубокую метаморфическую переработку) раннедокембрийских образований.

В целом различия северного и южного провенанс-сигналов в их докембрийско-палеозойской части очень незначительные, их трудно выявить. Однако мезозойско-кайнозойские части возрастных спектров, характеризующих северный и южный провенанс-сигналы, различаются кардинально. В отличие от Восточно-Европейской платформы и структур ее обрамления, на Большом Кавказе и в Горном Крыму широко представлены юрские магматические образования – потенциальные первичные источники зёрен dZr с юрскими возрастами. Для некоторых из них получены современные высокоточные изотопные датировки, подтверждающие, что магматизм юрского возраста был проявлен одновременно в Крыму и на западе Большого Кавказа, при этом пик пришелся на временной интервал $\sim 168-185$ млн лет. Ниже перечислены такие магматиты:

- базальтовые порфириты, слагающие потоки или субвулканические тела, распространенные на окраине с. Малое Псеушко, Западный Кавказ, для которых установлен U-Pb (SHRIMP) возраст акцессорного циркона 169 ± 1.5 млн лет [4];
- тела риодацитов с возрастом около 170 млн лет (устное сообщение В.Ю. Герасимова), распространенные в привершинной части г. Индюк, Западный Кавказ.
- долериты Первомайского штока – 174.2 ± 1.2 млн лет и габбро-долериты Джидайрской интрузии $169,7 \pm 1,5$ млн лет в окрестностях с. Трудолюбовка центральной части Горного Крыма [14];
- плагиориолиты скалы Монах района мыса Фиолент на западе Горного Крыма – 168.3 ± 1.3 млн лет [10];
- вулканиды Карадага на востоке Горного Крыма с Ar-Ar возрастом 172.8 ± 4.5 млн лет [23];

- породы юрской базальт-андезит-дацитовой ассоциации Карачаевской вулканической области Центрального Кавказа по результатам Ar-Ar датирования минеральных фракций биотитов и полевых шпатов имеют возраст около 185 млн лет [5];
- породы бимодальной магматической ассоциации хуламского вулканоплутонического комплекса, распространенного в центральной части Северного Кавказа (Кабардино-Балкария), которые, согласно результатам U-Pb и K-Ar датирования, образовались в байосе-келловее (167±4.4 млн лет) [6, 7].

Кроме того, потенциальными источниками зерен dZr для обломочных пород из разрезов верхнеэоценовых и четвертичных толщ Индоло-Кубанского прогиба могут быть плиоцен-четвертичные магматические образования, достаточно широко проявленные на Кавказе:

- наиболее древние вулканические породы вулкана Эльбрус на Большом Кавказе по изотопно-геохронологическим данным имеют возраст около 3 млн лет [16, 17]. Позднее вулкан проявлял неоднократную активность, в последний раз он извергался около двух тысяч лет назад [1];
- кайнозойские вулканические породы цанского комплекса (трахиандезит-базальты, дациты, гранодиорит-порфиры) Восточной Балкарии по результатам K-Ar датирования имеют возраст 4.7–4.0 млн лет, а андезиты, слагающие лавовый поток в палеодолине р. Удурсу (район горы Чегет-Джора), были сформированы 800–700 тыс. лет назад [8];
- лейкограниты, граниты, щелочные граниты, граносиениты и сиениты района Кавказских Минеральных Вод на основании совокупности K-Ar-, Ar-Ar- и Rb-Sr-изотопных датировок имеют возраст 8.3 ± 0.2 млн лет [12];
- в осевой зоне главного Кавказского хребта известны две небольшие интрузии гранитоидов – Цурунгал и Кароби, возрастом около 4 млн лет [2];

- в бортах долины р. Баксан в районе месторождения Тырнауз вскрыты граниты Эльдружтинского массива (эльджуртинские граниты) и пространственно (по-видимому, парагенетически) ассоциирующие с ними тела риолитов, магматических брекчий риолитового состава, а также тела аплитов и лейкогранитов с позднекайнозойскими изотопными возрастными. В частности, в работе [15] приведены результаты изучения 20-ти зерен «молодого» циркона из лейкократовых гранитов месторождения Тырнауз со средневзвешенным $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -изотопным возрастом 2.67 ± 0.04 млн лет.

Таким образом, плиоцен-четвертичные магматические образования Эльбруса и Приэльбрусья могут представлять собой потенциальные источники циркона для обломочных пород верхнеэоценовых и четвертичных толщ Индоло-Кубанского прогиба.

Накопленная к настоящему времени априорная геохронологическая информация позволяет нам предположить, что невозможно с высокой степенью уверенности разделить вклад «северных» и «южных» седиментационных потоков в Индоло-Кубанский прогиб по домезозойской части возрастных наборов зерен dZr из обломочных пород верхнемезозойских и кайнозойских толщ Индоло-Кубанского прогиба. Причина состоит в том, что разновозрастные популяции домезозойских зерен dZr в северном и южном седиментационных потоках имеют лишь небольшие отличия, которых недостаточно для того, чтобы по существующим реальным материалам надежно различить эти два провенанс-сигнала. Однако в мезозойско-кайнозойской их части (возрастных рядов зерен dZr) существуют кардинальные различия, прежде всего в том, что источников циркона с юрскими или с позднеэоцено-четвертичными возрастными не известно ни на Скифской плите, ни на Восточно-Европейской платформе, ни в структурах ее обрамления. Но при этом наличие магматитов таких возрастов – это «специфическая» ге-

охронологическая метка Кавказа и Горного Крыма, отличающая его провенанс-сигнал (южный) от провенанс-сигнала Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты (северный).

Поэтому наличие в обломочных породах кайнозойских толщ Индоло-Кубанского прогиба зерен dZr с юрскими и/или с позднечетвертичными возрастами надежно бы доказало снос обломочного материала в его толщ с орогенов Большого Кавказа и Горного Крыма.

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТОВ dZr ИЗ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ТОЛЩ ИНДОЛО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ И БОЛЬШОГО КАВКАЗА

К настоящему времени стратифицированные образования различного возраста Центрального и Восточного Кавказа, а также Предкавказья уже охарактеризованы пилотными результатами $U-Pb$ датирования dZr [18, 20, 21, 24, 25, 28]. При этом по Западному Кавказу и Западному Предкавказью нам известны только результаты, показанные на рис. 2 (провенанс-сигналам присвоены названия Z1-Z9). Охарактеризуем эти результаты.

Z1, Z2. В работе [13] представлены гистограммы значений $U-Pb$ возраста зёрен dZr из раннеолигоценых песчаников южного склона Западного Кавказа, а именно из окрестностей селения Мамайка, расположенного в районе Большого Сочи (Z1), и окрестностей селения Шиловка, расположенного недалеко от аэропорта Адлер (Z2). Во-первых, наборы возрастов зёрен dZr , представленные в этой работе, статистически не представительны, т.к. включают всего по 50 значений, что существенно (более чем в 2 раза) ниже рекомендованных [19, 26, 27] количественных характеристик для статистически надежных и представительных

данных. Во-вторых, представленные геохронологические данные методически несовершенны, т.к. в работе не приведено сведений о степени дискордантности возрастных оценок. Возможно, что для построения гистограмм использованы и существенно дискордантные оценки возраста, которые должны быть исключены из рассмотрения. Нет сведений об использованных для вычисления возрастов значений по изотопным парам $^{206}Pb/^{238}U$ и $^{207}Pb/^{235}U$. Также отсутствуют сведения о воспроизводимости датировок цирконовых стандартов, необходимых для оценки общего качества изотопных датировок изученных зерен циркона. Все это вынуждает классифицировать данные материалы только как предварительные, требующие подтверждения.

Z3, Z4, Z5. В работе [28] представлены результаты анализа минерального состава кайнозойских песчаников северного Причерноморья (Таманский полуостров), Предкавказья (Индоло-Кубанский прогиб) и разных районов Западного и Центрального Кавказа, которые не зафиксировали размыва Кавказа в раннем миоцене. Для пяти из этих проб приведены сведения о $U-Pb$ возрастах зёрен dZr , полученные с помощью SHRIMP-RG технологии. Одна проба (Z3, WC99/3, n=70) характеризует песчаники, участвующие в строении олигоценового (рюпель) флишоидного разреза на северной окраине села Новая Шиловка (южный склон западного сегмента Большого Кавказа). Вторая проба (Z4, WC139/1, n=70) характеризует миоцен(?)-нижнеплиоценовые аллювиальные пески, вскрытые в карьере Цимбал в северной части пос. Сенной, расположенного в кутовой части Таманского залива (южное погружение западного сегмента Большого Кавказа). Третья проба (Z5, ILN-13, n=68) характеризует сублитариновые песчаники средней части разреза (хатский и аквитанский ярусы) майкопской серии, вскрытые бурением (глубина 700-706 м) на правом берегу р. Кубань, примерно в 25 км к северу от ст. Темижбекская,

расположенной в том месте, где р. Кубань коленообразно меняет направление своего течения с субмеридионального на субширотное (Предкавказская часть Индоло-Кубанского прогиба). Здесь следует отметить недостаточную статистическую значимость и представительность полученных возрастных наборов, которые включают в себя по 70 и менее датировок, а с учетом селекции по степени дискордантности и того меньше. Это значительно ниже рекомендаций, высказанных в работах [19, 26, 27]. Кроме того, в приведенных первичных цифровых аналитических данных для датировок, вычисленных по изотопному отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, отсутствуют сведения об измеренных изотопных отношениях $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ и полученным по ним возрастам. Это не позволяет вычислить показатель дискордантности единичных изотопных анализов и провести необходимую селекцию аналитических результатов по их качеству, что вынуждает нас классифицировать материалы, приведенные в работе [28], только как пилотные.

Z6, Z7, Z8, Z9. В работе [21] представлены результаты U–Pb изотопного датирования (LA ICP-MS) зёрен dZr из позднечетвертичных песков Предкавказья – нижних течений Дона (Z6), а также плиоценовых песков Ергенейской возвышенности (Z7), Крымско-Кавказского региона – современного песка Крымского берега Керченского пролива (Z8) и коллювиальных накоплений на левом борту долины р. Малый Зеленчук над селом Инжичишко (Z9). Результаты, приведенные в этой работе, весьма представительны в статистическом и методическом смысле.

О том, что юрские магматические комплексы восточной и/или центральной части Кавказа в мезозое и/или кайнозое испытывали размыв, а продукты их разрушения попадали в осадочные толщи восточного и центрального Предкавказья/Закавказья, свидетельствует наличие в значительных количествах dZr с юрскими возрастными в байосских песчаниках на Восточном Кав-

казе [18]. А в отнесенных к байосу туфах [3] на южном склоне Центрального Кавказа такой циркон доминирует [20]. Однако в наборах Z1-Z9 U–Pb возрастов dZr из толщ Западного Предкавказья зёрна dZr с юрскими возрастными либо не выявлены, либо для единичных зерен рассчитаны юрские возрасты по ненадежным аналитическим данным (рис. 2).

Таким образом, до сегодняшнего дня в литературе отсутствуют результаты U–Pb датирования dZr из позднекайнозойских стратифицированных образований Индоло-Кубанского прогиба, которые бы надежно зафиксировали зёрна dZr с юрскими возрастными. Это подтверждает результаты анализа сеймостратиграфических данных, явно указывающих на то, что поступление обломочного материала в Индоло-Кубанский прогиб в позднем мезозое и кайнозое (вплоть до пограничных уровней плиоцена и плейстоцена включительно) происходило с севера, со стороны расположенных севернее Индоло-Кубанского прогиба структур с платформенным стилем строения [11]. Имеющиеся результаты для плиоцен-четвертичных толщ Индоло-Кубанского прогиба не зафиксировали надежно зерен dZr ни с юрскими, ни с плиоцен-четвертичными датировками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большую часть времени своего существования Индоло-Кубанский прогиб имел окраинно-континентальную («перикратонную») природу. В нем шло накопление обломочного материала, приносимого преимущественно седиментационными потоками с Восточно-Европейской платформы и структур ее обрамления, включая Скифскую плиту. Об этом свидетельствует (1) приведенный выше анализ характера распределения возрастов зерен dZr из позднекайнозойских толщ Индоло-Кубанского прогиба (фактическое отсутствие в этих толщах продуктов размыва Кавказа и Горного Крыма), а также (2) результаты сеймостратиграфического

анализа сейсмических профилей, ориентированных вкост Индоло-Кубанского прогиба [11]. Трансформация Индоло-Кубанского прогиба в предгорный осадочный бассейн произошла не раньше начала плейстоцена.

Из пересмотра базовых представлений о способе заполнения и геодинамической эволюции Индоло-Кубанской части Предкавказского прогиба неизбежно следуют выводы о необходимости корректировки

численных моделей углеводородных систем и представлений о начале роста орогена Большого Кавказа. Накопленные материалы дают основание полагать, что воздымание Большого Кавказа в его западном сегменте началось не ранее позднего неогена.

Исследования выполнены в соответствии с заданием и при финансовой поддержке проекта РНФ №23-27-00409.

1. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Сулержицкий Л.Д., Кошуг Д.Г., Грюн Р.В., Черных В.И., Аракелянц М.М., Кирьянов В.Ю., Газеев В.М., Гурбанов А.А., Пурига А.И., Трусов А.В. Катастрофическая плейстоценовая и голоценовая активность вулканического центра Эльбрус (северный Кавказ, Россия): события и хронология по данным ^{14}C , ЭПР и К-AR датирования // Вулканология и сейсмология. –2001. –Т. 305. –№2. –С.3-17.
2. Борсук А.М. Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. –299 с.
3. Гамкрелидзе П.Д., Кахадзе И.Р. Государственная геологическая карта СССР, М-6 1:200000, Лист К38-VII. –Л.: ВСЕГЕИ, 1960.
4. Герасимов В.Ю., Ульянов А.А., Снежко В.А., Мозар Д., Лаврищев В.А., Газеев В.М., Гурбанов А.Г. Цирконометрия юрских базальтов Гойтхской вулканической области Западного Кавказа // Вестник Московского Университета. Серия 4: Геология. –2022. –№1. –С. 35-41.
5. Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Лексин А.Ю., Хесс Ю.С. Нижнеюрский островодужный базальт-андеит-дацитовый магматизм Центрального Кавказа (Карачаевская вулканическая область): петролого-геохимические и изотопные особенности, генезис // Вестник Владикавказского научного центра. –2011. –Т. 11. –№2. – С. 15-32.
6. Кайгородова Е.Н. Геологические особенности золото-сульфидного месторождения Радужное (Большой Кавказ) и условия его формирования. Диссертация на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук. 2022. –Москва: ИГЕМ РАН.– 228с.
7. Кайгородова Е.Н., Лебедев В.А. Возраст, петролого-геохимические характеристики и происхождение магматических пород среднеюрского хуламского вулканоплутонического комплекса (северный Кавказ) // Вулканология и сейсмология. –2022. –№2. –С.38-65. DOI: 10.31857/S0203030622020031.
8. Кайгородова Е.Н., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Якушов А.И. Проявления неоген-четвертичного магматизма в восточной Балкарии (северный Кавказ, Россия): изотопно-геохронологические данные // Доклады РАН. Науки о земле.– 2021.– т. 496. –№ 1.– с. 36–44
9. 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. DOI: 10.31857/S0016853X2104010X.
10. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Страшко А.В., Новикова А.С. Офиолитовая ассоциация мыса Фиолент (запад Горного Крыма) – верхнее ограничение возраста по результатам U-Pb изотопного датирования плагиориолитов (скала Монах) // Записки Горного Института. –2022. –№4.–3с.
11. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Данцова К.И., Федюкин И.В., Латышева И.В., Шацилло А.В., Маслова О.А., Полина С.Д. О тектонической природе Западно-Кубанского прогиба // Нефтяное хозяйство. –2023.– №9.– С.78-84. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-9-78-84
12. Лебедев В.А., Чернышев И.В., Авдеенко А.С., Носова А.А., Докучаев А.Я., Олейникова Т.И., Гольцман Ю.В. Неуравновешенность начального изотопного состава Ag и Sr в сосуществующих минералах миоценовых гипабиссальных гранитоидов района Кавказский Минеральных Вод // ДАН. –2006. –Т. 410. – №1. – С.95-100.
13. Митюков А.В., Никишин А.М., Альмендингер О.А., Болотов С.Н., Лаврищев В.А., Мясоедов Н.К., Рубцова Е.В. Седиментационная модель майкопских отложений Туапсинского прогиба в Черном море по данным 2D и 3D сейсморазведки и полевым работам на Западном Кавказе и в Крыму) // Вестник Московского Университета. Серия 4: Геология.– 2012. –№ 2.– С. 3–13.
14. Морозова Е.Б., Сергеев С.А., Савельев А.Д. Меловые и юрские интрузии Горного Крыма: первые данные U-Pb (SIMS SHRIMP)-датирования // Доклады РАН. –2017.– Т. 474. –№ 1.– С. 66–72.
15. Соловьев С. Г., Семенова С. Г., Кряжев Д. В., Калинин Ю. А., Бортников Н.С. Первые данные по изотопному U-Pb-возрасту циркона (метод LA-ICP-MS) из лейкократовых гранитов Мо-W-месторождения Тырныауз (северный Кавказ, Россия) // Доклады РАН. Науки о Земле. –2021.– Т. 498. –№2. – С. 138-145.
16. Чернышев И.В., Бубнов С.Н., Лебедев В.А., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д., Якушев А.И. Два этапа эксплозивного вулканизма Приэльбрусья: геохронология, петрохимические и изотопно-геохимические характеристики вулканитов и их роль в неоген-четвертичной истории Большого Кавказа // Стратиграфия. Геологическая корреляция.– 2014.– Т. 22.– № 1.– С. 100–130. DOI: 10.7868/S0869592X14010025.
17. Чернышев И.В., Лебедев В. А., Бубнов С. Н., Гольцман Ю. В., Баирова Э.Д. Плиоценовые игнимбриты Приэльбрусья и их место в истории неоген-четвертичного вулканизма Большого Кавказа (изотопно-геохронологические данные) // Доклады РАН.– 2011.– Т. 436.– № 2.– С. 247–252.
18. Allen M.B., Morton A.C., Fanning C.M., Ismail-Zadeh A.J., Kroonenberg S.B. Zircon age constraints on sediment provenance in the Caspian region // Journal of the Geological Society.– London.– 2006. –V.163.– P.647–655.
19. Andersen T. Detrital zircons as tracers of sedimentary provenance: limiting conditions from statistics and numerical simulation // Chemical Geology.– 2005. –V.216. –P.249– 270.

20. Cowgill E., Forte A.M., Niemi N. et al. Relict basin closure and crustal shortening budgets during continental collision: An example from Caucasus sediment provenance // *Tectonics*. –2016. –V.35. –P.2918–2947.
21. Költringer C., Stevens T., Lindner M., Bayka Y., Ghafarpour A., Khormali F., Taratunina N., Kurbanov R. 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* 209 (2022) 103736 <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103736>
22. Palcu D.V., Patina I.S., Sandric I. et al. Late Miocene megalake regressions in Eurasia// *Scientific Reports*. –2021. –№11, 11471.
23. Popov D.V., Brovchenk V.D., Nekrylov N.A., Plechov P.Yu., Spikings R.A., Tyutyunnik O.A., Krigman L.V., Anosova M.O., Kostitsyn Y.A.A., Soloviev. Removing a mask of alteration: geochemistry and age of the Karadag volcanic sequence in SE Crimea // *Lithos*. –2019. –V. 324. – P. 371-384. DOI: 10.1016/j.lithos.2018.11.024.
24. Tye A. R., Niemi N. A., Safarov R.T., Kadirov F.A., Babayev G.R. Sedimentary response to a collision orogeny recorded in detrital zircon provenance of Greater Caucasus foreland basin sediments // *Basin Research*. –2021. –Vol. 33.– Is.2.– P. 933–967. DOI: 10.1111/BRE.12499.
25. Vasey D.A., Cowgill E., Roeske S.M. Niemi N., Godoladze T., Skhirtladze I., Godoladze S. Evolution of the Greater Caucasus basement and formation of the Main Caucasus Thrust, Georgia // *Tectonics*. –2020. –Vol.6. –P.1–26. DOI: 10.1029/2019TC005828.
26. Vermeesch P. How many grains are needed for a provenance study? // *Earth Planet. Sci. Lett.*– 2004. –V.224. –P.351-441.
27. Vermeesch P. On the visualisation of detrital age distributions // *Chemical Geology*. –2012.– V.312-313. –P.190-194.
28. 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*. 45 (2013) 331-348 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.04.002>