

Индикаторные характеристики детритовых минералов из руслового аллювия р. Кубань в пределах Кубанского тектонического блока Большого Кавказа

Чефранова А. В.^{ID}, Левицкая Л. А., Григорьева А. В.^{ID}

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, achefra@mail.ru

Аннотация. Исследованы особенности химического состава граната и строения циркона из аллювия р. Кубань на участке между устьем р. Худес до устья р. Теберды в пределах обнаженной части Кубанского блока Бечасынской зоны Большого Кавказа с целью получения сведений о составе их коренных источников, особенностях транспортировки и сохранности на различных участках речной долины. Для достижения цели использован комплекс методов, включающий минералогический анализ тяжелой фракции, морфологический (BSE) и микроанатомический (CL) анализ циркона, а также определение химического состава граната методом сканирующей микроскопии. В вещественном составе изученных проб установлено изменение минеральной ассоциации, обусловленное не столько составом источников, сколько влиянием гидродинамического фактора, способствующего дроблению мелких зерен и уменьшению зернистости обломочного вещества. Детальное изучение морфологии и внутреннего строения детритового циркона, напротив, продемонстрировало ярко-выраженное влияние ближайших источников сноса на популяцию данного минерала в каждой исследованной пробе. Состав детритового граната в изученных пробах относительно постоянен и указывает на источник, которым являлись силлиманит-биотит-мусковитовые гнейсы, развитые в верховьях р. Кубань. Количество зерен детритового граната в аллювии уменьшается вниз по течению реки. Можно предположить, что влияние активной гидродинамики, способствующей процессам дробления, особенно выражено сказывается на обновлении популяций мелких зерен аксессуарных минералов, в то время как количество порообразующих минералов, таких как гранат, лишь уменьшается в аллювии горной реки.

Ключевые слова: детритовый гранат, рутил, морфология циркона, питающие провинции, р. Кубань, Кубанский тектонический блок.

Indicator characteristics of detrital minerals from the channel alluvium of the Kuban River within the Kuban tectonic block of the Greater Caucasus

Chefranova A. V.^{ID}, Levitskaya L. A., Grigorieva A. V.^{ID}

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, achefra@mail.ru

Abstract. The chemical composition of garnet and the structure of zircon from the alluvium of the Kuban River in the area between the mouth of the Khudes River and the mouth of the Teberda River within the exposed part of the Kuban block of the Bechasy zone of the Greater Caucasus were studied in order to obtain information on the composition of their primary sources, transportation features and preservation in different areas of the river valley. To achieve this goal, a set of methods was used, including mineralogical analysis of the heavy fraction, morphological (BSE) and microanatomical (CL) analysis of zircon, as well as determination of the chemical composition of garnet by scanning microscopy. A change in the mineral association was established in the material composition of the studied samples, caused not so much by the composition of the sources as by the influence of the hydrodynamic factor, which contributes to the crushing of small grains and a decrease in the granularity of the detrital matter. A detailed study of the morphology and internal structure of detrital zircon, on the contrary, demonstrated a pronounced influence of the nearest demolition sources on the population of this mineral in each studied sample. The composition of detrital garnet in the studied samples is relatively constant and points to the source, which was sillimanite-biotite-muscovite gneisses developed in the upper reaches of the Kuban River. The amount of detrital garnet grains in the alluvium decreases downstream. It can be assumed that the influence of active hydrodynamics, which promotes crushing processes, is especially pronounced in the renewal of populations of small grains of accessory minerals, while the amount of rock-forming minerals, such as garnet, only decreases in the alluvium of the mountain river.

Keywords: detrital garnet, rutile, zircon morphology, feeder provinces, Kuban River, Kuban tectonic block.

Введение

В последнее время использование индикаторных характеристик состава многих терригенных минералов все чаще становится неотъемлемой частью региональных палеогеографических реконструкций. Одним из наиболее часто используемых при поисках питающих провинций минералов, является циркон. Его индикаторные свойства как минерала геохронометра, геотермометра в комплексе с особенностями химического состава, морфологией и внутренним строением позволяют получить немало сведений о природе источника. При этом циркон в силу особенностей своей U–Th–Pb изотопной системы при датировании демонстрирует время кристаллизации, происшедшей в равновесии с магматическим расплавом, либо время высокотемпературного метаморфизма. При этом геологические события, не достигшее критических температур, способных нарушить U-Th-Pb систему циркона, не попадают «в поле зрения» метода изотопного датирования. Получить более полную информацию об участии магматических и метаморфических источников обломочного материала, аккумулярованного в песчаных осадках, помогают результаты изучения ассоциированных с цирконом детритовых минералов переменного состава, типичных для определенных магматических и метаморфических пород. Это можно связать с тем, что изоморфная емкость таких минералов довольно строго определена P-T-C условиями их кристаллизации. В первую очередь это гранат, который представляет собой сквозной пороодообразующий минерал многих метаморфических фаций, а также присутствует в качестве акцессорного в некоторых плутонических и изверженных магматических породах.

Интерес к палеогеографическим реконструкциям для осадков неоген-четвертичного возраста на Кавказе и Предкавказье неуклонно растет в связи с решением вопросов минерогенеза редкометалльно-титановых россыпей Ставропольского свода, Адыгейского выступа и Керченско-Таманской зоны (Чефранова и др., 2013; Чефранова, Чефранов, 2022), особенно в контексте появляющихся в научной литературе публикаций, посвященных пересмотру времени формирования орогена Большого Кавказа (Кузнецов, Латышева и др., 2024; Кузнецов, Романюк и др., 2024). С учетом вышесказанного актуальность исследования индикаторных особенностей состава терригенных минералов из аллювия рек Большого Кавказа заключается в необходимости получения сведений о составе таковых из различных коренных пород, участвующих в строении орогена, об особенностях транспортировки и сохранности детрита на различных участках речных долин.

Целью данного исследования является изучение особенностей состава граната и строения циркона из аллювия р. Кубань на участке между устьем р. Худес до устья р. Теберды в пределах обнаженной части Кубанского блока Бечасынской зоны Большого Кавказа. Для достижения цели использован комплекс методов, в том числе минералогический анализ тяжелой фракции проб из речного аллювия р. Кубань, морфологический и микроанатомический анализ циркона, а также определение химического состава граната методом сканирующей микроскопии.

В качестве объекта исследования выбран участок р. Кубань в пределах обнаженной части Кубанского блока Бечасынской зоны Большого Кавказа (рис. 1). Данный участок интересен тем, что в верховьях р. Кубань дренирует комплекс гранитов Главного Кавказского хребта, метаморфические породы нижнего палеозоя (Герасимов и др., 2015) и средне-верхнепалеозойские осадочные породы Передового хребта, продукты разрушения которых должны присутствовать в ее аллювии. В пределах Кубанского блока обнажаются метаморфические и магматические нижнепалеозойские породы, а также верхнепалеозойский магматический комплекс. Выбор первой точки опробования в правом борту р. Кубани у устья р. Худес (проба KV-5.2 43°35'48.8"N, 42°8'6.45"E ± 16 м) обусловлен тем, что в вещественном составе аллювия должна находиться минеральная ассоциация, несущая следы разрушения всего комплекса пород (магматических, метаморфических и осадочных), участвующих в строении водосбора верховьев р. Кубань. При выборе второй точки опробования в правом борту р. Кубань на излучине между устьями ее правых притоков р. Ташлыкол и р. Кара-Сырх (проба KV-5 43°39'38.41"N, 41°59'8.81"E ± 4 м) у северо-западного обнаженного края Кубанского блока учитывался тот факт, что на отрезке реки между точками опробования на поверхность

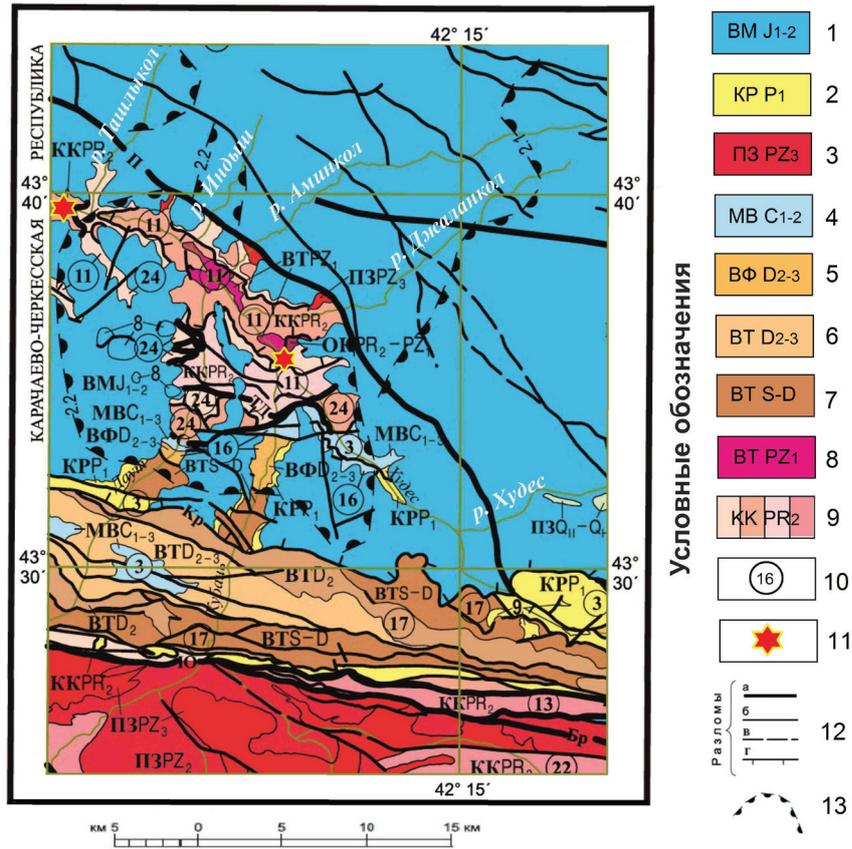


Рис. 1. Схема геологического строения Кубанского тектонического блока Бечасынской зоны Большого Кавказа (фрагмент Тектонической схемы листа К-38-I, VII ФГУГП «Кавказгеолсъемка», 2004 г. с изменениями и дополнениями).

Геодинамические комплексы и слагающие их формации (1-17). Внешнего шельфа активной окраины: мелководные – 1 – глинисто-песчаная, вулканокластическая, трахи-андезитовая. Коллизионные: континентального рифтогенеза – 2 – молассовая с дацитам, андезитами и туфами; вулканоплутонической зоны – 3 – гранитовая; межгорных впадин – 4 – молассовая угленосная с андезибазальтами, риолитами, туфами. Островной вулканической дуги: 5 – вулканогенно-терригенная; 6 – терригенная турбидитовая; 7 – базальт-андезит-риолитовая, кремнисто-терригенная; 8 – диоритовая. Комплексы основания: 9 – а – амфиболито-сланцево-гнейсовая, б – сланцевая, в – кварцитовая, г – гранит-гранодиорито-гнейсовая мигматитовая. 10 – Главные структуры и их номера: 3 – впадины с карбоновой и пермской молассой; 9 – Бечасынское поднятие; 11 – Кубанский тектонический блок; 13 – Пшекиш-Тырныузская глубинная межблоковая шовная зона; 16 – Тоханский покров; 17 – Кызылкольский покров; 24 – Шаукамысыртская складчатая зона; 11 – место отбора проб; 12 – разломы: а – главные (структурные швы); неустановленной кинематики – б – достоверные; в – предполагаемые; г – надвиги; 13 – контуры юрских палео-вулканических центров: 2.1 – Бечасынский, 2.2 – Даутский, 2.3. – Карачаевский

Fig. 1. Scheme of the geological structure of the Kuban tectonic block of the Bechasyn zone of the Greater Caucasus (fragment of the Tectonic scheme of sheet K-38-I, VII of the Federal State Unitary Enterprise «Kavkazgeolsemka», 2004 with changes and additions).

Geodynamic complexes and their constituent formations (1-17). Outer shelf of the active margin: shallow – 1 – clayey-sandy, volcanoclastic, trachy-andesitic. Collision: continental rifting – 2 – molasse with dacites, andesites and tuffs; volcano-plutonic zone – 3 – granite; intermontane basins – 4 – molasse coal-bearing with basaltic andesite, rhyolite, tuffs. Island volcanic arc: 5 – volcanogenic-terrigenous; 6 – terrigenous turbidite; 7 – basalt-andesite-rhyolite, siliceous-terrigenous; 8 – diorite. Basement complexes: 9 – a – amphibolite-schist-gneiss, b – schist, c – quartzite, d – granite-granodiorite-gneiss migmatite. 10 – Main structures and their numbers: 3 – depressions with Carboniferous and Permian molasse; 9 – Bechasyn uplift; 11 – Kuban tectonic block; 13 – Pshkish-Tyrnyauz deep interblock suture zone; 16 – Tokhan nappe; 17 – Kyzylkol nappe; 24 – Shaukamysyrt folded zone; 11 – Sampling point; 12 – Faults: a – main (structural sutures); of unknown kinematics – b – reliable; c – inferred; d – thrusts; 13 – Contours of Jurassic paleo-volcanic centers: 2.1 – Bechasynsky, 2.2 – Dautsky, 2.3 – Karachaevsky

выходят разновозрастные магматические комплексы пород, влияние которых должно отразиться в вещественном составе аллювия.

Методы исследования

Отобранные для исследования пробы с помощью набора сит, разделены на гранулометрические классы. Разделение минералов на монофракции осуществлялось в зависимости от их удельного веса и магнитной восприимчивости в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН (г. Москва).

Минералогический анализ осуществлялся в отраженном (бинокулярный микроскоп) и проходящем свете (поляризационный микроскоп) с использованием иммерсионных препаратов.

Для исследования особенностей морфологического строения зерна циркона сначала были помещены на двусторонний скотч для изготовления снимков в режиме обратно рассеянных электронов BSE (на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610lv). После чего зерна были имплантированы в эпоксидную шайбу и вскрыты на половину толщины зерна. Внутреннее строение зерен циркона изучалось при помощи изображений цветной катодной люминесценции (CL), полученных в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН (аналитик Т. И. Голованова) на базе электронно-зондового микроанализатора Cameca MS-46 с использованием цифровой камеры Videoscan 285 и ПО Viewer.

Зерна граната из каждой пробы были вмонтированы в эпоксидные запрессовки. Вскрытие и полировка минералов, запрессованных в эпоксидные шайбы осуществлялось способом истирания на тонкозернистых алмазных порошках без участия реагентов, содержащих хром.

Химический состав 150 зерен граната определен в центре коллективного пользования «ИГЕМ-аналитика» (г. Москва, ИГЕМ РАН) методом сканирующей электронной микроскопии JSM-5610lv (Jeol, Япония). Данные элементного состава зёрен получены при помощи EDS (энергодисперсионный детектор) – ULTIM MAX 100 (Oxford ink., Великобритания). Программное обеспечение – AZtec Version 5.1 (Oxford ink.). Условия съемки спектров: время съемки 50.0s, ускоряющее напряжение 25.00kV, увеличение 180×, число каналов 2048, энергетический диапазон (кэВ) 20 keV, энергия на канал (эВ) 10.0eV, тип детектора Ultim Max 100, первичный детектор AZtec.

Результаты минералогического анализа

Проба KV-5.2, отобранная в правом борту р. Кубани у устья р. Худес (43°35'48.8"N, 42°8'6.45"E ± 16 м) представлена грязно-серым среднезернистым полимиктовым песком. Проба KV-5, отобранная в правом борту р.Кубань на излучине между устьями ее правых притоков р. Ташлыккол и р. Кара-Сырх (43°39'38.41"N, 41°59'8.81"E ± 4 м) представлена желтоватым средне-мелкозернистым полимиктовым песком.

В легкой песчаной фракции аллювия р. Кубань (в пределах Кубанского блока) преобладают кварц, плагиоклазы и калиевые полевые шпаты в сумме составляющие 80–95 %. Также в легкой фракции отмечены слюды, сростки кварца с полевыми шпатами, амфиболами, эпидотом, слюдами, обломки пород (кварцитов, слюдистых сланцев, гранитов). Соотношение между кварцем и полевыми шпатами в составе легкой фракции постепенно изменяется вниз по течению за счет увеличения доли кварца. В крупно песчаной фракции существенную долю составляют обломки пород. Минералы легкой фракции неокатаны и представлены угловатыми обломками.

Среди тяжелых минералов в пробах KV-5.2 и KV-5 аллювия р. Кубань преобладают биотит и гидрослюды, лимонит, пироксены (преимущественно гиперстен), гранаты, амфиболы, хлорит, эпидот, актинолит, силлиманит, реже андалузит и кианит, сульфиды, которые концентрируются преимущественно в классе песчаной размерности 0.25–0.1 мм. В алевритовом гранулометрическом классе (менее 0.1 мм) диагностированы ильменит, лейкоксен, циркон, апатит, рутил, сфен, турмалин и монацит. Зерна минералов тяжелой фракции в большинстве своем представлены кристаллами и их угловатыми обломками.

Главным отличием в ассоциации тяжелых минералов аллювия у устья р. Худес (проба KV-5.2) является отсутствие рутила, турмалина, незначительное количество зерен циркона (порядка 1 %

от выхода тяжелой фракции), при широком распространении слюд и пироксенов. Вниз по течению в аллювии р. Кубани (проба KV-5) увеличивается количество лимонита, циркона, появляются в значковых количествах рутил, турмалин и сульфиды. Таким образом, у устья р. Худес в пробе KV-5.2 в русловом аллювии преобладает слюдисто-пироксено-гранатовая ассоциация тяжелых минералов, а ниже по течению на участке от устья р. Худес до северо-западного обнаженного края Кубанского блока в пробе KV-5 – пироксено-слюдисто-лимонитовая.

Результаты изучения морфологии и внутренней структуры циркона

Зерна детритового циркона из устья р. Худес (проба KV-5.2) представлены прозрачными субидiomорфными (40 %) и идиоморфными (32 %) кристаллами различной степени сохранности, угловатыми обломками неправильной формы (21 %), а также округлыми зернами овального облика (7 %). Среди ограненных кристаллов наибольшим распространением пользуются морфотипы S_{13} , S_{23} , S_{24} и J_4 с комбинацией призм от $\{100\}=\{110\}$ до $\{100\}$ и дипирамид $\{101\}=\{211\}$ и $\{101\}>\{211\}$ с коэффициентом удлинения от 2 до 4 (рис. 2 а, зерна 1, 2, 3, 5), в единичном случае отмечен короткостолбчатый кристалл (рис. 2 а, зерно 7). Поверхность кристаллов гладкая с четкими гранями и ребрами, часто на поверхности имеются следы растворения (рис. 2 а, зерно 3) и совместного роста с другими минералами (рис. 2 а, зерна 1, 2). Идиоморфные кристаллы имеют признаки нарушения осциляторной зональности (рис. 2 б, зерна 1–5, 7), кристаллы с развитием гексагональных призм отличаются ярко-синим цветом катодной люминесценции (CL) и наличием включений апатита (рис. 2 а, зерна 1, 2).

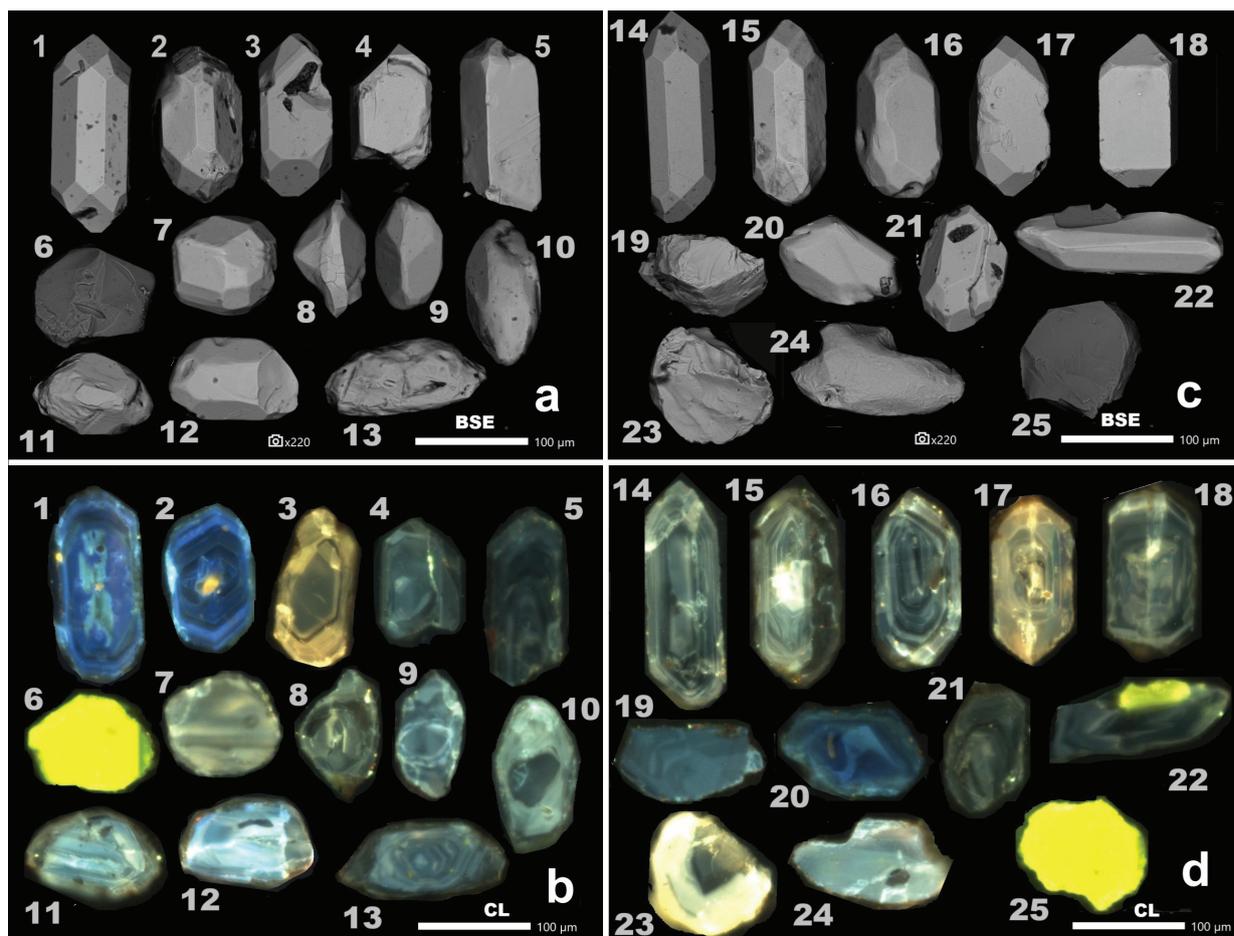


Рис. 2. Особенности морфологии (BSE) и внутреннего строения (CL) зерен детритового циркона и апатита из аллювия р.Кубань в пробе KV-5.2 (а, б) и пробе KV-5 (с, d)

Fig. 2. Features of the morphology (BSE) and internal structure (CL) of detrital zircon and apatite grains from the alluvium of the Kuban River in sample KV-5.2 (a, b) and sample KV-5 (c, d)

Для субидиоморфных кристаллов циркона из пробы KV-5.2 характерны скругленные очертания, обусловленные нарастанием регенерационных кайм, повторяющих облик правильно оформленных кристаллов (рис. 2 а, зерна 9, 12). На гладкой поверхности субидиоморфных зерен часто наблюдаются следы растворения в виде каверн различных размеров. Во внутренней структуре регенерированных зерен отчетливо проявлены ядра первичных растворенных кристаллов циркона (рис. 2 б, зерна 8–10), а также признаки глубокого нарушения зональности. Среди округлых зерен циркона овального облика диагностированы окатанные зерна с матовой поверхностью и зерна с гладкой регенерированной поверхностью. Характер внутренней структуры округлых зерен циркона овального облика (рис. 2 а, б; зерна 10, 11, 13) аналогичен особенностям строения субидиоморфных зерен.

Зерна детритового циркона из руслового аллювия р. Кубани (проба KV-5) у северо-западного обнаженного края Кубанского блока представлены субидиоморфными (51 %) и идиоморфными (29 %) кристаллами, обломками неправильной формы (11 %) и округлыми зернами овального облика с шероховатой (3 %) и гладкой (7 %) поверхностью. Характерной особенностью циркона из пробы KV-5 является преобладание удлиненно-призматических идиоморфных и субидиоморфных кристаллов с коэффициентом удлинения от 4 до 6 и более, и присутствие кристаллов игольчатого облика. В строении кристаллов участвует комбинация призм от гексагонального до тетрагонального габитуса с дипирамидами $\{101\}=\{211\}$, соответствующих морфотипам S_{13} , S_{18} , S_{23} и J_3 (рис. 2 с, зерна 14–17). В подчиненном количестве диагностированы тетрагональные кристаллы J_4 типа, коэффициент удлинения которых варьирует от 2 до 3 (рис. 2 с, зерно 18). Внутренняя зональность кристаллов S_{13} , S_{18} , S_{23} и J_3 типа осцилляторная с незначительными признаками регенерации (рис. 2 d, зерна 14–17), в то время как у более высокотемпературных кристаллов J_4 типа отмечены признаки глубокого нарушения первичной зональности (рис. 2 d, зерно 18).

Строение субидиоморфных зерен циркона из пробы KV-5 характеризуется как сглаженными очертаниями за счет обрастания регенерационными каймами, так и наличием сростков и включений (рис. 2 с, зерна 20–22). Внутренняя структура этих зерен имеет признаки глубокого нарушения первичной зональности (рис. 2 d, зерна 20–22).

Зерна циркона неправильной формы из пробы KV-5 имеют неровную, часто волнистую поверхность иногда с кавернами, обусловленную процессами растворения (рис. 2 с, зерна 19, 23). Редко на поверхности зерен неправильной формы можно наблюдать неравномерные волнистые и почкообразные наросты, вызванные процессами регенерации. Во внутренней структуре таких зерен преобладают признаки глубокого нарушения первичной зональности, вплоть до ее гомогенизации (рис. 2 d, зерна 19, 23, 24).

Преобладание в пробе KV-5.2 субидиоморфных и идиоморфных регенерированных кристаллов, а также присутствие ксеногенных ядер в цирконе округлого облика свидетельствует в пользу того, что их источником с большой долей вероятности выступали метаморфические, возможно гнейс-мигматитовые комплексы пород.

В то время как присутствие удлиненно-призматических кристаллов с осцилляторной зональностью в пробе из руслового аллювия р. Кубани (проба KV-5) свидетельствует о появлении на участке между устьем р. Худес и северо-западным обнаженным краем Кубанского блока магматического источника. Вероятно, источником кристаллов ряда S_{13} , S_{18} , S_{23} и J_3 выступал верхнепалеозойский Кубанский гранит-порфировый гипабиссальный комплекс, выходы которого фиксируются в руслах рек Джаланкол и Аминкол. В то время как источником более высокотемпературных тетрагональных кристаллов J_4 типа мог являться нижнепалеозойский Аманкольский диоритовый комплекс, обнажающийся в русле р. Кубани.

Обращает на себя внимание существенное обновление популяции циркона на участке между устьем р. Худес и северо-западным обнаженным краем Кубанского. В первую очередь отмечено значительное уменьшение количества (до знакового) регенерированных кристаллов циркона с ярко-синим цветом катодной люминесценции и появление их единичных осколков в пробе KV-5, а также практически полное исчезновение зерен с ксеногенными ядрами.

Результаты исследования состава детритового граната

При петрогенетической типизации граната использована тройная дискриминационная диаграмма, откалиброванная в работе (Mange, Morton, 2007) для граната из магматических и некоторых метаморфических пород, модернизированная в работе (Krippner et al., 2014) с учетом состава гранатов из метаосадочных пород различных фаций. Для сравнения на эту диаграмму нанесены точки состава гранатов из ближайших известных выходов различных метаморфических комплексов, слагающих герцинский фундамент Большого Кавказа (рис. 3 б) по данным Д. М. Шенгелиа и С. П. Кориковского (Петрология..., 1991).

В составе граната из пробы KV-5.2 преобладает альмандин-пироп (Alm_{52-75} , Prp_{15-26} , Sps_{6-9} , Grs_{4-7}), количество которого достигает 60 %. Второй по распространённости (39 %) тип граната – альмандин-спессартин с повышенной пироповой компонентой (Alm_{57-66} , Sps_{20-24} , Prp_{10-14} , Grs_{2-3}). В резко подчиненном количестве (1 %) отмечен альмандин-пироп-гроссуляр (Alm_{60} , Prp_{14} , Grs_{14} , Sps_6). По аналогии с составом граната из герцинских метаморфических комплексов Большого Кавказа (рис. 3 б) можно предположить, что формирование альмандин-пиропита из пробы KV-5.2 должно быть генетически связано с метапелитами силлиманит-биотит-мусковитовой субфации метаморфизма. Присутствие альмандин-спессартинового граната с повышенной пироповой компонентой может быть связано с мигматитами с гранат-силлиманит-биотитовым реститом. Выходы мигматитов аналогичного состава известны в верховьях р. Хузрук, правого притока р. Кубани, расположенного чуть выше по ее течению от устья р. Худес.

Гранат из пробы KV-5 представлен двумя разновидностями – на 60 % альмандин-пиропом (Alm_{66-80} , Prp_{13-25} , Sps_{4-10} , Grs_{2-6}) и на 40 % альмандин-спессартином с относительно повышенной пироповой компонентой (Alm_{62-80} , Sps_{13-27} , Prp_{5-13} , Grs_{1-3}). В общих чертах состав граната и количественное отношение установленных разновидностей из обеих проб аллювия в пределах Кубанского блока аналогично. Можно предположить, что источником альмандин-пиропита из пробы KV-5 также являлись метапелиты силлиманит-биотит-мусковитовой субфации метаморфизма. При этом состав альмандин-спессартина с относительно повышенной пироповой компонентой в этой пробе имеет больше сходных черт с составом граната магматического происхождения. Аналогичный состав граната установлен в А. В. Окросцваридзе (1995) в герцинских мигматитах, плагиогранитах и гранодиоритах Большого Кавказа, а также в гранитах Даховского массива (Золотарева, Ненахов, 2006), который вместе с позднепалеозойскими гранитами Кубанского блока входит в состав Малкинско-го интрузивного комплекса.

Несмотря на то, что однозначная идентификация источника альмандин-спессартина с повышенной пироповой компонентой затруднительна по причине схожих особенностей состава такового их магматических и метаморфических (метапелиты силлиманит-биотит-мусковитовой и ставролит-биотит-андалузитовой субфации) комплексов, мы склонны предполагать, что в качестве его источника в аллювии р. Кубань на участке между устьем р. Худес и северо-западным обнаженным краем Кубанского блока выступали как метаморфические, так магматические породы.

Обсуждение результатов

В составе аллювия р. Кубань у устья р. Худес (проба KV-5.2) установлено большое количество слюд и пироксенов, присутствие которых обусловлено как составом пород источников (нижнепалеозойские метаморфические породы и разновозрастные изверженные породы), так и размером зерен (0.25–0.1 мм), определяющим их гидродинамическую дифференциацию в осадке. В этом контексте важно отметить, что изменение состава минеральной ассоциации в пробе KV-5 (увеличение количества зерен лимонита и циркона, появление рутила, турмалина и сульфидов), отобранной ниже по течению на песчаном «пляже» у излучины р. Кубани, может быть связано не только с изменившимся характером состава пород источников, но и с незначительным увеличением количества мелкозернистого материала, обусловленным, как особенностями динамики водного потока на данном участке, так и с дроблением материала вниз по течению. Влияние динамики водного

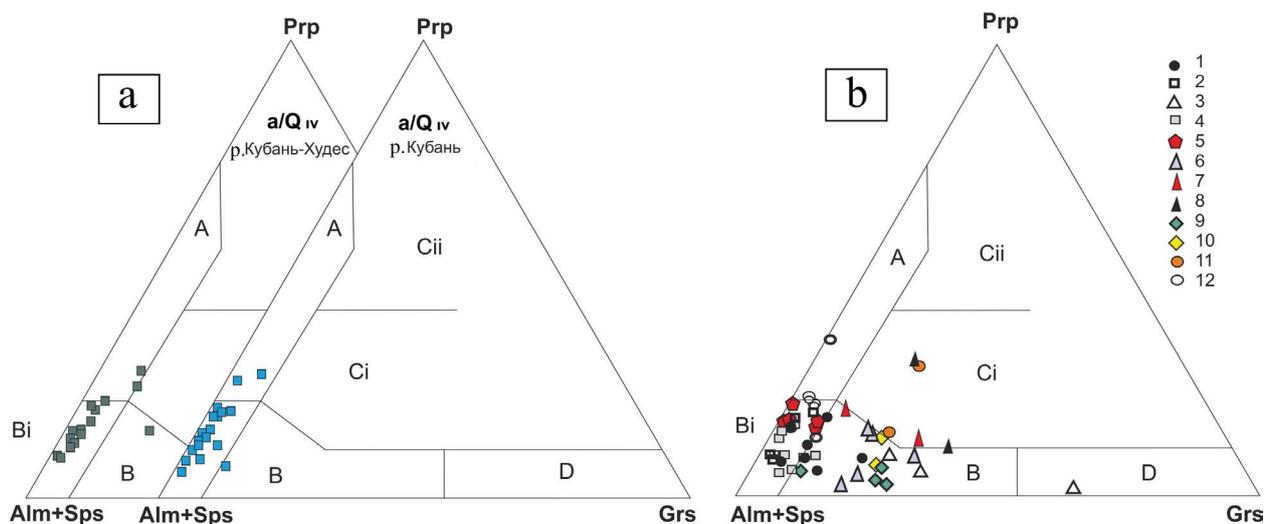


Рис. 3. Дискриминационные диаграммы индикаторных характеристик состава граната из (а) руслового аллювия р. Кубани (пробы KV-5 и KV-5.2) и (б) метаморфических комплексов Большого Кавказа (Петрология..., 1991) откалиброванные по (Mange, Morton, 2007; Krippner et al., 2014).

A – метасадочные породы гранулитовой фации, чарнокиты и основные изверженные породы; B – metabasites of amphibolite facies; Bi – метапелиты амфиболитовой фации и переходные к основным изверженным породам; Ci – основные породы высоких давлений; Cii – магниезиальные ультраосновные породы (пироксены и перидотиты); D – метасоматические породы, скарны.

Точки состава граната из метаморфических комплексов Большого Кавказа (Петрология..., 1991): 1 – из бедных CaO метапелитов ставролит-андалузитовой субфации Лабино-Буульгенской серии в западной части Перевальной зоны; 2 – из мусковитсодержащих метапелитов ставролит-силлиманитовой субфации Лабино-Буульгенской серии в западной части Перевальной зоны; 3 – из богатых CaO ставролит-биотит-андалузитовой субфации клычской свиты; 4 – из бедных CaO и мусковитсодержащих метапелитов ставролит-хлоритоидной и ставролит-хлоритовой субфаций лаштракской свиты; 5 – из бедных CaO метапелитов ставролит-биотит-кианитовой субфации аджарской свиты; 6 – из метаморфитов ставролит-биотит-кианитовой субфации Блыбского комплекса; 7 – из богатых CaO пород ставролит-биотит-кианитовой субфации лабарданской свиты Блыбского комплекса; 8 – из амфиболитизированных эклогитов блыбского комплекса района Большой Лабы; 9 – из метаморфических пород гранатовой субфации речепстинского комплекса; 10 – из кианитовых эклогитов Блыбского комплекса района Малой Лабы; 11 – из метаморфических пород силлиманит-биотит-мусковитовой субфации речепстинского комплекса; 12 – из метапелитов биотит-силлиманит-калишпатовой субфации эльбрусско-макерского комплекса

Fig. 3. Discrimination diagrams of indicator characteristics of garnet composition from (a) channel alluvium of the Kuban River (samples KV-5 and KV-5.2) and (b) metamorphic complexes of the Greater Caucasus (Petrology ..., 1991) calibrated according to (Mange, Morton, 2007; Krippner et al., 2014).

A – metasedimentary rocks of granulite facies, charnockites and mafic igneous rocks; B – metabasites of amphibolite facies; Bi – metapelites of amphibolite facies and transitional to mafic igneous rocks; Ci – high-pressure mafic rocks; Cii – magnesian ultramafic rocks (pyroxenes and peridotites); D – metasomatic rocks, skarns.

Composition points of garnet from metamorphic complexes of the Greater Caucasus (Petrology..., 1991): 1 – from CaO-poor metapelites of the staurolite-andalusite subfacies of the Labino-Buulgen Series in the western part of the Perevalnaya zone; 2 – from muscovite-bearing metapelites of the staurolite-sillimanite subfacies of the Labino-Buulgen Series in the western part of the Perevalnaya zone; 3 – from CaO-rich staurolite-biotite-andalusite subfacies of the Klych Formation; 4 – from CaO-poor and muscovite-bearing metapelites of the staurolite-chloritoid and staurolite-chlorite subfacies of the Lashtrak Formation; 5 – from CaO-poor metapelites of the staurolite-biotite-kyanite subfacies of the Adzhar Formation; 6 – from metamorphic rocks of the staurolite-biotite-kyanite subfacies of the Blybsky complex; 7 – from CaO-rich rocks of the staurolite-biotite-kyanite subfacies of the Labardan suite of the Blybsky complex; 8 – from amphibolitized eclogites of the Blybsky complex of the Bolshaya Laba region; 9 – from metamorphic rocks of the garnet subfacies of the Rechepsta complex; 10 – from kyanite eclogites of the Blybsky complex of the Malaya Laba region; 11 – from metamorphic rocks of the sillimanite-biotite-muscovite subfacies of the Rechepsta complex; 12 – from metapelites of the biotite-sillimanite-potassium feldspar subfacies of the Elbrus-Makersky complex

потока, а также процессов дробления и истирания на состав минеральной ассоциации в аллювии р. Кубань достаточно подробно описано в предшествующих исследованиях (Осовецкий, 1977).

Детальное изучение морфологии и внутреннего строения детритового циркона в отобранных пробах, напротив, демонстрирует ярко-выраженное влияние ближайших источников сноса популяции данного минерала. В пробе, отобранной у устья р. Худес, до вступления р. Кубани в полосу развития магматических пород Кубанского блока, циркон представлен регенерированными идиоморфными и субидиоморфными кристаллами, а также окатанного вида зернами, характерными для гнейс-мигматитов и кристаллических сланцев. В то время как на «выходе» из Кубанского блока в аллювии р. Кубани значительно увеличивается число идиоморфных кристаллов циркона с осцилляторной зональностью из магматических пород. Уменьшение количества регенерированных кристаллов из мигматитов может быть объяснено дроблением этих зерен, о чем свидетельствует присутствие в пробе KV-5 их единичных осколков. Можно предположить, что исчезновение из популяции циркона в пробе KV-5 округлых зерен с ксеногенными ядрами, также оказалось связано с повышенной хрупкостью этих зерен.

Состав граната в изученных пробах демонстрирует относительное постоянство на изученном участке р. Кубань и свидетельствует о разрушении метапелитов биотит-мусковитовой субфации метаморфизма силлиманитовой барической зоны (530–630 °С, 2–3 кбар). Вероятнее всего, этими породами являлись силлиманит-биотит-мусковитовые гнейсы, развитые в верховьях р. Кубань. Небольшие различия в составе альмандин-спессартина из изученных проб позволяют гипотетически соотносить их с составом граната из мигматитов и гранитов по аналогии с изменениями в популяции зерен циркона и требуют дальнейшего более детального изучения.

Появление в минеральной ассоциации пробы KV-5 из аллювия р. Кубани у северо-западного обнаженного края Кубанского тектонического блока еще одного детритового минерала индикатора питающих провинций – рутила, можно связать с влиянием ближайшего источника, расположенного ниже устья р. Худес. Индикаторные характеристики состава этого минерала были изучены нами ранее (Чефранова, Борисовский, 2024). Состав детритового рутила из пробы KV-5 не только продемонстрировал его приуроченность к нижнепалеозойским метаосадочным породам, но и зафиксировал два наложенных термальных события, связанных с внедрением Аманкольского диоритового и Кубанского гранит-порфирирового комплексов в метаморфические породы Кубанского тектонического блока.

Заключение

В результате детального исследования индикаторных характеристик состава граната, рутила и строения циркона из руслового аллювия р. Кубань в пределах Кубанского тектонического блока позволило сделать следующие выводы.

На состав минеральной ассоциации руслового аллювия р. Кубань в ее горной части большое влияние оказывает активная гидродинамика, способствующая процессам дробления и истирания мелких кристаллов. В связи с чем, вниз по течению реки возрастает роль минералов из ближайших источников обломочного вещества. Особенно ярко выражено обновление популяции аксессуарных минералов, таких как циркон и рутил. В то время как количество детритового граната, являющегося породообразующим минералом многих метаморфических фаций, лишь уменьшается в аллювии вниз по течению реки.

Данное исследование подчеркивает важность изучения морфологии и внутреннего строения детритового циркона при палеогеографических реконструкциях, особенно в районах с горным рельефом.

Результаты исследования индикаторных особенностей терригенных минералов р. Кубань в пределах Кубанского блока в дальнейшем могут быть использованы для детализации палеогеографических реконструкций для осадочных отложений, развитых на территории Большого Кавказа и Предкавказья.

Благодарность

Работа выполнена в рамках госзадания ИГЕМ РАН FMMN-2025-0015

Литература

1. Герасимов В. Ю., Гаранин В. К., Письменный А. Н., Энна Н. Л. Новые данные о проявлении мезозойского магматизма в Бечасынской зоне Большого Кавказа и оценка возраста регионального метаморфизма // Вестник Московского университета. Серия: Геология. 2015. № 4. С. 62–73.
2. Золотарева Г. С., Ненахов В. М. Акцессорные минералы и типоморфизм цирконов гранитов Даховского кристаллического массива // Вестник ВГУ. Серия Геология. 2006. № 1. С. 39–44.
3. Кузнецов Н. Б., Латышева И. В., Новикова А. С., Дубенский А. С., Ерофеева К. Г., Шешуков В. С., Данцова К. И., Хафизов С. Ф., Романюк Т. В., Федюкин И. В. О тектоническом типе Западно-Кубанского прогиба и времени воздымания западного сегмента орогена Большого Кавказа // Нефтяное хозяйство. 2024. № 10. С. 58–63.
4. Кузнецов Н. Б., Романюк Т. В., Шацилло А. В., Латышева И. В., Федюкин И. В., Новикова А. С., Маслова О. А., Данцова К. И., Драздова А. В., Дубенский А. С., Ерофеева К. Г., Шешуков В. С. Возрасты детритового циркона из песков белореченской свиты (западное Предкавказье): предварительные выводы о ее возрасте и о времени начала образования новейшего орогена Большого Кавказа // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024. Т. 1. М. Изд-во: ГЕОС. 2024. С. 244–249.
5. Окросцваридзе А. В. Герцинский гранитоидный магматизм Большого Кавказа. Тбилиси. 1995. 226 с.
6. Осовецкий Б. М. Вещественный состав современного аллювия р. Кубани и условия его формирования // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 1. С. 66–80.
7. Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа / Под ред. Д. М. Шенгелиа, С. П. Кориковский, Г. Л. Чичинадзе и др. М. Изд-во: Наука. 1991. 232 с.
8. Чефранова А. В., Борисовский С. Е. Состав детритового рутила из современного аллювия рек Лабино-Малкинской зоны Большого Кавказа // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2024. № 21. С. 251–258.
9. Чефранова А. В., Лаломов А. В. Питающие провинции позднеплиоценовых редкометалльно-титановых россыпей Таманского полуострова // Геология рудных месторождений. 2013. № 1. С. 68–81.
10. Чефранова А. В., Чефранов Р. М. Минералы-индикаторы питающих провинций редкометалльно-титановых россыпей Ставропольского свода: Циркон // Геология рудных месторождений. 2022. Т. 64, № 5. С. 574–594.
11. Krippner A., Meinhold G., Morton A. C. Hilmar von Eynatten Evaluation of garnet discrimination diagrams using geochemical data of garnets derived from various host rocks // Sedimentary Geology. 2014. V. 306. P. 32–52.
12. Mange M. A., Morton A. C. Geochemistry of heavy minerals // Heavy Minerals in Use. (Developments in Sedimentology 58). Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 345–391.