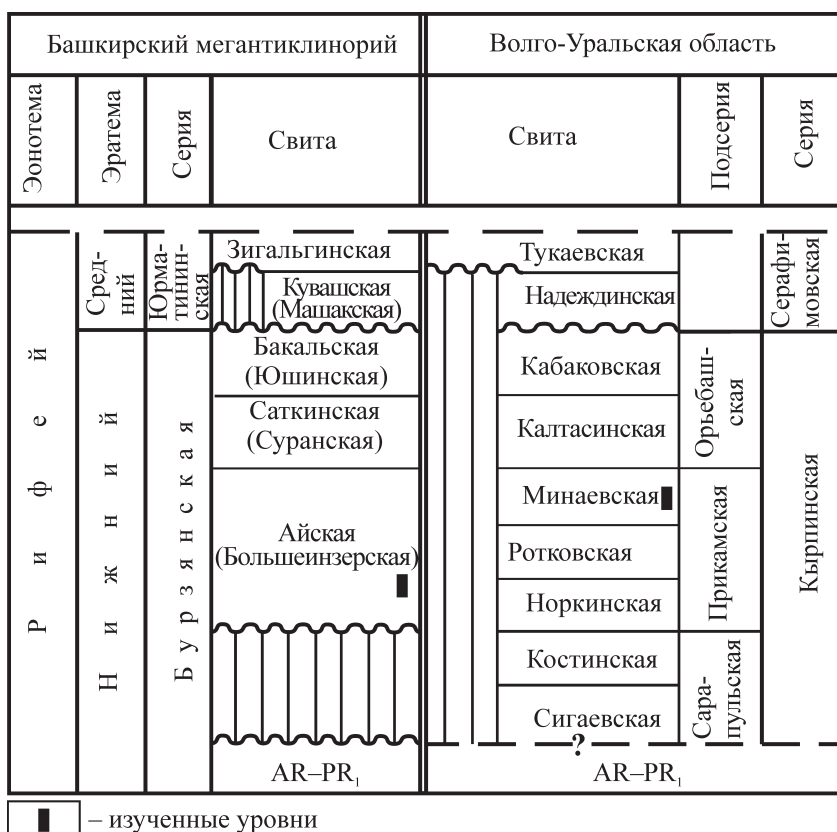


## МИКРОМОРФОЛОГИЯ ЗЕРЕН КВАРЦА И ЦИРКОНОВ ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД БАЗАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ НИЖНЕГО РИФЕЯ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ И КАМСКО-БЕЛЬСКОГО АВЛАКОГЕНА

© 2014 г. А. И. Ялышева, Н. Д. Сергеева\*, С. П. Главатских

Приоритетность исследования на микро- и нано-уровнях кластогенных минералов осадочных комплексов верхнего докембрия очевидна, так как многие элементы микроморфологии могут нести сигналы, позволяющие реконструировать генезис терригенных пород, начиная от условий седиментации и постседиментационных процессов и заканчивая источниками сноса. Наиболее информативными и широко изученными в терригенной минералогии являются кластогенные кварц и циркон [4]. Нами были исследованы данные минералы из

псефитов и псаммитов базальных уровней верхнего протерозоя: бурзянской серии Башкирского мегантиклинория Южного Урала и кырпинской серии Камско-Бельского авлакогена Волго-Уральской области Восточно-Европейской платформы. Монофракции кварца и циркона были получены из проб-протолок, отобранных из терригенных отложений айской, большеинзерской (бурзянская серия) и ротковской/минаевской (кырпинская серия) свит нижнего рифея, стратиграфическое положение и соотношение которых показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Стратиграфические схемы нижнего рифея Башкирского мегантиклинория Южного Урала и Камско-Бельского авлакогена Волго-Уральской области (по В.И. Козлову [6–8]).

\* Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа.

Кроме названных литостратиграфических уровней верхнего докембрия Урала и приуральской части Восточно-Европейской платформы были изучены минералы из кварцитопесчаников шокшинской свиты вепсийского надгоризонта нижнего протерозоя (Онежское озеро, Карелия). Это связано с тем, что в работах [3, 13] отмечается участие в базальных конгломератах бурзянской серии галек кварцитов “шокшинского” облика. Таким образом, мы получили возможность сравнить морфологию кластогенного кварца и цирконов из отложений уральского стратотипа рифея и терригенного комплекса верхнего карелия, верхнего и нижнего протерозоя соответственно.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Псаммитовые зерна кварца и цирконов были отобраны в случайном порядке под бинокулярным микроскопом из протолок песчаников массой 0.05–0.25 мг. В среднем количество исследованных зерен составило 10–30 для одной свиты/подсвиты. Сферичность и окатанность зерен кварца определялись в шлифах под микроскопом согласно методикам, подробно изложенным в работе [15]. При идентификация элементов микроморфологии использовались данные работ [17–21 и др.].

Исследования микроморфологии и состава поверхностных образований на зернах кварца и цирконов были проведены с помощью сканирующего электронного микроскопа GEOL jsm-6390lv с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 (ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург). Следует отметить, что в рамках возможностей применяемого метода исследования полученные результаты химического состава новообразований и матрицы цирконов являются качественными. Состав матрицы цирконов проводился на участках, не загрязненных слюдой или новообразованиями.

### МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы *песчаного матрикса конгломератов навьшской подсвиты айской свиты* нижнего рифея Башкирского мегантиклинория были отобраны в районе хр. Бол. Миасс. Полимиктовый петролитокластовый матрикс конгломератов представлен средне- и крупнозернистой (до гравелитовой) размерностью обломочного материала. В составе каркаса матрикса преобладает кварц (60–70%), также встречаются микроклины, обломки кварцитов, сланцев, джеспилитов и гнейсов. По данным Л.В. Анфимова [2], песчаники навьшской подсвиты обладают микротекстурами, которые характерны для преобразования пород в условиях позднего катагенеза с реликтами метагенеза.

Зерна кварца из матрикса представлены двумя типами: угловатые и хорошо окатанные с вы-

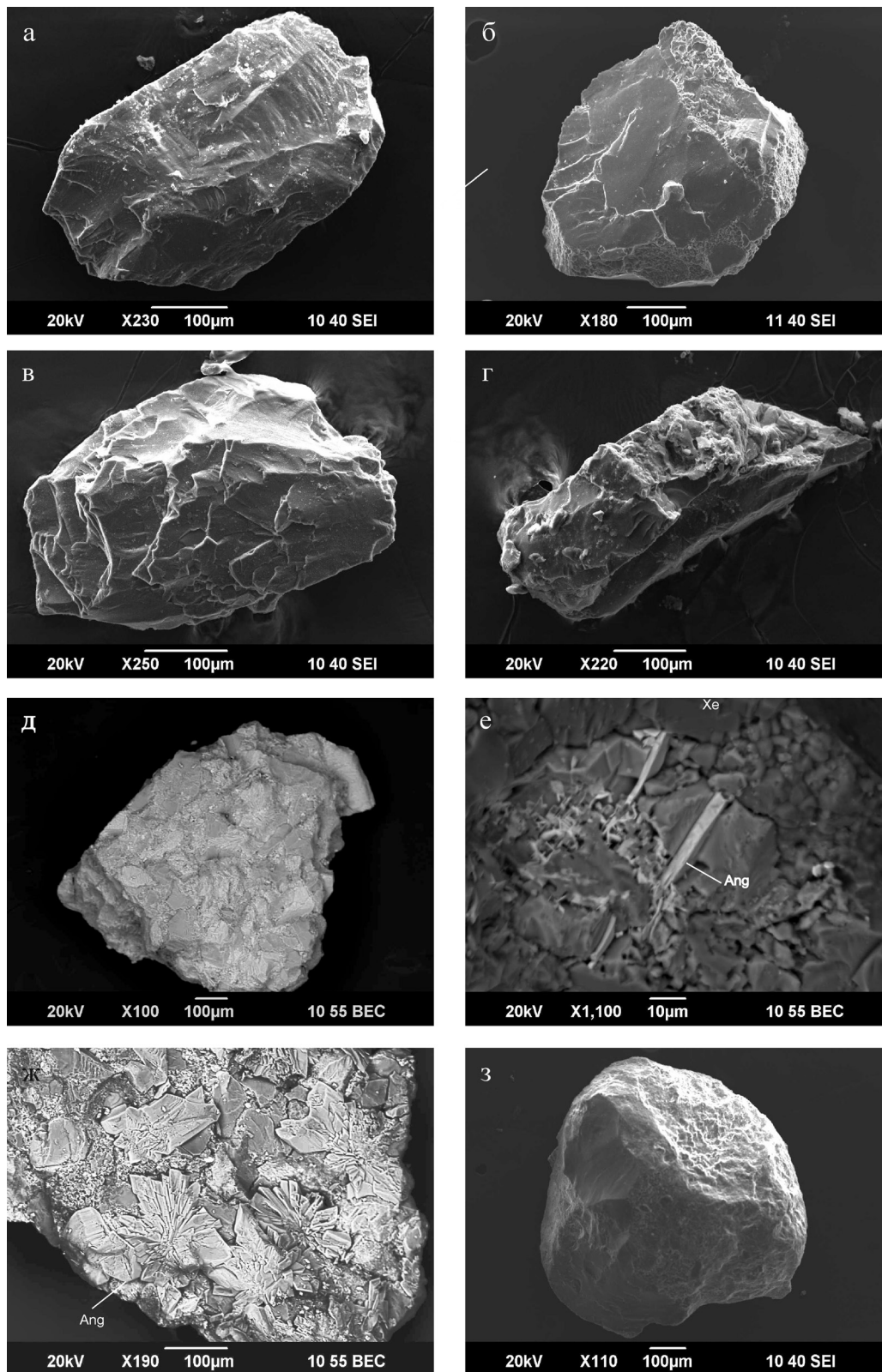
сокими значениями коэффициентов сферичности/circularity [15]. В кварце из образцов, отобранных непосредственно в зоне контакта с породами тараташского комплекса, было обнаружено повышенное содержание минеральных включений. В зернах чаще всего можно установить иголки рутила, образующие сагенитовую решетку или представленные отдельными индивидами, кристаллы турмалина, апатита и циркона. С учетом данных Н.А. Михайловой [10] можно сделать вывод о том, что кварц с данным набором включений минералов мог поступать в осадочный бассейн за счет размыва гнейсов.

В целом следует отметить, что большая часть зерен кварца исследуемых пород навьшской подсвиты носит следы химических преобразований, которые представлены неровным рельефом с разъедающими зерна бороздами и площадками. На облике многих зерен видны следы коррозии цементом, новообразования с кристаллографическими очертаниями (железистые рубашки), глобулы и гребни из аутигенного кварца. Встречаются единичные зерна с параллельной штриховкой, которые были идентифицированы нами как элементы флювиального генезиса (рис. 2а).

Цирконы из цемента конгломератов навьшской подсвиты представлены двумя типами: преобладают (~65–80%) зерна розового цвета хорошо окатанной и угловато-окатанной формы (рис. 3, фото а1). Часто они обладают неровной, щербатой, травленной поверхностью, на которой хорошо заметны агрегаты слюды (железистый биотит) и ксенотима. Наиболее широко эти минералы представлены в катаглифах (ямки вдавливания), где центральную часть выполняет слюда, во внешней оторочке хорошо различается ксенотим. Часто зерна цирконов разбиты сетью параллельных и перпендикулярных трещин, которые местами залечены ксенотимом. Матрица цирконов обогащена ионами Al и Fe, а также Mn (табл. 1).

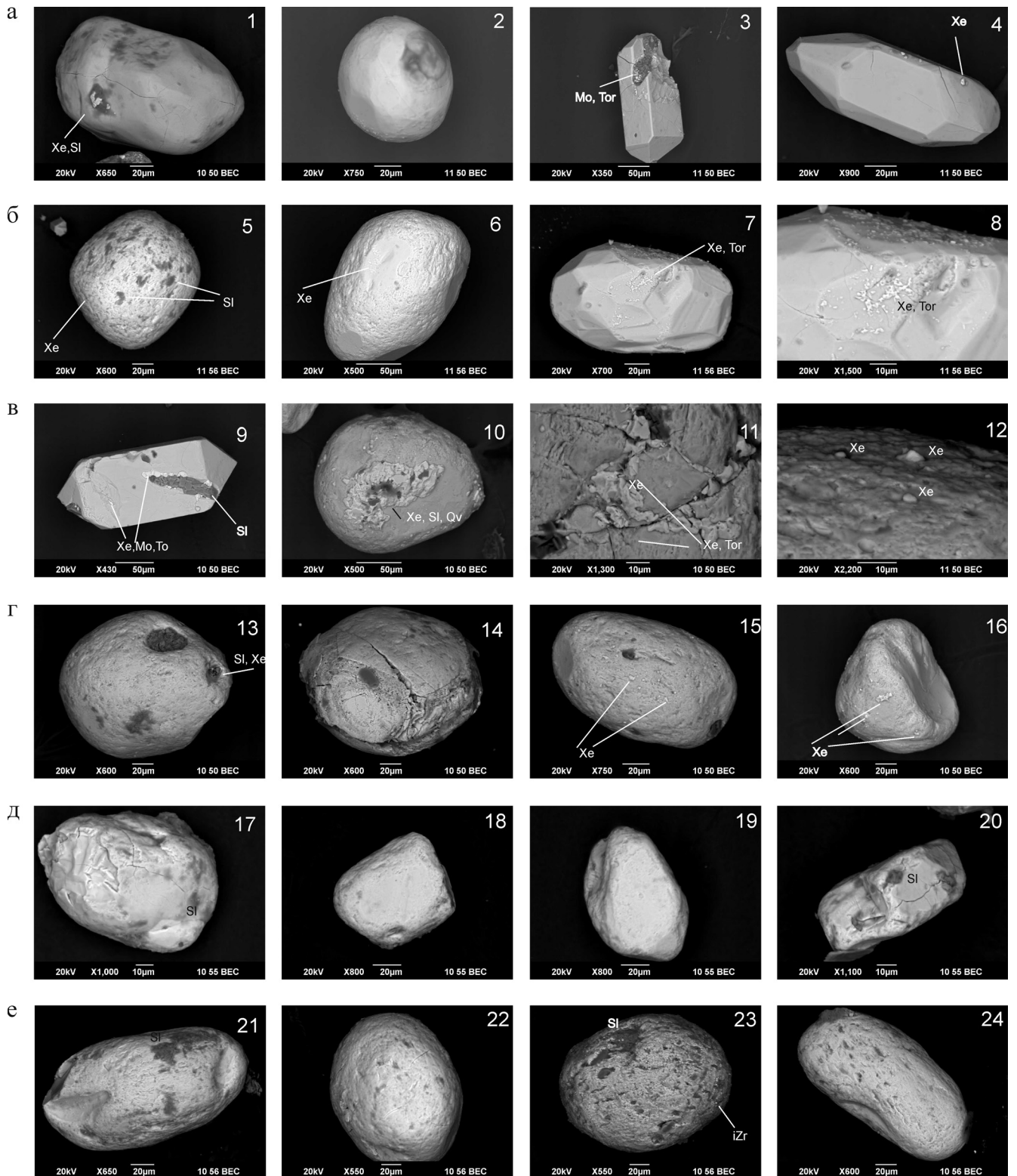
В изученной протолочке было зафиксировано незначительное количество зерен цирконов призматического и пирамидального облика с не затронутыми абразией ребрами кристаллов (см. рис. 3, фото а3, 4). Очень часто такие зерна вместо ксенотима несут включения монацита и торита. Темно-розовые и малиновые цирконы в матриксе конгломератов навьшской подсвиты составляют незначительное количество (~5–10%).

Исследованные *гальки малиновых кварцитов из конгломератов навьшской подсвиты айской свиты*, отобранные в районе горы Голой (р. Месаелга), представлены мелко- и среднезернистыми разновидностями. Каркас кварцитов на 95–98% состоит из кварца, отмечены серицит и хлорит. Гематит и гетит развиты в качестве порового цемента, а также прослоев и примазок. Кварциты претерпели метагенез, на что указывает широкое развитие структур внутрислойного растворения, крустификации



**Рис. 2.** Элементы микроморфологии кластогенного кварца из песчаников нижнего рифея Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена.

а – матрикс конгломератов навышской подсвиты айской свиты, б – галька малиновых кварцитов из конгломератов навышской подсвиты, в – липовская подсвита айской свиты, г – большеинзерская свита, д–ж – ротковская свита, з – шокшинская свита вепсйского надгоризонта (Карелия), Ang – ангидрит.



**Рис. 3.** Элементы микроморфологии детритовых цирконов из песчаников нижнего рифея Башкирского мега-антиклинория и Камско-Бельского авлакогена.

а – матрикс базальных конгломератов навышской подсвиты айской свиты, б – галька малиновых кварцитов из конгломератов навышской подсвиты, в – липовская подсвиты айской свиты, г – большеинзерская свиты, д – ротковская/минаевская свита, е – шокшинская свита вепсйского надгоризонта (Карелия); Qv – кварц, Xe – ксанотим, Тор – торит, Мо – монацит, Si – слюда, iZr – изоморфный циркон (бадделейт?); 1–24 – пояснения см. в тексте.

**Таблица 1.** Средний состав цирконов из песчаников докембрия Урала, приуральской части Волго-Уральской области и Карелии (мас. %)

Свита	Zr	Si	O	Hf	Al	Fe	Ca	Mg	Mn	Ti	Кол-во зерен/ проб
Цемент конгломератов навьшской подсвиты айской свиты	40.84	12.43	45.57	1.12	0.35	0.86	–	–	0.45	–	10/26
Гальки малиновых кварцитов из конгломератов навьшской подсвиты айской свиты	51.37	17.97	34.86	1.59	0.49	0.71	–	–	–	0.24	8/18
Песчаники липовской подсвиты айской свиты (цирконы розовые)	46.0	16.99	34.62	1.76	0.21	–	–	–	–	–	6/11
Песчаники липовской подсвиты айской свиты (цирконы малиновые)	44.09	13.36	41.09	2.35	0.34	0.83	–	–	0.54	–	15/24
Песчаники большеинзерской свиты	51.68	13.14	33.72	1.38	0.90	2.21	0.78	2.17	–	–	9/20
Песчаники минаевской свиты	47.96	13.6	34.47	1.20	0.56	1.64	0.36	1.20	–	–	13/20
Песчаники шокшинской свиты	50.02	11.70	32.83	2.33	0.72	3.44	0.72	–	–	–	15/18

зерен, широкое развития грануляционного цемента. Зерна кварца имеют регенерационные оторочки из железистого агрегата (т.н. “железистые рубашки”). Отдельные обломки полевых шпатов замещены крипстокристаллическим кварцем, что может свидетельствовать о том, что песчанники претерпели кварцевый метасоматоз в условиях позднего метагенеза.

В зернах кварца в шлифах под микроскопом можно наблюдать структуры пластической деформации. Часто они обладают облачным и мозаичным угасанием. Кварц с газово-жидкими включениями встречается заметно реже. Зерна обладают довольно ровной поверхностью, хорошо окатаны, с плавными закругленными краями. Текстуры химического травления распространены меньше и представлены не таким широким спектром типов по сравнению с зернами кварца из матрикса конгломератов. В основном встречаются локальные участки травления в виде полос или небольших зон. Чаше всего рельеф зерен осложнен механогенными микротекстурами, среди которых наиболее развиты гребешки, абразионные канавки, площадки и сколы флювиального происхождения (см. рис. 3б).

В гальках малиновых кварцитов выделенные цирконы представлены бледно-розовыми хорошо окатанными зернами (см. рис. 3, фото б5, б6), реже встречаются зерна с сильно затертыми абразией кристаллическими гранями (рис. 3, фото б7). Поверхность цирконов может быть как сильнотрещиноватой, коррозионной, шероховатой, так и совершенно гладкой. На зернах цирконов широко развиты новообразования из ксенотима и торита в виде точечных аморфных включений размером до 2–3 мкм. Они часто занимают поры и каверны, т.е. более распространены по абразивным поверхностям, хотя есть исключения. Так, на одном зерне (рис. 3, фото б8) были зафиксированы ксенотим и торит в виде отдельных корочек на полированной поверхности. Матрица зерен цирконов обогащена Al и Fe и Ti (см. табл. 1).

Образцы *песчаных пород липовской подсвиты айской свиты* нижнего рифея Башкирского мегантиклинория отобраны из скальных обнажений на гребне Липовых гор. Общий состав аллотигенного компонента песчаников следующий: кварц – от 50 до 95%, полевые шпаты – от 1–3 до почти 50%, обломки пород – от 1–2 до 15, редко 25%. Среди обломков пород наблюдаются микрокварциты нескольких структурных типов (состоящие из гранулированного и поликристаллического кварца), фрагменты слюдистых и слюдисто-кварцевых сланцев, гранитов, гранитогайсов и диабазов.

Кварц из песчаников липовской подсвиты представлен в основном зернами с дефектами кристаллической решетки и газово-жидкими включениями, содержание их примерно 60% выборки. Заметно меньше зерен с включением минералов.

Поверхность зерен ровная, часто полированная, наиболее характерны раковистые изломы, прямые и серповидные бороздки, V-образные кратеры; также выявлены набегающие черепитчатые микротекстуры (см. рис. 2, фото в). Химическое травление представлено шагреньевым рельефом, глубокими кратерами с неровными, “оплавленными” краями, которые часто ориентированы вдоль одной линии. Можно также встретить следы шелушения в виде аморфных корочек кремнезема, которые хорошо наблюдаются на границах сколов зерна. Среди хомогенных структур широко развиты новообразования из глобул аморфного кремнезема, которые имеют размер до 1–2 мкм, также можно встретить листочки и очень тонкие игольчатые кристаллы кристобалита. Глобулы и листочки кремнезема могут как покрывать все зерно, так и быть наложенными на сеть крупных борозд и канавок или приурочены к стенкам и днищам сколов.

Среди исследованных цирконов в липовской подсвите было выделено две популяции: бледно-розовые и темно-малиновые цирконы, среди которых последние составляют ~85% в протоалочке.

Бледно-розовые цирконы имеют преимущественно пирамидальный кристаллографический облик (см. рис. 3, фото в9) с включениями ксенотима, торита и монацита. В противоположность этому темно-малиновые цирконы хорошо окатаны, обладают шербоной поверхностью и глубокими трещинами, залеченными слюдой, кварцем и ксенотимом (см. рис. 3, фото в10, 11). Как видно на фото в12 рис. 3, очень маленькие (1–2 мкм) включения ксенотима часто развиваются в порах и лакунах механогенного и хемогенного происхождения.

Состав матрицы зерен бледно-розовых и темно-малиновых цирконов несколько варьирует. Так, для бледно-розовых цирконов характерно малое количество примесей, за исключением незначительного содержания Al (см. табл. 1); другие элементы примеси обнаружены не были. Темно-малиновые цирконы, наоборот, как и малиновые цирконы из матрикса конгломератов навышской подсвиты и большеинзерской свиты, в своем составе имеют значительное содержание Al, Fe, Mn (см. табл. 1).

Образцы *песчаников большеинзерской свиты* нижнего рифея Башкирского мегантиклинория были отобраны из типового разреза свиты на р. Бол. Инзер. Они представлены в основном мелко- и среднезернистыми мономиктовыми кварцевыми и полевошпат-кварцевыми (субаркозовыми) разностями. В кварцевых песчаниках содержание кварца варьирует от 65 до 97%, а количество полевых шпатов не превышает 5%, которые представлены микроклин, ортоклазом и кислыми плагиоклазами.

Изучение ассоциации типов кварца песчаников большеинзерской свиты показало, что в основном он представлен разновидностью с преобладанием дефектов кристаллической решетки и газожидкими включениями. Заметно ниже содержание кварца с включением минералов.

При исследовании морфологии кварца в шлифах под микроскопом было установлено, что большая часть зерен (~50%) обладает низким значением сферичности (0.4–0.5), зерна довольно угловатые и полуокатанные [15]. Однако изучение микроморфологии зерен кварца под электронным микроскопом из тех же самых проб позволило зафиксировать, что острые углы и довольно продолговатая форма зерен определяются текстурами травления, которые широко развиты на поверхности кварца. Например, из выборки 30 зерен кварца ~98% составляют те, которые имеют микротекстуры химической коррозии. Среди них широко распространены V-образные ямки и борозды, шербоная и пористая корочка, оторочки и гребешки из перекристаллизованного аморфного кремнезема (см. рис. 2г). Сильная деформация поверхности зерен кварца обусловлена постдиагенетическими процессами, которым подверглись песчаники большеинзерской свиты. Так, согласно [2, 11], в них встречаются проявления

рекристаллизационно-грануляционного бластеза и коррозии зерен карбонатным цементом.

Цирконы из *песчаников большеинзерской свиты* представлены хорошо окатанными зернами (см. рис. 3, фото г13–16), значительно реже встречаются кристаллы призматического и гиацитного типов. Окраска цирконов малиново-красная и темно-розовая, очень редко встречаются бледно-розовые и светло-серые метамиктные (малаконы) разности. В некоторых зернах наблюдаются ядра округлой формы, от которых в ряде случаев отходят трещины, затухающие к периферии (см. рис. 3, фото г14). Поверхность зерен сильно корродированная, трещиноватая, с глубокими катаглифами (см. рис. 3, фото г13), заполненными слюдой и ксенотимом. В целом поверхность представляет собой пористую корку из стеклоподобного/аморфного вещества, в которой фиксируются глобулы и тонкие иголочки ксенотима. Матрица зерен циркона достаточно сильно обогащена Fe (содержание до 2.21 мас. %). Также было установлено довольно высокое содержание Al, Ca и Mg (см. табл. 1).

Кластогенный кварц и цирконы из *песчаников ротковской/минаевской свиты* прикамской подсерии кыргинской серии нижнего рифея были исследованы из отложений скважины 133 Азино-Пальниковская, расположенной в западной прибортовой части Камско-Бельского авлакогена. В составе аллотигенных компонентов каркаса полевошпат-кварцевых песчаников преобладает кварц (70–80%); существенную роль играют обломки кварцитов, кремней, серицит-кварцевых сланцев и двуслюдяных гнейсов; количество полевых шпатов (в основном это микроклин и ортоклаз, реже плагиоклаз) составляет не более 2–5%. Из аксессуарных минералов наблюдаются чешуйки мусковита и биотита (по последним часто развиваются пакеты хлорита), а также апатит, циркон, рутил, сфен, пирит и карбонатные минералы (железистый доломит). Встречаются также крупные прожилки и гнезда карбонатов.

Для кварца *псаммитов ротковской/минаевской свиты* наиболее характерны зерна с деформационными кристаллической решетки (~50%). Около 40% приходится на два типа – зерна с газожидкими включениями и с комбинированным дефектом в виде газожидких включений и деформаций кристаллической решетки. Достаточно редко можно наблюдать кварц с включениями минералов (~8%).

Зерна кварца из *песчаников ротковской/минаевской свиты* имеют угловатый, угловато-окатанный и (реже) хорошо окатанный облик. Значения сферичности зерен кварца сильно варьируют, что может быть связано с рядом факторов. Так, поверхность зерен кварца очень изъеденная, корродированная, рельеф глубоко расчлененный (см. рис. 2, фото д). На отдельных зернах заметны очень большие и глубокие катаглифы и бороздки (до 10 мкм), которые придают зерну изломанную “скелетную”

форму. Многие исследованные зерна кварца несут следы сильнейшего химического травления, можно выделить корочки аморфного кремнезема, который прорастает иголочками и розетками ангидрита (см. рис. 2, фото е, ж), иногда достаточно большого размера (до 20–30 мкм). Таким образом, определяемый в шлифе кварц с угловатыми и острыми краями, возможно, представлен всего лишь зернами с сильно корродированной поверхностью или с очень развитыми обрастаниями из ангидритового цемента.

Выделенные цирконы ротковской/минаевской свиты обладают зернами с хорошо округлой формой бледно-розовой и розовой окраски; реже отмечаются матовые желтовато-серые малаконы. Иногда цирконы трещиноватые и содержат газожидкие включения. Поверхность зерен цирконов встречается как достаточно гладкая, ровная, так и сильно щербатая, разбитая трещинами (см. рис. 3, фото д17–20). Новообразования из ксенотима и торита не обнаружены. Матрица цирконов кроме Al и Fe обогащена Mg и Ca (табл. 1), что, возможно, связано с ионным обменом между цементом и поверхностью зерен цирконов.

Исследованные *кварцитопесчаники шокшинской свиты* вепсйского надгоризонта верхнего карелия были отобраны из разрезов мыса Шокшинский на юго-западе Онежского озера (Респ. Карелия). Они представляют собой средне- и крупнозернистые мономиктовые кварцевые разности, которые на ~ 97–98% состоят из зерен кварца. Изредка встречаются обломки глинистых сланцев, гнейсов и серицит-хлоритовых сланцев, вулканических пород, гранулированных кварцитов и жильного кварца. Зафиксированы листочки и чешуйки биотита (аннита?) размером до 0.2 мм. Среди акцессорных минералов преобладают округлые темно-коричневые довольно крупные (0.2 – 0.3 мм) зерна турмалина (группа шерл-дравит), также встречаются бледно-розовые цирконы, количество которых заметно меньше.

По данным И.М. Симановича [14], для кварца из шокшинских кварцитопесчаников характерны чистота и прозрачность зерен, слабая дефектность, низкая чистота встречаемости кварца с минеральными включениями (были отмечены мусковит, рутил и апатит), но довольно обильно встречаются зерна с газожидкими включениями.

Зерна кварца хорошо окатаны и имеют высокие значения сферичности. Они обладают достаточно ровным рельефом с небольшими амплитудами расчленения. Среди элементов микроморфологии преобладают текстуры химического растворения и катаглифы.

Цирконы из кварцитопесчаников шокшинской свиты представлены хорошо окатанными зернами бледно-розового и розового цвета. Размер цирконов в основном меньше 0.1 мм. На многих зернах

заметны крустификационные оболочки из слюды и окислов железа, поверхность часто корродированная, мелкочаеистая (см. рис. 3е 21–24). Многие ямки и лакуны заполнены слюдой. Новообразования из ксенотима или других минералов не были обнаружены ни на одном зерне. Матрица зерен цирконов несколько обогащена Ca (см. табл. 1).

## ВЫВОДЫ

Исследование микроморфологии зерен кластогенного кварца и цирконов из конгломератов и песчаников верхнего протерозоя Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена и кварцитопесчаников верхнего карелия мыса Шокшинский позволило нам сделать следующие выводы.

1. Исследованные зерна кластогенного кварца базальных толщ нижнего рифея несут следы химического травления и довольно сильно корродированы. Сильнее всего изменен облик зерен кварца (следы коррозии, растворения и грануляции) из песчаников большеинзерской и ротковской свит и менее всего претерпели трансформацию зерна кварца из кварцитопесчаников шокшинской свиты и галек кварцитов из конгломератов навышской подсвиты айской свиты.

По нашему мнению, на преобразование микроморфологии кварцевых зерен большее влияние оказывает агрессивный состав цемента, чем степень преобразования песчаных пород. Согласно данным И.М. Симановича [14], шокшинские кварцитопесчаники претерпели более глубокую стадию преобразования пород – метагенез, тогда как в песчаниках большеинзерской свиты Л.В. Анфимовым [2] были установлены постдиагенетические текстуры, указывающие на условия всего лишь позднего катагенеза. Для песчаников большеинзерской и ротковской/минаевской свит характерно присутствие в цементе карбоната и ангидрита, обладающих сильным коррозионным влиянием на кварцевые зерна, что и привело к существенному изменению их первоначальной седиментационной морфологии.

2. По результатам исследования микроморфологии и состава зерен циркона нами были выделены три группы этого минерала в литолого-стратиграфических комплексах нижнего рифея Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена и нижнего протерозоя Карелии.

Первая группа цирконов представлена хорошо окатанными зернами без каких-либо кристаллографических очертаний, с щербатой поверхностью и катаглифами. Довольно часто они несут новообразования из глобулярного аморфного ксенотима и торита, которые развиваются в порах и кавернах на поверхности зерен. Сама поверхность разбита глубокими трещинами, иногда залеченными субстратом из слюды, кварца и ксенотима. Эта группа цирконов, имеющих темно-розовую и малиново-

красную окраску, распространена в матриксе конгломератов навышской подсвиты айской свиты, в песчаниках большеинзерской свиты и липовской подсвиты айской свиты (рис. 4).

Вторая группа цирконов представлена зернами менее окатанными, часто с реликтами кристаллографических очертаний, с отсутствием или незначительным количеством новообразований из ксенотима. Данный тип цирконов, преимущественно розовой и светло-розовой окраски, преобладает в гальках малиновых кварцитов из конгломератов навышской подсвиты и кварцитопесчаниках шокшинской свит, песчаниках липовской подсвиты айской и минаевской свит.

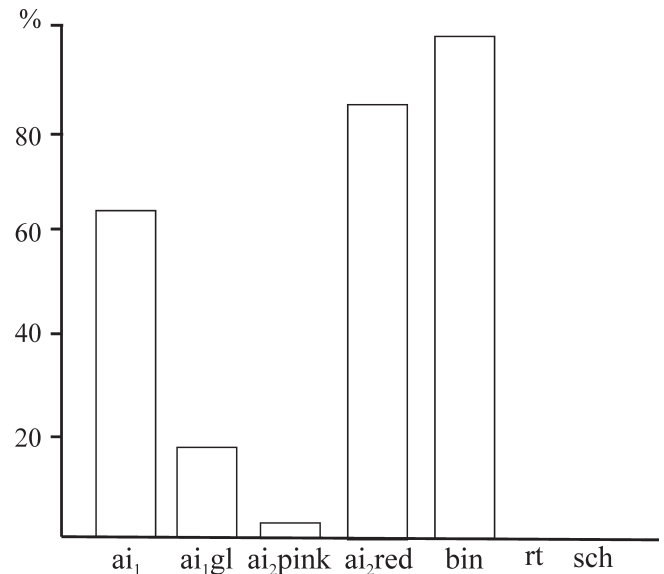
Третья группа цирконов представлена кристаллами пирамидальной и призматической форм с хорошо сохранившимися ребрами, не затронутыми следами абразии. Довольно часто они встречаются в сростках с монацитом и торитом. Этот тип цирконов был нами зафиксирован только в двух подсвитах айской свиты: навышской (довольно крупная часть фракции цирконов ~25–30%) и липовской (не более 5–10% от объема изученных протолок с цирконами).

Цирконы всех трех групп содержат элементы-примеси, среди которых чаще всего встречаются Hf, Al и Fe.

Для цирконов большеинзерской и ротковской/минаевской свит были зафиксированы ионы Mg и Ca. Мы предполагаем, что это связано с диффузным обменом и проникновением этих ионов из карбонатного и ангидритового цемента и замещением ими Zr. Подобные стехиометрические нарушения цирконов были описаны в работе [1] и обусловлены, по мнению авторов, низкотемпературными (гидротермальными?) преобразованиями песчаников.

3. Наиболее интересные, на наш взгляд, заключения, сделанные на основе микроморфологии зерен цирконов, касаются условий формирования и возможных источников сноса для отложений навышской подсвиты айской свиты Башкирского мегантиклинория. Так, в составе матрикса конгломератов навышской подсвиты были зафиксированы как хорошо окатанные зерна (первая группа) цирконов, так и кристаллы пирамидального облика третьей группы цирконов. В гальках из этих же самых конгломератов был зафиксирован совершенно другой (второй) тип цирконов, характерный для кварцито-песчаников шокшинской свиты верхнего карелия.

По составу цирконов и особенностям петрографии, а также стадиям преобразования пород гальки малиновых кварцитов навышского уровня рифея и шокшинских кварцитопесчаников верхнего карелия обладают определенным сходством. Поэтому мы предполагаем, что в формировании навышских конгломератов могли участвовать метасадочные образования нижнего протерозоя наряду с кристал-



**Рис. 4.** Встречаемость детритовых цирконов с аморфным ксенотимом в протолочках из песчаников нижнего рифея.

ai<sub>1</sub> – матрикс базальных конгломератов навышской подсвиты айской свиты, ai<sub>1</sub>gl – галька малиновых кварцитов из конгломератов навышской подсвиты, ai<sub>2</sub>pink – розовые цирконы липовской подсвиты айской свиты, ai<sub>2</sub>red – малиновые цирконы липовской подсвиты айской свиты, bin – большеинзерская свита, rt – ротковская/минаевская свита, sch – шокшинская свита вепсйского надгоризонта.

лическими породами тараташского комплекса. Косвенно данный вывод подтверждают исследования особенностей минералов тяжелой фракции, проведенных Н.Д. Сергеевой [13]. Например, на поверхностях зерен турмалина и рутила были установлены следы абразионного истирания, что предполагает многократное переотложение кластики перед окончательным захоронением.

Предположение о том, что основными поставщиками кластики для нижних частей бурзянского уровня (навышская подсвита айской свиты) были преимущественно “раннепалеопротерозойские” (верхнекарельская эратема [12]) образования Волго-Сарматского орогена, было выдвинуто Н.Б. Кузнецовым с соавторами [9]. Заметно меньшую роль как поставщик обломочного материала играл местный тараташский кристаллический комплекс.

Кроме того, нами было установлено, что гальки малиновых кварцитов навышских конгломератов имеют аллювиальный генезис [16] и являются продуктом размыва дистальных депоцентров, сложенных метаморфизованными осадочными образованиями. Здесь следует отметить, что мы не настаиваем на непосредственном участии шокшинских кварцитов в поставке обломочного материала



ла для нижнерифейских образований Башкирского мегантиклинория. В данном случае мы делаем попытку сравнить цирконы из наиболее близких, на наш взгляд, пород нижнего протерозоя, аналоги которых могли размываться во время формирования терригенных последовательностей нижнего рифея Урала и Приуралья.

Авторы выражают благодарность А.К. Худалею (СБПГУ, г. Санкт-Петербург) и П.В. Медведеву (ИГ КарНЦ, г. Петрозаводск) за предоставленные образцы песчаников шокшинской свиты.

*Исследования выполнены в рамках инициативного гранта РФФИ № 12-05-00709-а и при частичной финансовой поддержке Интеграционного проекта УрО, СО, ДВО РАН № 12-С-5-1002.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфимова Н.А., Матреничев В.А., Зингер Т.Ф., Скублов С.Г. Геохимия цирконов из протерозойской коры выветривания гранитоидов Северной Карелии // Докл. АН. 2011. Т. 438, № 1. С. 101–104.
2. Анфимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 289 с.
3. Беккер Ю.Р., Келлер Б.М., Козлов В.И., Ротарь А.Ф. Стратотипический разрез рифея // Стратиграфия верхнего протерозоя СССР. Труды V сессии науч. совета по геологии докембрия. Уфа: УНЦ СССР, 1977. С. 71–85.
4. Бергер М.Г. Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 227 с.
5. Верхний докембрий южного обрамления Красноуфимского выступа кристаллического фундамента / В.И. Козлов, Р.Х. Масагутов, И.Н. Ахметшин и др. СПб: Недра, 2009. 336 с.
6. Козлов В.И. Корреляция разрезов и обоснование возраста отложений кырпинской серии западного Башкортостана и смежных районов Волго-Уральской области (по данным бурения глубоких скважин) // Изв. отд-я наук о Земле. Геология. Уфа: Гилем, 2008. № 13. С. 58–72.
7. Козлов В.И., Сергеева Н.Д. Нижний рифей северных районов Волго-Уральской области // Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья. Сб. мат-лов Всерос. науч.-практич. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. П.А. Софроницкого. Пермь: ПГУ, 2010. С. 45–49.
8. Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д. Новая схема расчленения разреза параметрической скважины 1 Кулгунинская (Южный Урал). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. 60 с.
9. Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты U–Pb LA–ICP–MS изотопного датирования обломочных цирконов из базальных уровней стратотипа рифея // Докл. АН. 2013. Т. 451, № 3. С. 308–313.
10. Михайлова Н.А. Характеристика кварца терригенной толщи девона и возможных источников его сноса. М.: Наука, 1964. 69 с.
11. Нижний рифей Южного Урала / Под ред. В.И. Козлова, А.А. Краснобаева Н.Н. Ларионова и др. М.: Наука, 1989. 208 с.
12. Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия России. Объяснительная записка. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 13 с.
13. Сергеева Н.Д. Минералогическая корреляция верхнедокембрийских образований Южного Урала. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Уфа, 1989. 249 с.
14. Симанович И.М. Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 155 с.
15. Ялышева А.И. Типоморфизм кластогенного кварца из докембрийских отложений Южного и Среднего Урала // Литосфера. № 1. 2010. С. 64–83.
16. Ялышева А.И., Сергеева Н.Д. Анализ данных морфометрии обломков пород из конгломератов навышской подсвиты айской свиты Башкирского мегантиклинория // Ежегодник-2013. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 161. 2014. С. 149–153.
17. Krinsley D.H., Donahue J. Environmental interpretation of sand grain surface textures by electron microscopy // Bull. Geol. Soc. Am. № 79. 1968. P. 743–748.
18. Madhavaraju J., Garcia y Barragan J.C., Hussain S.M., Mohan S.P. Microtextures on quartz grains in the beach sediments of Puerto Peñasco and Bahia Kino, Gulf of California, Sonora, Mexico // Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 2009. V. 26. P. 367–379.
19. Mahaney W.C. Atlas of sand grain surface textures and applications. N. Y.: Oxford University Press, 2002. 237 p.
20. Morton A.C., Hallsworth C. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones // Sediment. Geol. 1994. № 90. P. 241–256.
21. Stieglitz R. D. Surface textures of quartz and heavy-mineral grains from Fresh-Water Environments: an application of Scanning Electron Microscopy // Geol. Soc. Am. Bull. 1969. V. 80, № 10. P. 2091–2094.