

ТИПОМОРФИЗМ КЛАСТОГЕННОГО КВАРЦА ИЗ ДОКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

© 2010 г. А. И. Ялышева

*Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, пер. Почтовый, 7
E-mail: Yalysheva@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 12.08.2009 г.

В статье суммированы данные изучения типоморфизма кластогенного кварца из “немых” докембрийских терригенных комплексов Башкирского и Кваркушско-Каменногорского мегантиклинориев и Камско-Бельского авлакогена и кварца кристаллических пород фундамента Восточно-Европейской платформы. Методика изучения заключалась в исследовании метрических и неметрических типоморфных признаков минерала. Применялись и статистически обрабатывались матрицы данных по показателям сферичности, изометричности и округлости кластогенного кварца, а также материалы исследования дефектов кристаллической решетки этого минерала. Апробация методики была проведена на материале эталонной коллекции кварца из разновозрастных кристаллических и терригенных пород Урала и Западно-Сибирской платформы. Итогом работы стало установление критериев “узнавания” петрогенной и литогенной природы кластогенного кварца в терригенных породах докембрийского возраста Башкирского, Кваркушско-Каменногорского мегантиклинориев и Камско-Бельского авлакогена.

Ключевые слова: кластогенный кварц, метрические и неметрические типоморфные признаки кварца, литогенный и петрогенный кварц, статистический анализ.

Кластогенный кварц составляет значительную часть песчаных пород. Исследование его типоморфизма позволяет получить ряд интересных и подчас принципиально новых данных для реконструкции геологической истории осадочных бассейнов, главным образом о составе и соотношении различных типов пород в источниках сноса. Последнее, наряду с данными по геохимии тонкозернистых обломочных пород, приобретает особое значение при анализе осадочных последовательностей, не содержащих конгломератов, обломки в которых прямо указывают на состав размывавшихся образований.

Использование кластогенного кварца имеет ряд преимуществ по сравнению с другими компонентами осадка, такими как полевые шпаты или акцессорные минералы. Во-первых, он значительно более широко распространен в терригенных осадочных породах. Во-вторых, достаточно четко реагирует своей формой на динамику среды транспортировки, что объясняется отсутствием спайности. В-третьих, кластогенный кварц в существенной мере стоек к физическим и химическим агентам выветривания. Это свойство обуславливает большое постоянство однажды приобретенной формы и относительно медленное изменение ее под влиянием процессов диагенеза и катагенеза осадка, за исключением случаев растворения в определенных условиях [8, 53].

Указанные свойства этого минерала обуславливают широкое применение его в литологических исследованиях. Особенно большое значение приоб-

ретает кластогенный кварц при изучении “немых” докембрийских осадочных толщ, где изучение его типоморфных признаков не только дает возможность получить информацию о генезисе, но позволяет также использовать полученные данные как коррелятивные критерии при стратиграфических исследованиях.

Источниками кластогенного кварца для осадочных последовательностей служат кварцсодержащие кристаллические (магматические и метаморфические) и/или обломочные породы. Кварц, поступающий в осадок за счет непосредственного (прямого) размыва магматических и ортометаморфических пород, рассматривается как петрогенный. Кварц, заимствованный из осадочных образований, является литогенным, т.е. прошедшим несколько циклов седиментогенеза.

Седиментационный цикл включает в себя, как известно, образование рыхлого осадка, перенос, осаждение кластического материала и его литификацию. На протяжении геологического времени седиментационные циклы могут повторяться неоднократно. В процессе осадочной дифференциации, в течение одного или нескольких седиментационных циклов, происходит разделение обломочного материала по размеру, форме и составу [30, 42, 46].

В основу авторского исследования эволюции кластогенного кварца в осадочном цикле вслед за Х. Уэдделлом [54–56], Т.А. Лапинской [19], В.С. Князевым [15] и Г.Г. Леммлейном [20], М.Я. Кацем и И.М. Симановичем [14, 34–37], Л.В. Анфи-

мовым [3–5] положено изучение морфологии зерен и особенностей структуры кристаллической решетки. Морфология описывается совокупностью “метрических типоморфных признаков” – некоторыми количественными значениями, получаемыми для кварца с помощью линейного, площадного или объемного измерения формы зерен и выраженными в метрической шкале. К ним относятся сферичность (ϕ), изометричность (I_z) и округленность (P). Значения этих показателей позволяют в той или иной мере раскрыть условия седиментации и генетическую принадлежность кластогенного кварца. Особенности структуры кристаллической решетки кварца (те или иные оптически определяемые ее дефекты) рассматриваются в данной работе как “нематрические типоморфные признаки”. К ним относятся включения минералообразующей среды (ВМС), включения минералов (ВМ), волнистое, облачное, блочное и/или мозаичное погасание. Данные признаки позволяют установить природу материнских кристаллических пород.

Статистические значения центральных тенденций и спектр распределения частоты встречаемости упомянутых признаков по сравнению с эталонными для кварца из разных петротипов кристаллических пород позволяют различать петрогенную или литогенную природу кварцевого компонента в терригенных породах [3–5, 34–37]. Здесь важно отметить, что статистически значимыми будут результаты не по всей совокупной размерности зерен встречающихся в породе, а по заданной гранулометрической выборке. Известно, что с размером зерен изменяются и его типоморфные признаки, поэтому статистический анализ наиболее выгодно производить в пределах одного гранулометрического класса, например на среднезернистом кварце [36, 45].

Первые попытки использовать кварц для определения источников сноса были сделаны вскоре после появления поляризационного микроскопа (Х. Сорби, 1880) [8]. Впоследствии У. Мэки (1896) [8], П. Крынин [51], В. Келлер и Р. Литтлфилд [49] выполнили изучение типов включений в обломочном кварце песчаников с целью его сопоставления с кварцем материнских пород. Первым, кто применил количественную оценку формы обломочного материала и вложил в основу ее измерения отношения формы геометрических тел и обломочных зерен, был С.К. Уэнтворт [57]. В его работе впервые дан количественный статистический анализ значений морфологии зерен кварца для речных песков. Значительное внимание было уделено рассмотрению методических приемов, используемых при определении формы зерен. Наиболее полно эта сторона исследований кластогенного кварца раскрыта Х. Уэдделлом [54–56]. На начальном этапе он различал в форме зерен “degree of sphericity” (степень сферичности) и “roundness” (округлость).

Первая величина является отношением величины поверхности шара, равновеликого данной частице к действительной поверхности частицы и обозначается как Ψ , а вторая определяется отношением радиуса кривизны проекции зерна к радиусу максимально вписанной окружности в эту проекцию и обозначается P . Позднее величина степени сферичности Ψ для объемных тел была заменена X . Уэдделлом показателем сферичности ϕ , который можно использовать для тел обладающих площадью, а не объемом. Это более удобно при исследовании зерен кварца в шлифах. Сферичность ϕ определяется как отношение диаметра окружности описанного вокруг зерна к диаметру зерна. Величина отклонения степени сферичности Ψ от сферичности ϕ для равновеликих по объему геометрических тел составляет 0.0–0.3 [55]. Значения Ψ и ϕ начинают сильно различаться при уплощенной и игловидной форме обломков, для которых невозможно использовать само понятие сферичность.

Величина сферичности в значительной мере определяется как исходной формой зерен (например, кварц гранитов и кварц кристаллических сланцев), так и процессами сепарации их из материнской породы, округлость же приобретает в процессах переноса (в редких случаях формирование округлых зерен может происходить и в магматических породах в результате коррозии их магмой). Поэтому при реконструкции обстановок осадконакопления необходимо использовать величину отношения округлости зерен, а при решении вопросов генезиса обломочного материала лучше пользоваться показателями сферичности [8, 33, 48].

Ряд авторов [9, 29] предложили для характеристики формы обломочных зерен кварца использовать также коэффициент изометричности (I_z). Последний, определяется как отношение площади основания зерна к его высоте. Максимальная степень изометричности или минимальная степень анизометричности равны 1. Данный показатель характеризует величину уплощенности зерен и важен при сопоставлении литогенного и петрогенного кварца. Чем ниже I_z , тем более вытянутый габитус имеет зерно этого минерала. Наименьшие значения коэффициента изометричности характерны преимущественно для зерен кварца из гнейсов и кварцитов, а наибольшие – из рециклированных терригенных пород.

Р. Расселем и Р. Тейлором (1937) [8] на примере четвертичных песков р. Миссисипи установлено, что отчетливой связи между сферичностью и округлостью не наблюдается. Исследование корреляции между значениями сферичности и округленности зерен кварца из разновозрастных песчаников Ферганы, Кара-Кумов и Восточно-Европейской платформы, выполненное Л.Б. Рухиным [33], также свидетельствовало о незначительной связи между этими показателями.

Таблица 1. Агрегированные показатели зависимости значений сферичности/округленности и сферичности/изометричности для зерен кварца из терригенных пород Урала и прилегающих территорий

Порода	ϕ/P	ϕ/Lz
Песчаники первого цикла (петрогенные)*	0.41	0.687
Песчаники рециклированные (литогенные)**	0.21	0.604

Примечание. *вогулгинская и тюменская свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь), зилайская свита восточной зоны Магнитогорской мегазоны (Южный Урал); **такатинская свита Башкирского мегантиклинория (Южный Урал).

Для зерен кварца из песчаников первого цикла седиментации связь между сферичностью и округлостью умеренная. Это определяется тем, что в этих песчаниках преобладает петрогенный кварц, не испытавший длительного преобразования при транспортировке и непосредственно перед захоронением. Для зерен кварца из рециклированных песчаников корреляция между сферичностью и округленностью ниже. Между сферичностью и изометричностью наблюдается достаточно высокая связь (табл. 1).

Существенный вклад в изучение метрических типоморфных особенностей кластогенного кварца внес Л.В. Анфимов [3–5]. Он исследовал кварц из песчаников рифея Башкирского мегантиклинория, палеозойских терригенных и кристаллических пород Урала и показал возможность разделения его на петрогенный и литогенный на основании данных о сферичности зерен. Л.В. Анфимовым было установлено, что параметр ϕ зерен кварца магматических и метаморфических пород обладает модалным интервалом значений 0.4–0.6. Статистическое изучение особенностей распределения величин ϕ для обломочного кварца позволило выявить, что значения ϕ зерен кварца первого цикла седиментации наследуют интервал ϕ кварца из кристаллических пород, а для литогенного (рециклированного) кварца обнаруживается сдвиг интервала в сторону значений 0.6–0.8. В своих работах Л.В. Анфимов показал возможность на статистически значимом материале выделить значения эталонных показателей для сферичности кварца кристаллических и терригенных пород Урала.

Первые работы по изучению неметрических типоморфных признаков кварца были выполнены Х. Сорби (1877), К. Ван Хайзом (1890) и Х. Розенбушем (1893) [14]. В названных и ряде других работ впервые описываются различные структурные дефекты кварца. Позднее П. Крыным [51] была создана классификация генетических типов обломочного кварца по внутренней структуре и форме последнего. В.С. Дмитриевский [12] выделил четыре типа погасания кварца – дисперси-

онное, блоковое, облачное и линейно-полосчатое. Р. Фолк [48] предпринял попытку классифицировать обломочный кварц по углу максимального различия угасания в волнисто-гаснущих зернах и придал классификации генетический смысл. И, наконец, Г. Блатт [47], исследовав кварц из измельченного выветриванием детрита различных кристаллических пород, пришел к выводу, что наиболее ценную информацию о происхождении обломочного кварца дает сопоставление размеров зерен и их внутренней структуры (поликристалличность, волнистое угасание и др.).

Первой отечественной классификацией типов обломочного кварца стала классификация Г.Г. Леммлейна и В.С. Князева [20]. В ее основу положен принцип выделения типов кварца из кристаллических и осадочных пород по какому-либо одному типоморфному признаку. Важно отметить, что сами авторы не считали свою классификацию генетической, но тем не менее, на ее основе был решен ряд литолого-стратиграфических задач. Данные исследования легли в основу анализа условий седиментации и генетической интерпретации источников сноса кварца разных районов Кавказа и Восточно-Европейской платформы [10, 15, 17, 18, 21–23]. Как отмечали Г.Г. Леммлейн и В.С. Князев, для создания действительно генетической классификации типов обломочного кварца требуется статистическое изучение кварца большой коллекции кристаллических пород разных районов и возрастов. Эта идея была положена в основу исследований, проведенных М.Я. Кацем и И.М. Симановичем [14]. Статистическое изучение спектра частоты встречаемости трех групп типоморфных признаков обломочного кварца (структурные дефекты, включения минералов и включения минералообразующей среды) позволило им математически наметить принадлежность кластогенного кварца к тому или иному петротипу источника сноса, используя эталонные образцы.

На Урале исследование неметрических типоморфных разновидностей кварца на примере кристаллических пород тараташского комплекса и базальных терригенных толщ рифея Башкирского мегантиклинория было выполнено в середине 1980–90-х гг. Л.В. Анфимовым [6, 7]. Он сопоставил петротипы источников сноса кварца с осадочными породами рифея и пришел к выводу, что типоморфные особенности кластогенного кварца из докембрийских толщ Башкирского мегантиклинория указывают на размыв преимущественно осадочно-метаморфических пород.

Статистическое обоснование значений метрических и неметрических типоморфных признаков кластогенного кварца можно найти в работах ряда авторов [3, 11, 14, 50, 53 и др.]. Методы статистики основаны на предпосылке, что информацию о явлении можно получить в результате ма-

лой выборки, отобранной из множества потенциально возможных точек наблюдения изучаемого объекта. Для статистической характеристики объекта исследования отбирается некоторое множество определений ряда значений признака. Этот исходный материал формирует матрицу наблюдений или базы данных $M(a, v)$, где a – количество наблюдений, v – количественные характеристики признака. Для каждого признака выделяется центральная тенденция или ряд статистических показателей, описывающих точку концентрации набора данных. Этот критериальный уровень дает основание для того, чтобы статистический вывод экстраполировать на все изучаемое явление или объект. Центральная тенденция описывается через совокупные показатели среднего арифметического (X_{cp}), стандартного отклонения (σ), медианы (Md) и квартильного размаха ($Q_{25}-Q_{75}$) (рис. 1). Среднее арифметическое выборки является индикаторным при вариации значений признака при случайном отборе его носителей. Стандартное отклонение, в общем, показывает разброс от среднего арифметического. Медианой называется такое значение набора данных, по отношению к которому одна половина наблюдений имеют большее значение, а другая – меньшее. Квартильный размах определяется как мера разброса центральной половины набора данных, отклонения от которых являются флуктуацией и могут игнорироваться при анализе. Описанные статистические показатели отражают наиболее часто встречаемую вариацию значений признака исследуемых объектов при условии нормального распределения значений выборки [11].

Выборка является носителем признака, который экстраполируется на генеральную совокупность изучаемого явления. Полученный для выборки статистический результат репрезентативен при значительном числе наблюдений. Минимальная сумма выборки для установления репрезентативности данных генеральной совокупности по одному признаку составляет 50 зерен. Проверка значимости результатов по одному признаку проводилась, начиная с подсчета полученных значений для 10 зерен. При этом установлено, что выборка в 50 значений для признака, совпадает и для большего веса выборки одного объекта [36, 45]. Также выяснено, что выборка в 50 зерен для признака по объекту, совпадает и для большего количества значений выборки. Для веса выборки в 10 значений по показателю сферичности и изометричности, стандартное отклонение 4.56, что существенно изменяет среднее значение. Для веса выборки в 30 значений стандартное отклонение составляет около 2.14–3.52, что также не может восприниматься как достоверный результат. После 50 значений – стандартное отклонение около 1.0–0.1 и меньше, что может считаться репрезентативным результатом. На больших выборках данная тенденция сохраняется для кластогенного квар-

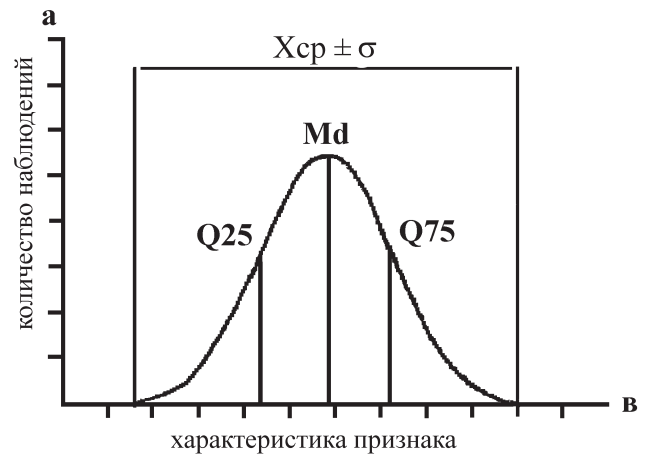


Рис. 1. Статистические характеристики центральной тенденции для выборки изучаемого явления.

ца из базальных толщ Башкирского и Кваркушко-Каменногорского мегантиклинориев.

Таким образом, использование типоморфных признаков кластогенного кварца для решения литологических задач опирается, во-первых, на его микроскопическое исследование и, во-вторых, на корректную статистическую обработку полученных данных. Только при соблюдении множественности использованных параметров существует возможность интерполяции полученных выводов на геологическую основу.

Задачами данной работы явились: 1) апробация применяемой методики исследования кластогенного кварца на материале образцов кристаллических и терригенных пород Урала и прилегающих территорий; 2) выявление эталонных значений метрических и неметрических признаков зерен кварца из пород кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы и его сегментов (тараташский комплекс); 3) сравнение их со значениями признаков кварца из терригенных пород базальных свит рифея и венда Башкирского мегантиклинория; 4) исследование кластогенного кварца из вендских отложений Башкирского и Кваркушко-Каменногорского мегантиклинориев, а также рифейских и вендских толщ Камско-Бельского авлакогена (Волго-Уральская область).

МАТЕРИАЛ

Для апробации применяемой методики и решения первой задачи исследовано более 1500 зерен кварца из разновозрастных кристаллических пород и 40 образцов жильного кварца различных объектов Урала и прилегающих территорий (табл. 2). В результате выделены эталонные значения различных типоморфных признаков кварца. В целях апробации методики также проанализировано 321 зерно кварца из разновозрастных терригенных пород Урала и прилегающих террито-

Таблица 2. Эталонная коллекция кварца кристаллических пород Урала

	Порода	Привязка/возраст	Количество исследованных зерен кварца и образцов жильного кварца
1	Гранит	(Медвежка) Мурзинский массив, P ₁ -P ₂	99
2	Адамеллит	(Сарапулка) Мурзинский массив, C ₁ -C ₂	50
3	Гранит*	Шабровский массив, C ₂ -P ₁	134
4	Гранит*	Сыростанский массив, C ₁ -C ₂	102
5	Гранит*	Шарташский массив, C ₁	124
6	Гранит*	Нижнеуфалейский массив, C ₁ -C ₂	106
7	Гранит-рапакиви	Бердяуш, R ₂	50
8	Риолит**	Средний Урал, O	48
9	Риодацит	(Рудянка) Средний Урал, D ₂	50
10	Альбитофир	(Знаменское) Средний Урал, D ₂	70
11	Гнейс**	(М. Брусяны) Мурзинский массив, D ₂	56
12	Кварцит**	(Сарапулка, Россоха) Мурзинский массив, S	50
13	Гнейс**	(Сарапулка) Мурзинский массив, R ₁ -R ₂	51
14	Гранито-гнейс*	Нижнеуфалейский массив, PR ₂	112
15	Гранито-гнейс	(Радостное) Тараташский комплекс, AR-PR	112
16	Кварцит	Тараташский комплекс, AR-PR	60
17	Плаггиогнейс***	(Скв. 2000 Туймазы) фундамент Восточно-Европейская платформы, AR-PR	164
18	Жильный кварц	Иркусканский, Петлинский, Новобакальский, Александровский карьеры	17 образцов
19	Жильный кварц	(Липовка, Медвежка) Мурзинский массив (Средний Урал)	15 образцов
20	Жильный кварц	(Миассово) Ильменский массив (Южный Урал)	5 образцов
21	Жильный кварц	Массив Денежкин Камень (Северный Урал)	1 образец
22	Жильный кварц****	гора Хрустальная (Средний Урал)	2 образца

Примечание. *образцы пород предоставлены С.Ю. Прибавкиным и Г.Ю. Шардаковой, **материалы Л.В. Анфимова, ***образцы пород предоставлены А.В. Масловым, ****образцы пород предоставлены Г.А. Синкевичем.

Таблица 3. Образцы песчаников Урала и прилегающих территорий

№	Свита/подсвита	Порода/возраст	Привязка	Количество исследованных зерен кварца
Восточный склон Урала, Магнитогорская мегазона				
1	Зилаирская свита восточный тип разреза*	Граувакковые песчаники/D ₃ f-fm	Оз. Колтубан	121
Башкирский мегантиклинорий				
2	Такатинская	Кварцевые песчаники/D ₁	Окрестности бывшего хут. Куккараук	50
Западно-Сибирская платформа				
3	Тюменская**	Песчанистые алевролиты/J ₂₋₃	Керн скважины 23, Западно-Тугровское месторождение	100
4	Тюменская**	Полимиктовые песчаники (литотип граувакк)/J ₂₋₃	Керн скважины 6785, Тальниковое месторождение (инт.1728–1730, 1743–1749, 1750–1752, 1753–1756)	100
5	Вогулкинская**	Полимиктовые песчаники (литотип граувакк)/J ₂₋₃	Керн скважины 6825, Тальниковое месторождение	100

Примечание. *образцы пород предоставлены Г.А. Мизенсом, **образцы пород предоставлены Ю.Н. Федоровым (г. Тюмень).

рий (табл. 3). Для решения второй задачи исследовано более 1500 зерен кварца из терригенных пород рифея и венда Башкирского мегантиклинория, 421 зерно из песчаников венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория и 300 зерен из песчаников рифея и венда Волго-Уральской области (Камско-Бельский авлакоген и Шкаповско-Шиханская впадина) (табл. 4).

КРАТКИЙ ОЧЕРК СТРАТИГРАФИИ И ЛИТОЛОГИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Типоморфные признаки кластогенного кварца из пород рифея Башкирского мегантиклинория изучены на материале базальных свит крупных седиментационных серий – айской, зигальгинской и зильмердакской.

Таблица 4. Образцы терригенных пород рифейского и вендского возраста Башкирского и Кваркушско-Каменногорского мегантиклинорий, Волго-Уральской области (Камско-Бельский авлакоген и Шкаповско-Шиханская впадина)

№	Свита подсвита возраст	Порода	Привязка	Кол-во исследованных зерен кварца
Башкирский мегантиклинорий				
1	Куккараукская* (венд)	Матрикс конгломератов	Стерлитамакский тракт, руч. Кук-Караук	62
2	Басинская (венд)	Литокласто-кварцевые и полевошпат-кварцевые песчаники	Стерлитамакский тракт, пос. Кулмас, руч. Кук-Караук	192
3	Урюкская (венд)	Аркозовые и полевошпат-кварцевые песчаники	Руч. Бугунды, дд. Аралбаево, Сарышка, Иванова	192
4	Зильмердакская (бирьянская, лемезинская и бедерьшинская) (верхний рифей)	Аркозовые, полевошпат-кварцевые и мономиктовые кварцевые песчаники	Окрестности пос. Верхний Авзян, Малый Инзер, д. Зуяково, руч. Бирьян, р. Зилим (окрестности дд. Саралы и Бакеево), хр. Юкала, пос. Бердяуш, ст. Вязовая, ст. Реветь, хр. Баштур, район д. Николаевка	477
5	Зигальгинская (средний рифей)	Мономиктовые кварцевые песчаники	Иркусанский, Новобакальский, Александровский, Петлинский и Буландихинский карьеры, ст. Айгир, гора Катушка, Еловский участок, хр. Аваляк, окрестности д. Новониколаевка, р. Б. Авзян	266
6	Айская (навышская, липовская и кисеганская) (нижний рифей)	Лититовые и аркозовые песчаники	Аршинка, г. М. Миасс, Липовые горы, руч. Навыш, р. Ай у устья р. Кисеганка	212
Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий				
7	Усть-сылвицкая* (верхний венд)	Полевошпат-кварцевые песчаники	реки Межевая Утка, Сылвица и Усьва	98
8	Чернокаменная* (верхний венд)	Алевролиты	—"—	92
9	Старопечнинская* (верхний венд)	Песчаные алевролиты	—"—	131
10	Керноская* (нижний венд)	Кварцевые мономиктовые песчаники	—"—	100
Камско-Бельский авлакоген и Шкаповско-Шиханская впадина				
11	Байкибашевская** (нижний венд)	Полевошпат-кварцевые песчаники	Керн скважин: Кипчак 1 (инт. 3187–3192 м), Северо-Кушкуль 1 (инт. 2285–2293, 2302–2310 м), Ахмерово 6 (инт. 3030–3037, 3005–3009, 3124–3030 м), Шихан 5 (инт. 3017–3019, 2987–2990 м)	100
12	Леонидовская** (верхний рифей)	Лититовые и кварцевые песчаники	Керн скважин: Ахмерово 6 (инт. 3778–3780, 3990–3993, 4113–4018 м), Шкапово 740 (инт. 4139–4140, 3720–3721 м), Морозовская 1 (инт. 2250–2256, 2170–2175 м), Кипчак 1 (инт. 3527–3529, 3351–3354 м), Куш-Куль 100 (инт. 3254–3257, 3277–3281 м), Северо-Кушкуль 1 (инт. 1977–1985, 2399–2408, 2408–2416 м)	100
13	Тукаевская** (средний рифей)	Кварцевые мономиктовые и полевошпат-кварцевые песчаники	Керн скважин: Кипчак 1 (инт. 4848–4850, 5130–5132, 5028–5030 м), Ахмерово 6 (инт. 4029–4034, 3864–3866, 3824–3828, 4059–4062 м), Кабаково 62 (инт. 5290–5291, 5252–5254, 5037, 4835–4837 м), Аслы-Куль 4 (инт. 3491, 3390, 3493, 3445 м), Северо-Кушкуль 1 (инт. 3371–3374 м)	100
14	Прикамская/ротковская** (нижний рифей)	Полевошпат-кварцевые и аркозовые песчаники	Керн скважин: Сулли 20007 (инт. 3362–3372, 3332–3337, 3208–3212, 3253–3254 м), Арлан 7000 (инт. 4031–4040, 3901–3913, 4225–4228, 4100–4104 м), Морозовская 1 (инт. 2537–2541 м)	100

Примечание. *образцы пород предоставлены А.В. Масловым, **образцы пород из коллекции М.В. Ишерской (г. Уфа) предоставлены автору А.В. Масловым.

Айская свита подразделяется на три подсвиты [40]. Нижняя, навыйшская подсвита (мощность до 800–1300 м), залегает с разрывом и угловым несогласием на архейско-нижнепротерозойском тарашском комплексе и сложена в нижней части трахибазальтами, их туфами с прослоями красноцветных алевролитов, песчаников, гравелитов и конгломератов, сменяющимися аркозовыми песчаниками – в верхней. Средняя, чудинская подсвита (600 м), представлена гравелитами и конгломератами, полимиктовыми и аркозовыми песчаниками, которым подчинены прослои углеродисто-глинистых сланцев, доломитов и известняков. Завершающая разрез айской свиты кисеганская подсвита (400–600 м) объединяет алевролиты и низкоуглеродистые глинистые сланцы с редкими прослоями песчаников.

На классификационной диаграмме В.Д. Шутова [43] фигуративные точки псаммитов айской свиты локализованы в полях собственно аркозов и полевошпато-кварцевых песчаников. Содержания основных породообразующих компонентов в каркасе песчаников варьируют в достаточно широких рамках [25]: количество зерен кварца составляет от 50 до 95%, полевых шпатов – от 1–3 до почти 50%, обломков пород от 1–2 до 15, редко 25%. В песчаниках навыйшской и липовской подсвит среди полевых шпатов преобладают калиевые разновидности. Песчаники чудинской подсвиты обогащены плагиоклазами. Среди обломков пород наблюдаются микрокварциты нескольких структурных типов, зерна гранулированного и поликристаллического кварца, фрагменты слюдистых и слюдисто-кварцевых сланцев, кислые магматические породы и, редко, окатанные обломки диабазов.

Среднерифейская зигальгинская свита (мощность до 550 м) залегает с перерывом и угловым несогласием на породах бурзянской серии [40, 41] и сложена преимущественно мономиктовыми кварцевыми песчаниками и алевролитами с маломощными прослоями глинистых сланцев и, редко, конгломератов.

Залегающая в основании верхнерифейской последовательности Башкирского мегантиклинория зильмердакская свита (1200–3200 м) состоит преимущественно из аркозовых и субаркозовых песчаников, с подчиненными им прослоями гравелитов и конгломератов, алевролитов и глинистых сланцев [16, 41]. Свита подразделяется на четыре подсвиты – бирьянскую, нугушскую, лемезинскую и бедерышинскую. Бирьянская подсвита (800–3500 м) представлена полевошпато-кварцевыми, аркозовыми и субаркозовыми, преимущественно крупно- и среднезернистыми песчаниками с прослоями гравелитов и мелкогалечниковых конгломератов, а также мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Нугушская подсвита (200–350 м) сложена в основном алевролитами, глинистыми сланцами и аргиллитами серого, темно-серого и зеленовато-серого

цвета. Лемезинская подсвита (100–300 м) объединяет светло-серые средне- и, реже, крупнозернистые песчаники с прослоями алевролитов. Бедерышинская подсвита, также как и нугушская, представлена песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами, имеющими в ряде разрезов красноцветную окраску. В виде прослоев и пачек небольшой мощности в ее составе присутствуют известняки и доломиты. Мощность бедерышинской подсвиты 250–400 м [16, 24, 41].

На диаграмме В.Д. Шутова точки составов песчаников бирьянской подсвиты образуют поле, тяготеющее к верхней части треугольника “кварц–полевые шпаты–обломки пород”. Содержание кварца в них варьирует от 55 до 95%, количество обломков пород и полевых шпатов, составляет, соответственно, от 2 до 30 и от 1–2 до 35%. Песчаники нугушской подсвиты принадлежат к субаркозовой ассоциации с низким содержанием обломков осадочно-метаморфических и кислых эффузивных пород. Кварц в песчаниках представлен угловато-округленными и округленными зернами, почти не содержащими включений, кроме пластинок биотита. Для некоторых из них характерно облачное и фронтальное погасание. Песчаники лемезинской подсвиты содержат до 96–99% обломочных зерен кварца. Содержание полевых шпатов редко превышает 1–2%. Кварц наблюдается в виде угловато-округленных и округленных зерен. Иногда присутствуют сильно вытянутые зерна, первичная/седиментогенная форма которых значительно изменена процессами внутрислойного растворения и/или они являются фрагментами кварца, поступившими в осадок за счет размыва метаморфических пород. Изредка в кварце наблюдаются включения полевых шпатов, апатита, оливково-зеленого биотита, мусковита и зеленого турмалина. Состав включений близок тем, что характерны и для бирьянского уровня зильмердакской свиты. Обломки пород представлены в основном метаморфическими разновидностями. Весьма зрелый минеральный состав, умеренная и хорошая окатанность и сортировка обломочных зерен, незначительные содержания калиевых полевых шпатов при почти полном отсутствии плагиоклазов, наличие среди обломков зерен кварца с реликтами каемок регенерации и хорошая их окатанность, а также высокая зрелость минералов тяжелой фракции предполагают, что формирование песчаников лемезинской подсвиты происходило в условиях интенсивного химического выветривания на континенте и многократного переотложения кластики в бассейне седиментации. Петрографические особенности песчаников бедерышинской подсвиты в значительной мере сходны с теми, что характерны для псаммитов нугушского уровня.

К венду в пределах Башкирского мегантиклинория относятся отложения ашинской серии [1]. В наиболее полных разрезах на западном крыле

данной структуры серия включает толпаровскую, суировскую, бакеевскую, урюкскую, басинскую, куккараукскую и зиганскую свиты.

Нами исследован кварц из песчаников урюкской, басинской и куккараукской свит. Урюкская свита представлена в нижней части полевошпато-кварцевыми и аркозовыми крупно- и грубозернистыми песчаниками с прослоями конгломератов и гравелитов, а в верхней ее части преобладают алевролиты и мелкозернистые песчаники. Басинская свита объединяет преимущественно литокласто-кварцевые песчаники, алевролиты и аргиллиты. Перекрывающая ее куккараукская свита представлена мелко- и среднегалечниковыми конгломератами, гравелитами, а также крупно- и грубозернистыми полевошпато- и литокласто-кварцевыми песчаниками.

В Среднеуральском и южной части Североуральского сегментов западной мегазоны Урала сходное с Башкирским мегантиклинорием положение занимает Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий [1, 38 и др.], сложенный верхнерифейско-вендскими осадочными и вулканогенно-осадочными породами кедровской, басегской, серебрянской и сылвицкой серий. Нами исследован кластогенный кварц из песчаников керносской свиты серебрянской серии, а также старопечнинской, чернокаменной и усть-сылвицкой свит сылвицкой серии.

Песчаники керносской свиты по соотношению кварца, полевых шпатов и обломков пород могут быть отнесены к полевошпато-кварцевым и кварцевым разностям. В разрезах старопечнинской свиты преобладающим развитием пользуются мелкозернистые полевошпато-кварцевые песчаники с содержанием кварца от 75 до 85%, полевых шпатов (интенсивно серицитизированные кислые плагиоклазы и редкие зерна ортоклаза и микроклина) – от 10 до 25%. В составе чернокаменной свиты преобладают мелкозернистые полимиктовые песчаники, отличающиеся от аналогичных по гранулометрии пород старопечнинской и переволокской свит плохой сортировкой и окатанностью обломочного материала. В каркасе песчаников основная роль принадлежит кварцу (60–70%) и полевым шпатам (20–25%); в переменном количестве наблюдаются мусковит, хлорит, хлоритизированный биотит, фрагменты аргиллитов, кремней, микрокварцитов, карбонатных и эффузивных пород (10–20%). Полевые шпаты представлены альбитом, альбит-олигоклазом, андезином, микроклином и ортоклазом. Песчаники усть-сылвицкой свиты имеют полевошпато-кварцевый состав (кварц – 60–75%, полевые шпаты – 10–15%, обломки пород – 10–15%). Среди полевых шпатов преобладают сильно измененные плагиоклазы, обломки пород представлены преимущественно аргиллитами.

В расположенной к западу и северо-западу от Башкирского мегантиклинория Волго-Уральской области (Камско-Бельский авлакоген) также раз-

виты терригенные и карбонатные образования рифея [13, 27, 32, 39]. Нижний рифей представлен здесь отложениями кырпинской серии, объединяющей прикамскую, калтасинскую и надеждинскую свиты. Среднерифейские образования (серафимовская серия) залегают на отложениях нижнего рифея трансгрессивно и представлены тукаевской и ольховской свитами. Верхнерифейская абдулинская серия (усинская, леонидовская, приютовская и шиханская свиты) залегает с размывом на средне- и нижнерифейских отложениях, а в ряде мест перекрывает кристаллический фундамент [13, 27]. С использованием коллекции М.В. Ишерской (г. Уфа) исследован кластогенный кварц из песчаников прикамской свиты (ротковская подсвита), тукаевской, а также леонидовской свит.

Ротковская подсвита прикамской свиты сложена преимущественно красноцветными кварц-полевошпатовыми песчаниками и гравелитами с линзами мелкогалечниковых конгломератов. Тукаевская свита объединяет пестроцветные аркозовые и близкие к ним по составу песчаники; глинистые сланцы и алевролиты играют в разрезах свиты подчиненную роль. Леонидовская свита представлена характерными пестро- и сероцветными кварцевыми песчаниками с каолиновым цементом.

Широко развитые в Волго-Уральской области верхневендские отложения выполняют крупную Шкаповско-Шиханскую впадину и включают байкибашевскую, старопетровскую, салиховскую и карлинскую свиты. Нами исследован кластогенный кварц из песчаников байкибашевской свиты, имеющих преимущественно полевошпато-кварцевый состав и чередующихся с прослоями кварцевых гравелитов, алевролитов и аргиллитов.

МЕТОДИКА

Методика изучения заключалась в детальном исследовании каждого пятого зерна кварца в шлифах под микроскопом при соблюдении трех детерминант. Во-первых, объем выборки должен был быть не менее 50–100 зерен кварца для каждого объекта исследования (свиты, подсвиты), что является статистически значимым диапазоном для получения репрезентативности выводов. Во-вторых, описывались зерна преимущественной размерности 0.25–0.5 мм. В-третьих, зерна кварца не должны были иметь признаков постседиментационных трансформаций. При соблюдении этих условий полученные статистические значения типоморфных признаков могут считаться представительными и быть распределены на всю совокупность изучаемого явления.

Метрические типоморфные признаки для зерен кварца всех объектов рассматривались по единой схеме. Для определения сферичности ϕ контур зерна в шлифе зарисовывался при помощи рисоваль-

ного аппарата РА-4. В дальнейшем планиметром ПП-2к измерялись площади зерна и описанного вокруг него круга. Значение ϕ рассчитывалось по формуле: $\phi = S_1/S_2$, где S_1 – площадь зерна, S_2 – площадь круга. Данная методика с некоторыми изменениями заимствована из работы Т.А. Лапинской [19].

Изометричность формы зерен кварца в шлифах определялась как отношение длины наибольшего поперечного сечения к длине наименьшего. Была выбрана шкала интервалов: 0.0–0.2 – резко анизометричные (продолговатые, сильно вытянутые вдоль одной оси), 0.2–0.4 – умеренно анизометричные; 0.4–0.6 – анизометричные (удлиненные, вытянутые по одной оси), 0.6–0.8 – умеренно изометричные, 0.8–1.0 – сильно/весьма изометричные зерна (их форма приближается к кругу).

Округленность зерен только для кластогенного кварца оценивалась в баллах, где 1 – остроугольные, 2 – угловатые, 3 – полукруглые, 4 – округленные, 5 – хорошо округленные.

Далее составлялись базы данных на основании значений типоморфных признаков зерен и рассчитывались показатели центральных тенденций. Для получения их характеристик были выбраны среднее арифметическое (X_{cp}), стандартное отклонение (σ), медиана (Md), мода (Mo), интервал встречаемости – квартильный размах ($Q_{25}-Q_{75}$). Полученные величины центральных тенденций отражают общее состояние зерен кварца и экстраполируются на все множество генеральной совокупности объекта.

Неметрические типоморфные признаки кварца исследовались в шлифах под микроскопом в системе процентного ранжирования частоты встречаемости по группам: I – **зерна кварца без оптически определяемых структурных дефектов** и включений (БД), II – **с оптически определяемыми структурными дефектами кристаллической решетки** (СД), III – **с включениями минералообразующей среды** (газово-жидкими) (ВМС), IV – **с включениями минералов** (ВМ) и комбинированные разновидности V – ВМС + ВМ, VI – ВМС + СД, VII – ВМ + СД, VIII – ВМ + ВМС + СД. Полученные результаты позволили построить спектры распределения различных характеристик кварца в процентах, отражающие те или иные доминирующие в породе группы зерен. Отдельно рассмотрено статистическое распределение зерен с оптически определяемыми структурными дефектами кристаллической решетки, для чего проведена группировка кластогенного кварца на зерна с ровным угасанием, т.е. без оптически определяемых структурных дефектов/ровным (Р), а также с волнистым (В), облачным (О) и блочным (Б) погасанием. Эти признаки, как показано в ряде работ [14, 34, 36 и др.], позволяют более четко установить генезис кластогенного кварца, т.к. существуют специфичное распределение структурных дефектов для кварца из разных типов кристаллических пород.

Таким образом, каждое зерно кварца в изучаемой породе исследовалось по 11 характеристикам (3 метрических и 8 неметрических типоморфных признаков), в результате выделялись наиболее вероятные разновидности зерен, встречаемые в породе.

Для проверки применяемой методики проведены исследования зерен кварца из эталонной коллекции кристаллических и терригенных пород Урала (табл. 2, 3). В итоге оказалось возможным наметить следующие критерии для “узнавания” кластогенного кварца при сравнении его с кварцем из потенциальных петротипов источников сноса (табл. 5). Сопоставление с этими эталонными показателями дает основания для выделения генетических типов кластогенного кварца в осадочной породе. Результаты исследования морфологии зерен кварца из разновозрастных кристаллических пород Урала могут свидетельствовать, что значения сферичности кварца большинства выборок обладают, в среднем, диапазонами квартильного размаха 0.4–0.6. Несколько повышены показатели сферичности для зерен кварца из эффузивных пород (0.5–0.7), что можно объяснить вторичной коррозией магматического расплава и неравномерностью его затвердевания. Показатели изометричности варьируют от 0.6 до 0.8. Форма зерен кварца метаморфических пород может быть как анизометричной, так и высоко изометричной, а для кварца интрузивных пород преобладает изометричная.

Количественное соотношение оптически определяемых структурных дефектов зерен кварца, представленных в табл. 5, показывают, что для интрузивных и эффузивных пород нет существенных различий в преобладании разновидностей. Между магматическими и метаморфическими породами различия намечаются в преобладании у последних зерен кварца с облачным и волнистым угасанием. т.к. он подвергался динамометаморфизму. Таким образом, исследование кварца из кристаллических пород показывает, что существенных количественных различий типоморфных разновидностей в исследуемых породах не устанавливается. Но при анализе преобладания той или иной группы разновидностей может быть выявлена общая закономерность распределения преобладающих типоморфных модификаций зерен кварца в кристаллических породах Урала. Для кварца из интрузивных пород характерно наличие ВМС и ВМ, меньше разнообразие СД, но существует различие между распределением встречаемости групп для кварца орогенных и платформенных гранитоидов. При этом кварц орогенных гранитоидов достаточно близок по структуре и составу ВМС и ВМ с жильным кварцем. Кварц платформенных гранитоидов имеет сходство с таковым метаморфических пород. Достаточно отличается по набору ВМС и ВМ кварц из эффузивных пород. Он обладает малой насыщенностью ВМС и ВМ, но может в отдельных случаях содержать мно-

Таблица 5. Метрические и неметрические признаки зерен кварца из кристаллических и терригенных пород Урала и прилегающих территорий

Породы		Метрические типоморфные признаки					Неметрические типоморфные признаки							
		Сферичность		Изометричность			Оптически определяемые структурные дефекты кварца. Погасание зерен кварца, %							
												Включения		
Магматические интрузивные	Платформенные	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	$Q_{25}-Q_{75}$	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	$Q_{25}-Q_{75}$	P	B	O	B	$\Sigma\%$	ВМС	ВМ
		0.448 ±0.15	0.48	0.4-0.6	0.663 ±0.2	0.68	0.6-0.8	48	17	19	16	100	Мало крупных газовых и многофазных включений, часто встречаются мелкие. Неравномерно рассеянные ВМС, локализованные группами, по трещинам зерна	Игольчатый рутил, биотит, циркон, апатит, мусковит, эпидот
Магматические эффузивные	Орогенные	0.562 ±0.31	0.5	0.4-0.6	0.71 ±0.204	0.717	0.6-0.8	33	22	26	19	100	Высокая и средняя насыщенность ВМС, много газовых и водных, встречаются очень крупные по размеру, равномерное рассеяние ВМС, меньше встречаются линейные и островные группировки	Мало включений (рутил, слюды, редкие турмалин, циркон)
		0.58 ±0.44	0.599	0.4-0.6	0.702 ±0.219	0.736	0.6-0.8	20	29	17	34	100	Малое количество ВМС, большая часть затвердевшие, по размеру от мелких до крупных, неравномерное рассеяние, чаще всего островные группировки	Обсидиан, слюда, плагиоклазы, рудный минерал
Метаморфические	Жилы кварца	0.458 ±0.21	0.492	0.4-0.6	0.681 ±0.141	0.682	0.6-0.8	30	26	28	16	100	Малая насыщенность ВМС, редко крупные по размеру, больше мелких и средних, Рассеяние равномерное, но могут быть линейные или островные группировки	Графит, гранат, силлиманит, дистен, рутил, сфен, биотит, циркон, апатит, мусковит, эпидот
Осадочные терригенные	Первого цикла	-	-	-	-	-	-	26	22	33	19	100	Многообразие по форме и размеру, насыщенность чаще всего высокая, много крупных, не затвердевших ВМС	Разнообразны, часто состава вмещающей породы и минерализации гидротермального раствора
		0.543 ±0.119	0.551	0.4-0.6	0.662 ±0.162	0.68	0.6-0.8	29	24	30	17	100	Разнообразно	Мусковит, рудный минерал, эпидот, турмалин
Реликтовые		0.654 ±0.141	0.646	0.6-0.8		0.762	0.6-0.8	22	26	37	15	100	Уменьшение насыщенности ВМС, чаще встречаются мелкого и среднего размера, затвердевшие. Равномерно рассеянная или островная группировка	Рутил, эпидот, циркон, апатит

Таблица 6. Статистические показатели метрических признаков для зерен кварца из кристаллических пород Восточно-Европейской платформы (скв. Туймазы 2000) и тараташского комплекса

№	Породы/привязка	Сферичность		Изометричность	
		$X_{cp} \pm \sigma$	Md	$X_{cp} \pm \sigma$	Md
1	Гранитогнейс/ (Радостное) тараташский комплекс	0.477 ± 0.118 112	0.470	0.652 ± 0.179 112	0.62
2	Кварцит/ тараташский комплекс	0.498 ± 0.137 60	0.495	0.837 ± 0.194 60	0.81
3	Плагингнейс/ (скв. Туймазы 2000) фундамент Восточно-Европейской платформы	0.526 ± 0.138 164	0.50	0.645 ± 0.177 164	0.73

го газовых включений, вулканическое стекло, полевые шпаты и слюды. Для него достаточно трудно назвать специфические неметрические типоморфные признаки.

Зерна кварца из граувакковых песчаников первого цикла (вогулкинская и тюменская свиты) юрского времени Шаимского нефтегазоносного поля и из песчаников восточной зоны зилаирской свиты девонского времени Магнитогорской мегазоны Южного Урала обладают значениями сферичности, попадающими в квартильный размах 0.4–0.6. Однотипные значения показывают величины центральной тенденции исследуемого кварца при сравнении с показателями кварца из кристаллических пород. Такое сопоставление свидетельствует о наследовании формы кварца материнской породы и/или замедленном ее преобразовании в седиментогенезе. Величины центральных тенденций и квартильных размахов изометричности тяготеют к значениям, характерным для кварца кристаллических пород (табл. 5). Округленность обычно небольшая, зерна имеют угловатую или полуокруглую форму. Неметрические типоморфные признаки зерен кварца из терригенных пород вогулкинской и тюменской свит Шаимского нефтегазоносного поля обладают достаточно разнообразным набором распределения и чаще совпадают со спектрами для кварца интрузивных и метаморфических пород, а также жильного кварца [44]. Таким образом, кварц из песчаников первого цикла седиментации, можно отнести к петрогенному, т.е. непосредственно попавшему в осадок из дезинтегрированных кристаллических пород.

Значения сферичности для зерен кварца из рециклированных песчаников такатинской свиты Башкирского мегантиклинория попадают в квартильный размах 0.6–0.8. Величины центральной тенденции для сферичности в них также показывают более высокие значения (табл. 5). Величины изометричности стремятся к единице. Преобладают округленные и хорошо округленные зерна. Полученные характеристики сопоставимы с результатами исследований Л.В. Анфимова, проведенных на материале кварца рециклированных песчаников московского яруса карбона (Южный Урал) [3–5].

Неметрические типоморфные признаки данных зерен кварца характеризуют наличие малой частоты встречаемости ВМС и ВМ, среди СД преобладают зерна с облачными и блочным погасанием. Такие спектры распределения более схожи со спектрами для кварца из метаморфических пород и платформенных гранитоидов. При этом все метрические признаки достаточно разнятся, отсюда, такой кварц можно назвать литогенным, т.е. попавшим в песчаники из неоднократно переотложенных осадочных, а не прямо из кристаллических пород.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Первоначально были рассмотрены типоморфные признаки зерен кварца из потенциальных источников сноса кластогенного материала. Таковыми поставщиками в области питания Башкирского и Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория могли служить кристаллические архейско-протерозойские породы фундамента Восточно-Европейской платформы и тараташского комплекса. Полученные результаты изучения метрических признаков, приведенные в табл. 6, показывают, что зерна кварца из этих пород обладают низкими значениями сферичности в пределах квартильного размаха 0.4–0.6. Зерна кварца могут характеризоваться как умеренно и сильно изометричные (табл. 6). Доминирующие группы неметрических признаков указывают, что, в общем, преобладает кварц с включениями минералов и структурными дефектами, за исключением кварца из плагингнейсов скважины Туймазы, где значимой также является комбинированная группа кварца с включением минералообразующей среды и структурными дефектами. Преобладает кварц с волнистым и блочным погасанием при большой доле – с ровным.

Изучение типоморфных признаков кластогенного кварца из рифейских и вендских толщ Башкирского мегантиклинория показало, что в интервалах встречаемости и центральных тенденций значений сферичности намечается два типа кварца. Характеристики центральных тенденций значений сферичности зерен кварца из пород айской, зигальгинской и зильмердакской свит рифея Башкирского мегантиклинория обладают значениями в пределах квартильных размахов 0.6–0.8 (рис. 2, графики а, табл. 7). Интервалы встречаемости и центральные тенденции для значений изометричности морфологии кварца из рифейских толщ также являются достаточно сходными/однотипными. Все исследованные нами зерна обладают изометричной формой,

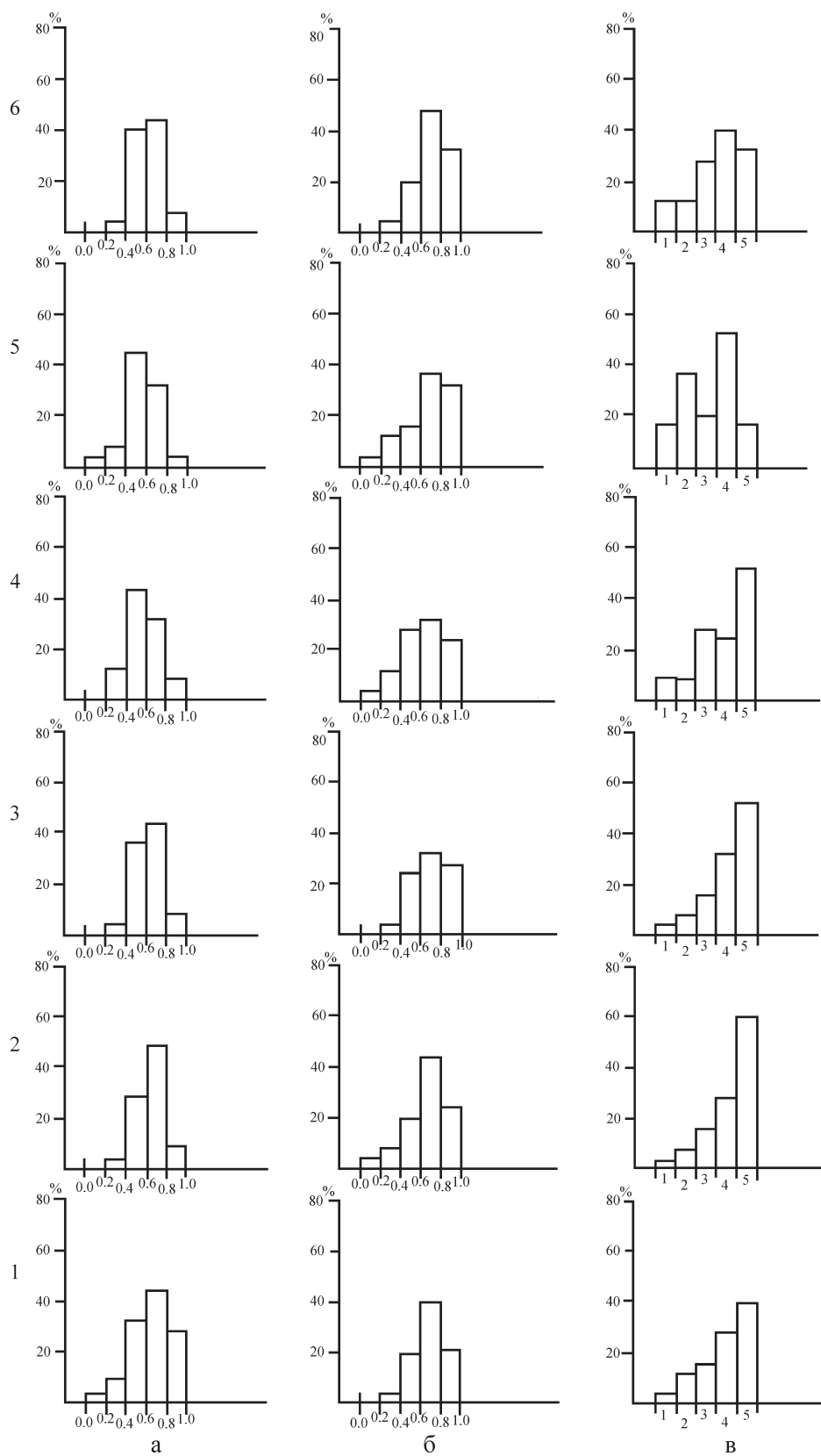


Рис. 2. Графики распределения метрических типоморфных признаков кластогенных зерен кварца из докембрийских терригенных толщ Башкирского мегантиклинория (Южный Урал).
а – сферичность, б – изометричность, в – округленность; 1 – айская свита, 2 – зигальгинская свита, 3 – зильмердакская свита, 4 – урюкская свита, 5 – басинская свита, 6 – куккараукская свита.

Таблица 7. Статистические показатели сферичности кластогенного кварца из рифейских и вендских отложений Башкирского, Кваркушко-Каменного мегантиклинориев и Камско-Бельского авлакогена

№	Возраст	Башкирский мегантиклинорий			Кваркушко-Каменогорский мегантиклинорий			Камско-Бельский авлакоген (Волго-Уральская область)		
		Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md
1	Венд	Куккараукская	0.601 ± 0.125	0.584	Устьсылвицкая	0.60 ± 0.141	0.6			
2			52		Чернокаменная	0.526 ± 0.133	0.526			
3		Басинская	0.566 ± 0.144	0.572	Старопечническая	0.613 ± 0.149	0.646			
4		Урюкская	0.58 ± 0.147	0.577	Керноская	0.663 ± 0.119	0.67	Байкибашевская	0.576 ± 0.132	0.587
5	Рифей	Зильмердакская	0.61 ± 0.143	0.61				Леонидовская	0.623 ± 0.137	0.602
6		Зигальгинская	0.633 ± 0.136	0.647				Тукаевская	0.662 ± 0.214	0.679
7		Айская	0.657 ± 0.143	0.619				Прикамская	0.667 ± 0.138	0.624

Таблица 8. Статистические показатели изометричности кластогенного кварца из рифейских и вендских отложений Башкирского, Кваркушко-Каменного мегантиклинориев и Камско-Бельского авлакогена

№	Возраст	Башкирский мегантиклинорий			Кваркушко-Каменогорский мегантиклинорий			Камско-Бельский авлакоген		
		Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	Свита	$X_{cp} \pm \sigma$	Md
1	Венд	Куккараукская	0.731 ± 0.155	0.72	Устьсылвицкая	0.675 ± 0.198	0.679			
2			52		Чернокаменная	0.636 ± 0.191	0.644			
3		Басинская	0.691 ± 0.155	0.699	Старопечническая	0.711 ± 0.192	0.731			
4		Урюкская	0.652 ± 0.155	0.636	Керноская	0.734 ± 0.146	0.739	Байкибашевская	0.698 ± 0.156	0.737
5	Рифей	Зильмердакская	0.7 ± 0.155	0.61				Леонидовская	0.645 ± 0.162	0.652
6		Зигальгинская	0.703 ± 0.155	0.728				Тукаевская	0.766 ± 0.17	0.762
7		Айская	0.657 ± 0.155	0.667				Прикамская	0.764 ± 0.163	0.765

но при этом показатели центральной тенденции для кварца из рифейских уровней более тяготеют к значениям изометричности литогенного кварца (рис. 2, графики б, табл. 8). Установлено также, что для зерен кластогенного кварца из песчаников айской, зигальгинской и зильмердакской свит свойственна, чаще всего, округленная и хорошо-округленная форма (рис. 2, графики в). Таким образом, при различиях в петрографии песчаников айской, зигальгинской и зильмердакской свит – кластогенный кварц в них имеет общий источник сноса.

Для вендских осадочных последовательностей Башкирского мегантиклинория показатели центральных тенденций сферичности зерен кварца тяготеют к значениям интервала 0.4–0.6. Квартильные размахи значений сферичности находятся в пределах 0.4–0.8, но большая часть выборки, как

показывают средние арифметические и медианы, обладают значениями в пределах 0.4–0.5. Все сказанное, на наш взгляд, свидетельствует о двух разных поставщиках кластогенного кварца. Основываясь на данных о средних значениях сферичности зерен кластогенного кварца из песчаников урюкской и басинской свит (0.566 ± 0.144 и 0.58 ± 0.147 соответственно), можно сделать вывод о том, что он имеет преимущественно петрогенную природу. Напротив, кварц из матрикса конгломератов и песчаников куккараукской свиты обладает значениями сферичности в пределах среднего арифметического 0.601 ± 0.125 . Это может указывать на две популяции кварца в породе, с одной стороны петрогенной, а с другой – литогенной природы. Установленное различие в сферичности зерен кластогенного кварца из песчаников названных свит свидетельствует,

на наш взгляд, об участии другого источника сноса в куккараукское время.

Округленность зерен кластогенного кварца в песчаниках урюкской, басинской и куккараукской свит достаточно высокая, в пределах 4–5 баллов (рис. 2, графики в). Это не согласуется с полученными данными сферичности и изометричности кварца из перечисленных литостратиграфических подразделений, так как кварц первого цикла седиментации, в большинстве случаев, имеет низкий показатель округленности. Указанное расхождение может быть объяснено тем, что округленность, как критерий формы зерен, отражает преимущественно условия среды седиментации, т.е. фациальную, а не генетическую природу кластогенного кварца. Высокие значения округленности характерны для зерен кластогенного кварца, испытавших интенсивное гидродинамическое воздействие в прибрежно-морских и речных обстановках, т.е. именно тех, что были наиболее характерны для эпох накопления песчаников базальных уровней венда Башкирского мегантиклинория.

Интервалы встречаемости оптически определенных структурных дефектов для зерен кластогенного кварца из отложений рифея и венда Башкирского мегантиклинория также имеют определенное расхождение (рис. 3, графики г, д). Так, зерна кварца из псаммитов айской, зигальгинской и зильмердакской свит имеют преимущественно облачное погасание. Кластогенному кварцу из песчаников урюкской и басинской свит более свойственно ровное погасание, а кварцу из псаммитов куккараукской свиты – облачное. Такие различия, по всей видимости, свидетельствуют, что кварц в песчаниках базальных свит рифея и куккараукской свиты верхнего венда претерпел более существенную деформацию кристаллической решетки, чем кварц, присутствующий в псаммитах урюкской и басинской свит. С учетом данных, полученных М.Я. Кацем и И.М. Симановичем [14, 36], указанные деформации решетки кварца обусловлены процессами катаклаза и/или динамометаморфизма, и не отражают первичного седиментационного сигнала.

Значения сферичности зерен кварца из отложений венда Кваркушско-Каменогорского мегантиклинория характеризуются двумя типами распределения. Первый тип наблюдается для песчаников керносской и старопечнинской свит, в которых диапазон квартильного размаха сферичности состав-

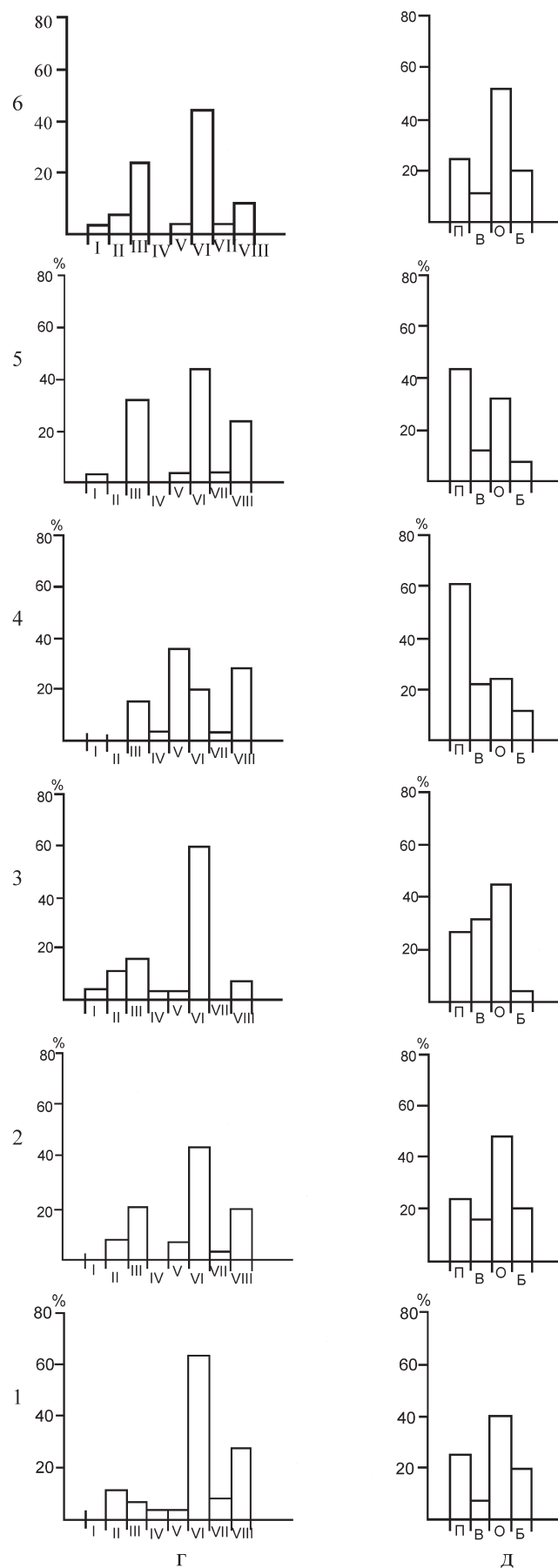


Рис. 3. Графики распределения неметрических типоморфных признаков кластогенных зерен кварца из докембрийских терригенных толщ Башкирского мегантиклинория (Южный Урал).

г – неметрические типоморфные разновидности, д – оптически определяемые структурные дефекты; 1 – айская свита, 2 – зигальгинская свита, 3 – зильмердакская свита, 4 – урюкская свита, 5 – басинская свита, 6 – куккараукская свита.

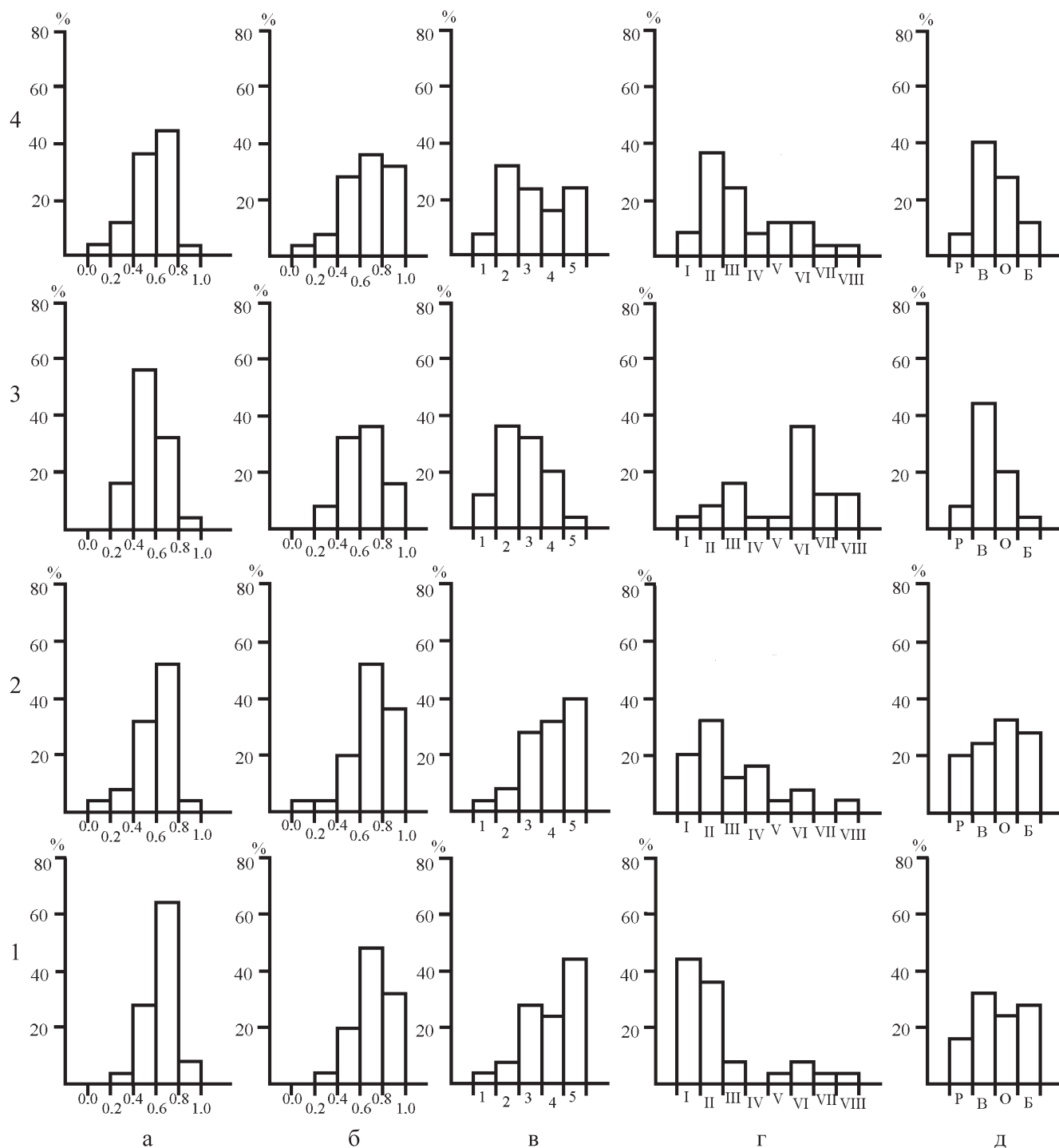


Рис. 4. Графики распределения типоморфных признаков кластогенных зерен кварца из вендских терригенных толщ Кваркушко-Каменогорского мегантиклинория (Средний Урал).

а – сферичность, б – изометричность, в – округленность, г – неметрические типоморфные разновидности, д – оптически определяемые структурные дефекты; 1 – керноская свита, 2 – старопечнинская свита, 3 – чернокаменная свита, 4 – усть-сылвицкая свита.

ляет 0.6–0.8. Второй тип распределения характерен для кластогенного кварца из песчаников чернокаменной и усть-сылвицкой свит – при больших значениях стандартного отклонения, диапазон значений сферичности тяготеет здесь к квартильному размаху 0.4–0.6 (рис. 4, графики а, табл. 7).

По величине изометричности зерна кварца из псаммитов венда Кваркушко-Каменогорского мегантиклинория относятся к сильно изометричным (рис. 4, графики б, табл. 8).

Графики распределения округленности показывают, что преобладающей формой зерен кварца яв-

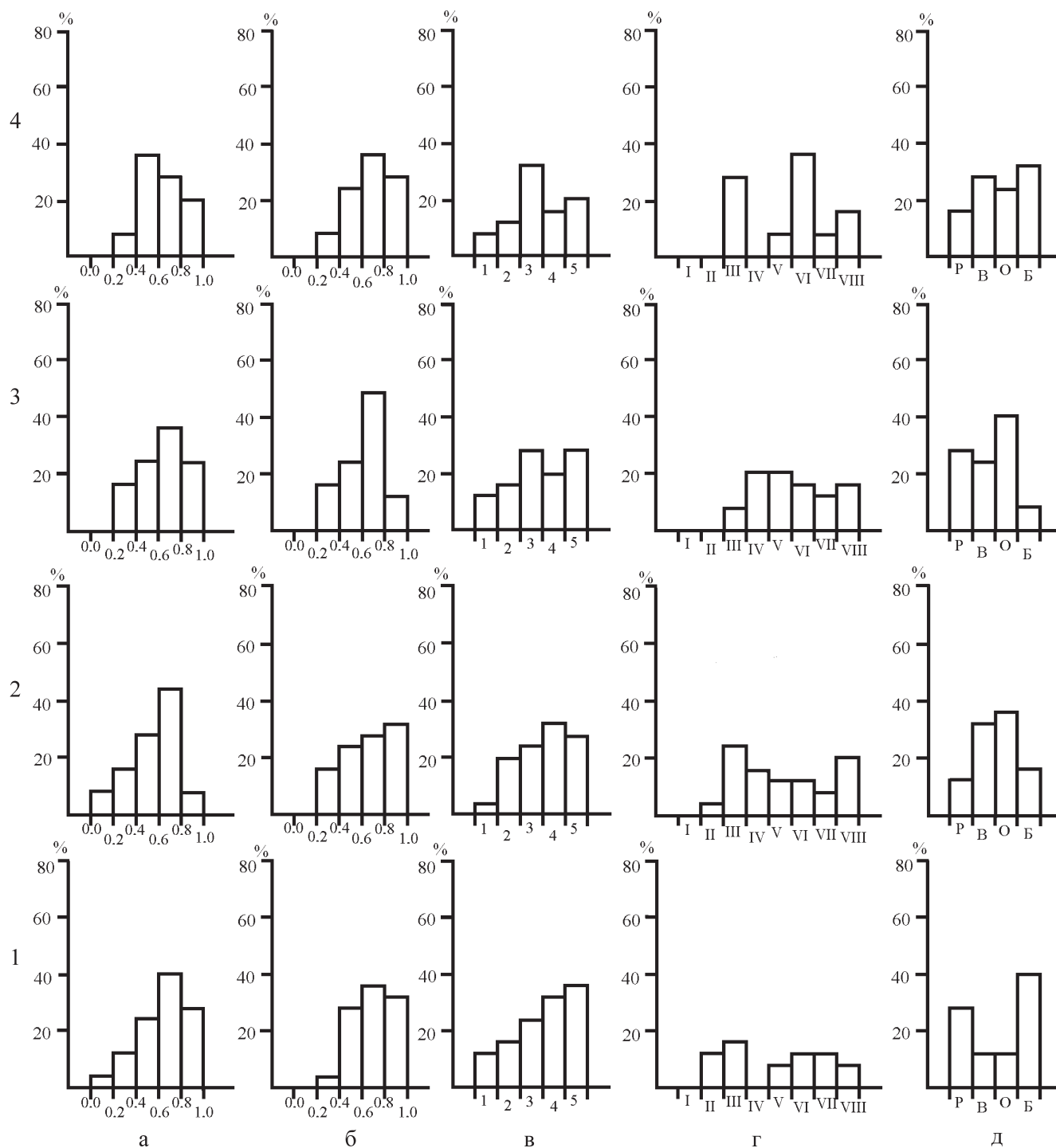


Рис. 5. Графики распределения типоморфных признаков кластогенных зерен кварца из докембрийских терригенных толщ Камско-Бельского авлакогена и Шкаповско-Шиханской впадины (Волго-Уральская область). а – сферичность, б – изометричность, в – округленность, г – неметрические типоморфные разновидности, д – оптически определяемые структурные дефекты; 1 – прикамская свита, 2 – тукаевская свита, 3 – леонидовская свита, 4 – байкибашевская свита.

ляется округленная и хорошо округленная (рис. 4, графики в). Это позволяет рассматривать кластогенный кварц из песчаников венда западного склона Среднего Урала как претерпевший длительное механическое истирание. Кроме того, обнаруживается достаточно большой процент встречаемо-

сти полу-угловатых зерен кварца из песчаников и алевролитов керносской, старопечнинской и усть-сылвицкой свит, которые в исследуемых породах соответствуют расколотым зернам.

Таким образом, для зерен кварца нижних уровней венда Кваркушско-Каменногорского меганти-

клинория при сопоставлении с эталонными статистическими величинами метрических признаков кристаллических пород может быть установлена его возможная литогенная природа, а для верхних уровней характерно существенное обогащение петрогенным материалом.

Распределения неметрических типоморфных признаков зерен кварца из песчаников серебрянской и сылвицкой серий достаточно разнообразны. Для песчаников керносской свиты характерен высокий процент частоты встречаемости групп бездефектного (“чистый”) и со структурными дефектами кварца. Преобладание бездефектного кварца в песчаниках керносской свиты (рис. 4, графики д), на первый взгляд, является индикатором того, что его первичными источниками были кислые эффузивные породы, для которых такая типоморфная разновидность достаточно часто является доминирующей [36]. Но второй преобладающей группой в керносских псаммитах выступает кварц с блочным погасанием. Такое расхождение может свидетельствовать о присутствии в исследованной нами выборке двух популяций кварца.

Спектры распределения структурных дефектов с облачным и волнистым погасанием кластогенного кварца в песчаниках старопечнинской, чернокаменской и усть-сылвицкой свит свидетельствуют, что этот минерал может иметь метаморфогенное происхождение (рис. 4, графики г). Однако в ходе переотложения и захоронения зерен кварца из песчаников и алевролитов керносской и старопечнинской свит мог иметь место процесс разрушения, который приводит к искажению неметрических типоморфных признаков. На основании этого, для литогенного кварца песчаников керносской и старопечнинской свит по приведенным данным достаточно трудно установить тип источников, кроме как по значениям его метрических признаков.

Область центральных тенденций значений сферичности зерен кварца песчаников прикамской, тукаевской и леонидовской свит рифея Камско-Бельского авлакогена располагается в пределах квартильных размахов 0.6–0.8 (рис. 5, графики а, табл. 7). Значения изометричности в пределах интервала 0.6–0.8 характеризуют умеренно изометричную форму кластогенного кварца (рис. 5, графики б, табл. 8). Округленность высокая – 4–5 баллов (рис. 5, графики в). Для зерен кластогенного кварца байкибашевской свиты верхнего венда Камско-Бельского авлакогена, напротив, характерна низкая сферичность (диапазон значений в пределах 0.4–0.6) и умеренная и сильная изометричность (рис. 4, график а, б, табл. 7, 8). Модальные величины округленности указывают на полуокругленную и округленную форму (преобладающие значения – 3–4 балла) (рис. 5, график в). Такие величины метрических типоморфных признаков для кварца песчаников прикамской, тукаевской и леонидов-

ской свит рифея Камско-Бельского авлакогена при сравнении с эталонными показателями зерен кварца кристаллических пород Восточно-Европейской платформы (табл. 6) свидетельствуют о различиях. В данных свитах преобладает преимущественно литогенный кварц. Зерна кварца песчаников байкибашевской свиты вендского уровня Камско-Бельского авлакогена по исследуемым значениям имеют облик петрогенного.

Неметрические типоморфные признаки для зерен кварца из базальных свит рифея Камско-Бельского авлакогена указывают на значительную частоту встречаемости групп кварца с включениями минералообразующей среды и со структурными дефектами кристаллической решетки. В последней группе преобладают зерна кварца с облачным и волнистым погасанием. Для зерен кварца песчаников прикамской свиты характерна также значительная доля кварца с блочным погасанием. Для зерен кварца песчаников байкибашевской свиты венда Камско-Бельского авлакогена преобладающей является группа кварца с ВМС. Менее значительна группа со структурными дефектами (блочное и волнистое погасание). Такие распределения групп неметрических типоморфных признаков кварца из байкибашевской свиты свидетельствуют в пользу его метаморфогенной природы.

Таким образом, при сравнении типоморфных характеристик зерен кварца осадочных последовательностей рифея и венда Урала с эталонными показателями для кварца из кристаллических пород фундамента Восточно-Европейской платформы и тараташского комплекса четкое соответствие признаков наблюдается не во всех случаях. Это позволяет предполагать, что для изученных нами объектов кристаллические породы цоколя платформы не являлись единственным источником кластики (табл. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами статистические исследования типоморфных особенностей кластогенного кварца из базальных толщ рифея Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена показывают, что кварц указанных объектов и кварц из эталонной коллекции кристаллических пород предполагаемых источников сноса (фундамент востока Восточно-Европейской платформы и тараташский комплекс) не обладают однотипными статистическими параметрами типоморфных признаков. Показатели метрических типоморфных признаков зерен кварца из айской, зигальгинской, зильмердакской свит Башкирского мегантиклинория и прикамской, тукаевской и леонидовской свит рифея Камско-Бельского авлакогена более сопоставимы со значениями, характерными для литогенного кварца (центральные тенденции и квартильный

Таблица 9. Возможные генетические типы кластогенного кварца из докембрийских отложений Башкирского и Кваркушско-Каменногогорского мегантиклинорий, Камско-Бельского авлакогена

№	Возраст	Башкирский мегантиклинорий		Кваркушско-Каменогорский мегантиклинорий		Камско-Бельский авлакоген		
		Свита	Генетические типы кварца	Свита	Генетические типы кварца	Свита	Генетические типы кварца	
1	Венд	Куккараукская	Две популяции кварца (преимущественно петрогенный, при большой доле литогенного)	Устьсылвицкая	Две популяции кварца (преимущественно петрогенный, при высокой доле литогенного)			
2				Чернокаменная				Петрогенный
3				Басинская				Петрогенный
4		Урюкская		Керноская				Байкибашевская
5	Рифей	Зильмердакская	Литогенная			Леонидовская	Литогенный	
6		Зигальгинская				Тукаевская		
7		Айская				Прикамская		

размах в диапазоне 0.6–0.8, умеренно и сильно изометричная форма зерен, высокие показатели округленности, малая насыщенность ВМС, преобладание облачного и блочного погасания и высокая частота СД). Таким образом, можно предполагать, что источниками кварца для песчаников рифея Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена были в основном зрелые кварцсодержащие осадочные и осадочно-метаморфические породы раннепротерозойского проточехла Восточно-Европейской платформы.

Показатели типоморфных особенностей зерен кластогенного кварца из песчаников венда Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена иные по сравнению с теми, что присущи кварцу из отложений рифея этих же структур. Зерна кварца из песчаников урюкской, басинской и куккараукской, а также байкибашевской свиты по своим типоморфным особенностям тяготеют к статистическим значениям петрогенного кварца (центральные тенденции и квартильный размах в диапазоне 0.6–0.8, умеренная изометричность, невысокая округленность, наличие значительной насыщенности ВМС, волнистое и облачное погасание.). При этом надо упомянуть, что для песчаников куккараукской свиты установлено присутствие двух популяций кластогенного кварца при том, что обогащение их литогенным кварцем весьма существенно.

Все сказанное не оставляет сомнений в том, что кластогенный кварц в псаммитах венда Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена имеет преимущественно петрогенную природу. Это свидетельствует о том, что петрофонд источников сноса претерпел на границе рифея и венда принципиальные изменения. В результате проведенных исследований статистических показателей зерен кластогенного кварца из песчаников базальных толщ верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория можно сделать достаточно обоснован-

ный вывод о том, что на протяжении всего рифея состав и соотношение пород в области сноса оставалось практически постоянным (единая питающая провинция). За счет эрозии этой области в бассейны седиментации рифея поступал преимущественно литогенный кварц. В позднем венде состав палеоводосборов стал иным, и на смену литогенному пришел петрогенный кварц.

Полученные данные, за некоторым исключением, согласуются с предположением, что петротипами источников сноса в осадочный бассейн в рифейское время являлись нижнепротерозойские осадочные и метаморфические комплексы Восточно-Европейской платформы [2, 26, 28]. В вендское время, произошла активизация тектонических движений в восточной части современного Башкирского мегантиклинория [31], что вызвало принципиальное изменение источников сноса. Именно с этими событиями, связано, на наш взгляд, существенное обогащение верхневендских отложений Башкирского мегантиклинория петрогенным кварцем.

Иная картина характерна для распределения статистических показателей типоморфных признаков зерен кварца из песчаников венда Кваркушско-Каменногогорского мегантиклинория. Для песчаников керносской и старопечнинской свит характерен литогенный кварцевый компонент, а для чернокаменной и усть-сылвицкой свиты – существенно петрогенный, что хорошо видно по отличиям в показателях центральных тенденций, квартильных размахов, величин изометричности и округленности, распределении структурных дефектов. В целом, для вендских образований только кварц из песчаников чернокаменной и усть-сылвицкой свит можно сопоставлять по источникам сноса с кварцем из отложений венда Башкирского мегантиклинория и Камско-Бельского авлакогена, что, возможно, указывает на запаздывание в смене петрофонда для вендских толщ западного склона Среднего Урала.

Представляется, что установленные различия петротипов источников кластогенного кварца для различных частей седиментационного бассейна, существовавшего в позднем венде в области сочленения Восточно-Европейской платформы и Урала, обусловлены главным образом изменением геодинамических обстановок в прилежащих к данному бассейну регионах и, таким образом данные по генезису кластогенного кварца в осадочных последовательностях могут быть полезными, в том числе и для верификации различных геодинамических построений.

Исследование выполнено в рамках Интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аблизин Б.Д., Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А., Курбацкий А.М.* Верхний рифей и венд западного склона Среднего Урала. М.: Наука, 1982. 140 с.
2. *Анфимов Л.В.* Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 288 с.
3. *Анфимов Л.В.* Сравнительное исследование сферичности кварцевых зерен кристаллических пород и песчаников // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 50–52.
4. *Анфимов Л.В.* Критерии происхождения кластогенного кварца в терригенных породах Западного Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Пермский госуниверситет, 2006. С. 60–62.
5. *Анфимов Л.В.* Сферичность зерен кластогенного кварца из песчаников как индикатор природы источников при формировании осадков этих пород в геологическом прошлом // Минералогия Урала – 2007: Сб. науч. ст. Миасс–Екатеринбург: ИМин УрО РАН, Ильменский гос. заповедник, 2007. С. 298–300.
6. *Анфимов Л.В., Козлов В.И., Еремеева А.В.* Изучение плотности кварцевых зерен из обломочных толщ верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 33–43.
7. *Анфимов Л.В., Огородников О.Н., Коророва Е.В.* Источники обломочного кварца рифейских пород на Южном Урале // Общие проблемы стратиграфии и геологической истории рифея Северной Евразии. Тез. докл. Всеросс. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1995. С. 13–14.
8. *Батурич В.П.* Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.: Изд. АН СССР, 1947. 335 с.
9. *Вассоевич Н.Б.* Крупнообломочные породы. Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Л.: Гостоптехиздат. Т. 2. 1958. 452 с.
10. *Гмид Л.П.* Опыт изучения обломочного кварца в песчано-алевритовых породах чокрака северо-восточного Кавказа // Докл. АН СССР. 1952. Т. 86, № 2. С. 70–82.
11. *Девис Дж. С.* Статистический анализ данных в геологии. М.: Мир, 1977. 571 с.
12. *Дмитриевский В.С.* О волнистом погасании кварца в горных породах и петрографическом значении этого явления. Воронеж: Воронежский госуниверситет, 1955. С. 12–23.
13. *Ишерская М.В., Романов В.А.* К стратиграфии рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1993. 35 с.
14. *Кац М.Я., Симанович И.М.* Кварц кристаллических горных пород (минералогические особенности и плотностные свойства). М.: Наука, 1974. 188 с.
15. *Князев В.С.* Некоторые данные о характеристике обломочного кварца в породах продуктивной толщи Азербайджанской СССР и ряда других отложений // Изв. АН СССР Сер. геол. 1951. № 4. С. 102–105.
16. *Козлов В.И.* Верхний рифей и венд на Южном Урале. М.: Наука, 1982. 128 с.
17. *Курбацкая Ф.А.* Методы исследования осадочных пород. Пермь: Пермский госуниверситет, 1986. 92 с.
18. *Курбацкая Ф.А.* Опыт изучения обломочного кварца в юрских терригенных породах в верховьях р. Весляны // Мат-лы конф. “Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского”. Пермь: Пермский госуниверситет, 2008. С. 92–97.
19. *Лапинская Т.А.* К вопросу о количественной характеристике формы зерен обломочных минералов // Советская геология. 1947. № 18. С. 156–163.
20. *Леммлейн Г.Г., Князев В.С.* Опыт изучения обломочного кварца. Изв. АН СССР. Сер. геол. 1951. № 4. С. 99–101.
21. *Логвиненко Н.В., Шуменко С.Н.* К изучению обломочного кварца // Докл. АН СССР. 1956. Т. 110, № 4. С. 151–186.
22. *Марданова С.Р.* Изучение типоморфизма кварца для анализа условий седиментации юрской толщи месторождения Потанай (Западная Сибирь) // Геодинамика нефтегазоносных бассейнов. Тез. Второй Междунар. конф. М.: РГУ нефти и газа, 2004. С. 156–157.
23. *Марданова С.Р., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И.* Вещественный состав и типы кварца из абалацкой толщи месторождения Потанай // Вестник МГУ. 2007. № 4. С. 50–54.
24. *Маслов А.В.* Литология верхнерифейских отложений Башкирского мегантиклинория. М.: Наука, 1988. 133 с.
25. *Маслов А.В.* Рифейские аркозовые комплексы Южного Урала // Литология и полез. ископаемые. 1990. № 4. С. 29–42.
26. *Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т.* Терригенные осадочные последовательности типового разреза рифея: соотношение процессов рециклинга и привноса “first cycle” материала // Геохимия. 2005. № 2. С. 151–181.
27. *Маслов А.В., Ишерская М.В.* Осадочные ассоциации рифея Волго-Уральской области (условия формирования и литофациальная зональность). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 286 с.
28. *Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковырков В.Н. и др.* Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 274 с.
29. *Преображенский И.А.* О формах зерен // Труды ГИН СССР. Вып. 21. Петрографич. сер. (№ 7). М.: АН СССР, 1940. С. 1–21.
30. *Пустовалов Л.В.* Петрография осадочных пород. М., Л.: Гостоптехиздат, 1940. 412 с.
31. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.

32. Рабочая схема стратиграфии и корреляции разрезов верхнего протерозоя Западной Башкирии (методические рекомендации). Уфа: БФАН СССР, 1981. 35 с.
33. Рухин Л.Б. Основы литологии. Л.: Гостоптехиздат, 1961. 779 с.
34. Симанович И.М. Типы и разновидности структурных дефектов обломочного кварца // Литология и полез. ископаемые. № 6. 1968. С. 53–65.
35. Симанович И.М. Определение первичных источников сноса по обломочному кварцу // Литология и полез. ископаемые. 1976. № 3. С. 50–59.
36. Симанович И.М. Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 153 с.
37. Симанович И.М., Ивенсен Г.В. О включениях минералов и минералообразующей среды в обломочном кварце // Литология и полез. ископаемые. 1972. № 5. С. 34–50.
38. Соболев И.Д., Автонец С.В., Белковская Р.П. и др. Тектоническая карта Урала м-ба 1 : 1 000 000 (объяснительная записка). Свердловск: Уралгеология, 1986. 168 с.
39. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2001. 81 с.
40. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: УГСЭ, 1993. 172 л.
41. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 184 с.
42. Страхов Н.В. Избранные труды Общие проблемы геологии, литологии и геохимии. М.: Наука, 1983. 640 с.
43. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
44. Ялышева А.И. Морфологические и типоморфные признаки кластогенного кварца как его генетические критерии // Мат-лы Всеросс. науч. конф. “Уральская минералогическая школа-2007”. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 464–468.
45. Ялышева А.И. Использование статистического анализа для установления генезиса кластогенного кварца // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Мат-лы 5 Всеросс. литолог. совещ. Т. II. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 224–227.
46. Янакурт О.В., Карпова Е.В., Ростовцева Ю.В. Литология (избранные лекции). М.: МГУ, 2004. 228 с.
47. Blatt H. Original characteristics of clastic quartz grains // J. Sediment. Petrol. 1967. V. 37, № 2. P. 256–267.
48. Folk R.L. The petrology of sedimentary rocks. Austin, Hemphills Publishing Company, Texas, 1980. 190 p.
49. Keller W.D., Littlefield R.F. Inclusions in the quartz of igneous and metamorphic rocks // J. Sediment. Petrol. 1950. V. 20, № 2. P. 74–84.
50. Krumbein W.C. Statistical models in sedimentology // Sedimentology. 1968. V 10, № 1 P. 7–23.
51. Krynine P.D. Microscopic morphology of quartz types // Pan-America Congress Mining and Geological Engineering. Annals of 2-nd Committee. 1946. P. 35–49.
52. Mackie W. The sand and sandstones of Eastern Moray // J. Geol. Soc., 1896.
53. Pettijohn F., Potter H., Siever R. Sand and sandstone. Berlin et al., Springer, 1972. 718 p.
54. Wadell H. Volume, shape and roundness rock particles // U.S. Geol. Surv. Bull. 1922. № 703. P. 34–68.
55. Wadell H. Sphericity and roundness of rocks particles // J. Geology. 1933 V. 41. P. 341–331.
56. Wadell H. Volume, shape and roundness quarts particles // J. Geology. 1935. V. 40. P. 443–453.
57. Wentworth C.K. A field study of the shapes of river pebbles // U.S. Geol. Surv. Bull. 1922. № 703. P. 74–102.

Рецензент О.В. Янакурт

Typomorphic features of clastic quartz from Precambrian sediments of Southern and Middle Urals

A. I. Yalysheva

Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

The investigations of typomorphic features of clastic quartz from “mute” Precambrian terrigenous sequences Bashkirian and Kvar Kush-Kamennogorsk anticlinoriums, as well as Kamsk-Belsk aulacogen and quartz of crystal rocks from the base of East-European platform are summarized in the paper. The study technique consisted of the research of metric and non-metric quartz typomorphic indications. The matrixes of data of sphericity, isometric and roundness of clastic quartz parameters and materials of researches of quartz crystal lattice defect were applied and statistically processed. The approbation of this method has been made on the reference quartz collection from different age both crystal and terrigenous rocks of Urals Mountains and West-Siberian platform. The criteria of “recognition” petrogenic or lithogenic nature of the clastic quartz in Precambrian terrigenic rocks of Bashkirian and Kvar Kush-Kamennogorsk anticlinoriums and Kamsk-Belsk aulacogen were established as a result of this work.

Key words: *the clastic quartz, metric and non metric typomorphic indications of quartz, petrogenic and lithogenic quartz, statistical analysis.*