

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛАСТОГЕННОГО КВАРЦА ИЗ БАЗАЛЬНЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

А. И. Ялышева

Изучение типоморфных разновидностей кластогенного кварца из базальных толщ Башкирского мегантиклинория приобретает особую актуальность, так как данная территория является стратотипической местностью рифейского разреза Северной Евразии. Полученные результаты представляют информацию об истории развития осадочного бассейна.

В ряде работ показывается, что существует возможность получить геологические данные о развитии осадочного бассейна в определенные временные уровни на основании результатов изучения статистических показателей морфогенетических значений кварца [3–6, 9–12]. Среди таких морфогенетических критериев кварца в данной работе были рассмотрены метрические типоморфные признаки – сферичность (ϕ), изометричность (I_z), окатанность (P) – и неметрические типоморфные разновидности, которые характеризуются как оптически определяемые виды дефектов кристаллической решетки кварца.

Источниками поступления кластогенного кварца в терригенные комплексы служили кварцсодержащие кристаллические и/или терригенные породы. В первом случае кластогенный кварц в осадочном комплексе будет рассматриваться как петрогенный, а во втором – как литогенный, т.е. прошедший несколько циклов седиментогенеза. Установление преобладающих петротипов источников кварца имеет важное палеогеографическое и стратиграфическое значение. С помощью полученной геологической информации можно сделать предположения об источнике этого минерала в пределах питающей провинции и на разных стратиграфических уровнях отследить изменения, произошедшие в областях питания бассейна. Особенно это приобретает значение при изучении “немых” докембрийских осадочных толщ, где компоненты осадка могут являться литологически значимыми критериями стратиграфической характеристики толщ.

Материалом исследования послужили терригенные породы базальных рифейских и вендских толщ Башкирского мегантиклинория (табл. 1).

Методика состояла в изучении в шлифах зерен кварца в статистически значимом диапазоне выборки. В среднем для геологического объекта, в данном случае – свиты, статистически значимой является выборка от 50 и более зерен [9–12]. Зерна преимущественно размерности 0.25–0.5 мм. Для морфогенетических признаков были определены централь-

ные тенденции с помощью таких статистических показателей, как интервалы наибольшей встречаемости, среднее арифметическое ($X_{ср}$), стандартное отклонение (σ), медиана (Md), мода (Mo), квартильные размахи ($Q_{25} - Q_{75}$), а также асимметрия (A) и эксцесс (E). Характеристики центральных тенденций позволяют получить качественные статистические выводы, на основании которых возможна геологическая интерпретация значений морфогенетических критериев кластогенного кварца.

Совокупность характеристик центральной тенденции для сферичности позволяет разделять петрогенную или литогенную форму зерен кварца в терригенной породе. Для этого может служить сравнение интервалов встречаемости и других статистических показателей значений сферичности зерен кварца. Показатель ϕ для зерен кварца из кристаллических пород обладает модальным интервалом значений 0.4–0.6 и является эталонным при сравнении с показателем ϕ для обломочного кварца. При этом выявлено, что зерна кварца первого цикла седиментации наследуют интервал встречаемости петрогенного кварца, а литогенный обладает сдвигом интервала ϕ в сторону значений 0.6–0.8 [1–3]. Данное положение находит подтверждение и при расчете других показателей центральной тенденции (табл. 2).

При рассмотрении интервалов встречаемости и центральных тенденций значений сферичности кластогенных зерен кварца из базальных толщ Башкирского мегантиклинория выделяются два типа характеристик (рис. 1а, табл. 3–4). Графики имеют нормальное распределение, т.е. каждая выборка зерен кварца принадлежит одной генеральной совокупности. Характеристики центральных тенденций значений сферичности зерен кварца из пород айской, зигальгинской и зильмердакской свит обладают значениями в пределах интервалов встречаемости 0.6–0.8. Квартильные размахи выборок имеют широкие диапазоны, но показатели средних арифметических и медиан попадают в пределы интервал 0.6–0.8. Такие же центральные тенденции можно наблюдать в большинстве случаев для сферичности зерен кварца литогенной природы.

Для вендских уровней показатели центральных тенденций сферичности зерен кварца тяготеют к значениям интервала 0.4–0.6. Квартильные размахи значений сферичности в пределах 0.4–0.8, но

Таблица 1. Базальные толщи рифейского и вендского возраста Башкирского мегантиклинория

№ п.п.	свита / подсвита	кол-во зерен	порода	привязка
1	куккараукская	62	лититовые песчаники	Стерлитамакский тракт
2	басинская	192	песчаники	Стерлитамакский тракт
3	урюкская	192	песчаники	Аралбаево
4	зильмердакская / бирьянская, лемезинская и бедерьшинская	477	аркозовые песчаники	Верхний Авзян, Малый Инзер, руч. Бирьян
5	зигальгинская	266	мономиктовые песчаники	Иркусканский, Новоакальский, Александровский, Петлинский и Буландихинский карьеры, Айгир
6	айская / навьшская, липовская и кисеганская	212	лититовые и аркозовые песчаники	Аршинский разрез, Малый Миасс, Липовые горы, Кисеганка

Таблица 2. Статистические показатели морфологических значений генетических типов кварца из кристаллических и терригенных пород Урала [3, 4]

№ п.п.	тип кварца	породы	сферичность		изометричность	
			$X_{cp} \pm \sigma$	Md	$X_{cp} \pm \sigma$	Md
1	петрогенный	магматические и метаморфические	0.501 ± 0.133	0.492	0.665 ± 0.177	0.7
2	первого цикла седиментации	терригенные осадочные	0.543 ± 0.119	0.551	0.662 ± 0.162	0.68
3	литогенный / рециклированный	терригенные осадочные	0.654 ± 0.141	0.646	0.734 ± 0.146	0.762
			464		464	
			423		423	
			777		777	

Примечание. В числителе: X_{cp} – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение; в знаменателе – вес выборки (количество зерен); Md – медиана выборки.

Таблица 3. Статистические показатели морфологии зерен кластогенного кварца базальных докембрийских свит Башкирского мегантиклинория

№ п.п.	свита/порода	сферичность		изометричность		окатанность
		$X_{cp} \pm \sigma$	Md	$X_{cp} \pm \sigma$	Md	Mo
1	куккараукская/песчаник	0.601 ± 0.125	0.584	0.731 ± 0.155	0.72	4
2	басинская/песчаник	0.566 ± 0.144	0.572	0.691 ± 0.155	0.699	4
3	урюкская/песчаник	0.58 ± 0.147	0.577	0.652 ± 0.155	0.636	5
4	зильмердакская/песчаник	0.61 ± 0.143	0.61	0.7 ± 0.155	0.61	5
5	зигальгинская/песчаник	0.633 ± 0.136	0.647	0.703 ± 0.155	0.728	5
6	айская/песчаник	0.657 ± 0.143	0.619	0.657 ± 0.155	0.667	5
		52		52		
		192		192		
		192		192		
		477		477		
		266		266		
		212		212		

Примечание. В числителе: X_{cp} – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение; в знаменателе: вес выборки (количество зерен); Md – медиана выборки; Mo – мода выборки.

Таблица 4. Статистические характеристики графиков распределения сферичности для зерен кластогенного кварца из базальных свит Башкирского мегантиклинория

№ п.п.	свита/порода	n	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₇₅	A	E
1	куккараукская/песчаник	52	0.52	0.584	0.691	0.096	-0.198
2	басинская/песчаник	192	0.49	0.572	0.656	-0.824	1.646
3	урюкская/песчаник	192	0.486	0.577	0.68	0.184	-0.433
4	зильмердакская/песчаник	477	0.514	0.61	0.61	-0.336	0.467
5	зигальгинская/песчаник	266	0.5425	0.647	0.7345	-0.516	0.233
6	айская/песчаник	212	0.485	0.619	0.706	-0.592	0.0886

Примечание. n – вес выборки, Q – квартиль, A – асимметрия, E – эксцесс.

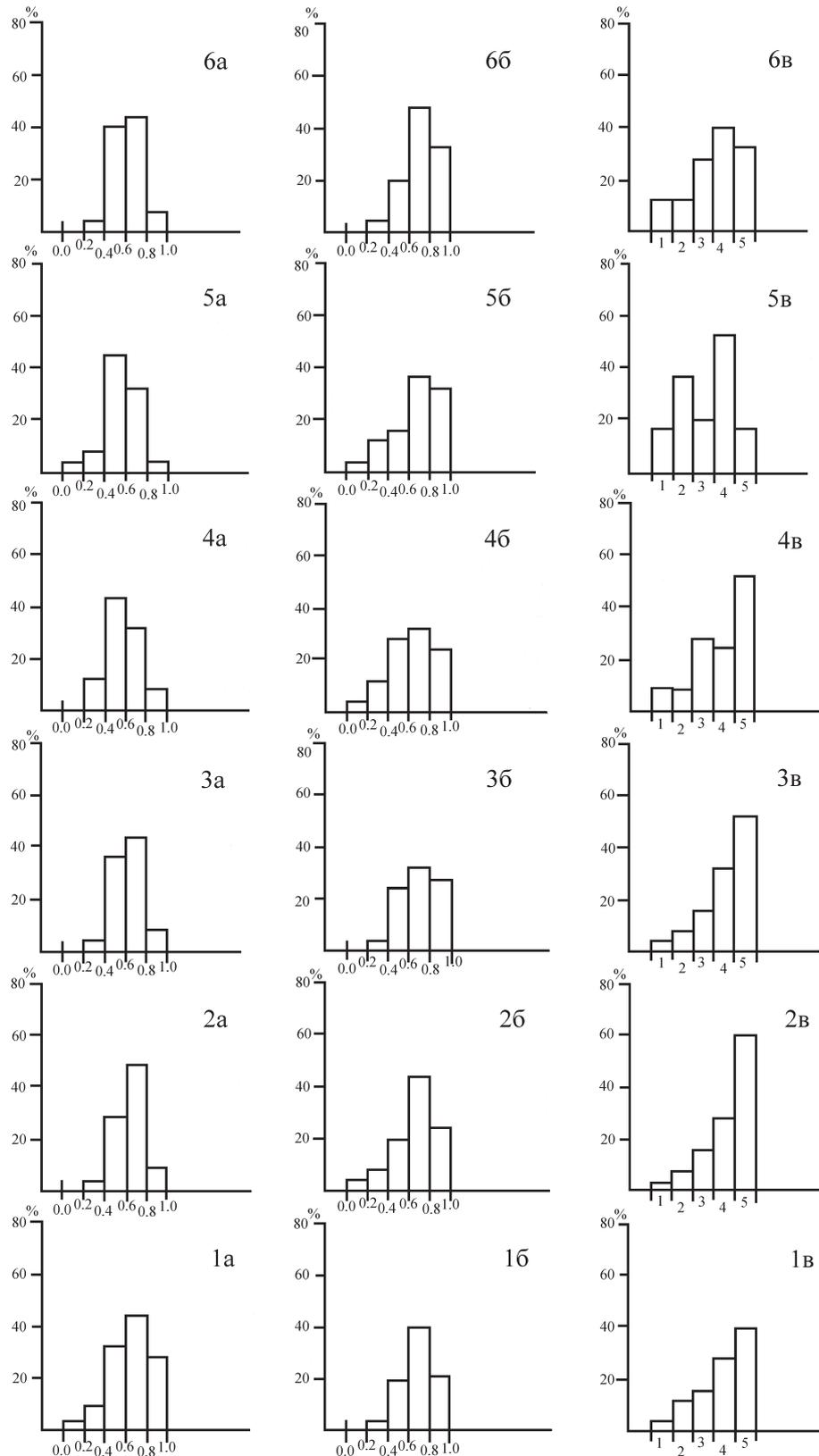


Рис. 1. Графики распределения морфологических признаков кластогенных зерен кварца из базальных терригенных толщ Башкирского мегантиклинория.
 а – сферичность, б – изометричность, в – округленность; свиты: 1 – айская, 2 – зигальгинская, 3 – зильмердакская, 4 – урюкская, 5 – басинская, 6 – куккараукская.

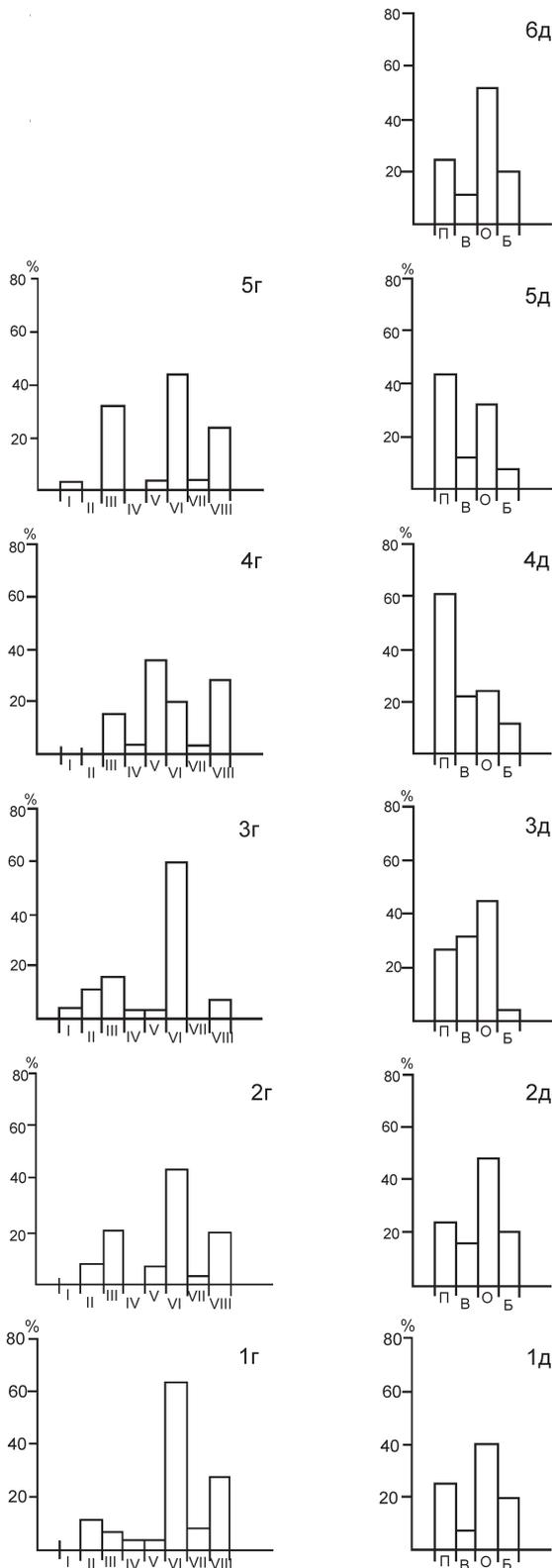


Рис. 2. Графики распределения типоморфных разновидностей кластогенных зерен кварца из базальных терригенных толщ Башкирского мегантиклинория.

г – типоморфные разновидности, д – оптически определяемые структурные дефекты; цифровые обозначения см. рис. 1.

большая часть выборки, как показывают средние арифметические и медианы, обладают значениями в пределах 0.4–0.5. Данные показатели интервала встречаемости сферичности зерен кварца из урюкской и басинской свит характерны для сферичности зерен кварца первого цикла седиментации. Исключением являются значения сферичности для кварца из куккараукской свиты, где также значения сферичности указывают на его преимущественно литогенную природу.

Изометричность формы зерен кварца определялась как отношение наибольшего поперечного сечения к наименьшему. Была выбрана шкала интервалов: 0.0–0.2 – резко анизометричные (продолговатые, сильно вытянутые вдоль одной оси поперечного сечения), 0.2–0.4; 0.4–0.6 – анизометричные (удлиненные, вытянутые по одной оси), 0.6–0.8 – изометричные, 0.8–1.0 – сильно изометричные (форма зерна приближается к кругу). Интервалы встречаемости и центральные тенденции для значений изометричности морфологии кварца из рифейских и вендских толщ являются однотипными (рис. 1б, табл. 3). Все исследуемые зерна обладают изометричной формой, но при этом показатели центральной тенденции для кварца из рифейских уровней более тяготеют к значениям изометричности литогенного кварца.

Округленность зерен оценивалась в баллах, где 1 – остроугольные, 2 – угловатые/неокругленные, 3 – полуокругленные, 4 – округленные, 5 – хорошо округленные. Значения моды и интервалов встречаемости для окатанности зерен кварца рифейских и вендских уровней являются однотипными (рис. 1в, табл. 3). Модальные значения указывают, что наблюдаются чаще всего округленные и хорошо округленные зерна кварца. Данный результат не согласуется с полученными выводами для критериев сферичности и изометричности кварца из вендских толщ, так как кварц первого цикла седиментации, в большинстве случаев, имеет низкий показатель округленности [12]. Такое расхождение фактических выводов можно объяснить тем, что округленность как критерий формы зерен больше отражает условия среды седиментации, т.е. фациальную, а не генетическую принадлежность кластогенного кварца [13]. Высокие показатели округленности характерны для зерен кварца испытавших интенсивное гидродинамическое воздействие прибрежно-морских и речных обстановок, которые были наиболее распространены в рифейско-вендском бассейне.

Неметрическими типоморфными разновидностями были рассмотрены следующие признаки кварца: 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

(VM); V – BMS + VM; VI – BMS + CD; VII – VM + CD; VIII – VM + BMS + CD. Интервалы встречаемости типоморфных разновидностей изученных зерен также являются однотипными, за исключением графика распределения для зерен кварца из пород урюкской свиты (рис. 2г). В среднем преобладает кварц со структурными дефектами и включениями минералообразующей среды. Для зерен кварца из урюкской свиты преобладает кварц с включениями минералообразующей среды и включениями минералов. Исследование типоморфизма не дает четких показателей для разделения зерен кварца ни по стратиграфическим уровням, ни по отношению к петротипу источников кварца. Интенсивная переработка минерала в осадочном бассейне существенно снижает достоверность выводов по данному критерию.

Отдельно рассматривалось статистическое распределение зерен с оптически определяемыми структурными дефектами кристаллической решетки, которые определялись в поляризованном свете микроскопа. Было проведено ранжирование кластогенного кварца с ровным угасанием, т.е. без оптически определяемых структурных дефектов (П), с волнистым угасанием (В), облачным угасанием (В), с блочным угасанием (Б). Интервалы встречаемости оптически определяемых структурных дефектов для зерен кварца из рифейских и вендских свит имеют расхождение (рис. 2д). Зерна кварца из пород айской, зигальгинской и зильмердакской свит имеют преимущественно облачное угасание. Кластогенному кварцу из песчаников урюкской и басинской свит более свойственно ровное угасание, а из куккараукской свиты – облачное. Такие различия могут свидетельствовать, что кварц из рифейских толщ и из куккараукской свиты претерпел более существенную деформацию кристаллической решетки. Данная деформация кварца, как показали исследования И.М. Симановича [5, 9], обусловлена процессами катаклаза и/или динамометаморфизма.

Проведенное исследование статистических показателей морфогенетических критериев зерен кластогенного кварца из базальных толщ Башкирского мегантиклинория может свидетельствовать, что в рифейское время существовал единый петрофонд питающей провинции, состав которого изменился в вендское время. В рифейское время в осадочный бассейн поступал преимущественно литогенный кварц, а в вендское время – существенно петрогенный.

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; 7]. В вендское время произошла активизация тектонических движений в области восточной окраины Восточно-Европейской платформы [7], произошло изменение источников сноса и кластогенный материал существенно обо-

гатился петрогенным кварцем из выведенных на базис эрозии магматических и метаморфических комплексов платформы.

Установленные морфогенетические различия зерен кварца позволяют рассматривать эти различия как вспомогательный критерий для расчленения двух стратиграфических уровней докембрия Башкирского мегантиклинория.

Исследования выполнены в рамках интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анфимов Л.В.* Критерии происхождения кластогенного кварца в терригенных породах Западного Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: ПГУ, 2006. С. 60–62.
2. *Анфимов Л.В.* Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория. Екатеринбург: ИГГ 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.* Сферичность зерен кластогенного кварца из песчаников как индикатор природы источников при формировании осадков этих пород в геологическом прошлом // Минералогия Урала – 2007. Миасс-Екатеринбург: ИМин УрО РАН, Ильмен. гос. запов., 2007. С. 298–300.
5. *Кац М.Я., Симанович И.М.* Кварц кристаллических горных пород. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 259. М.: Наука, 1974. 187 с.
6. *Леммлейн Г.Г., Князев В.С.* Опыт изучения обломочного кварца // Изв. АН СССР, сер. геол. 1951. № 4. С. 156–159.
7. *Романов В.А.* Типовые разрезы докембрия Южного Урала. М.: Наука, 1973. 130 с.
8. *Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т.* Тирригенные осадочные последовательности типового разреза рифея: соотношение процессов рециклинга и привноса “first cycle” материала // Геохимия, 2005. № 2. С. 151–181.
9. *Симанович И.М.* Кварц песчаных пород. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 314. М.: Наука, 1978. 152 с.
10. *Ялышева А.И.* Использование статистического анализа для установления генезиса кластогенного кварца // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: мат-лы 5-го Всерос. литолог. совещ. Т. 2. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 464–468.
11. *Ялышева А.И.* К генезису кластогенного кварца из вендского седиментационного бассейна (Кваркушко-Каменогорский мегантиклинорий. Средний Урал) // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 151–158.
12. *Ялышева А.И.* Морфологические и типоморфные признаки кластогенного кварца как его генетические критерии // Уральская минералогическая школа-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 224–227.
13. *Pettijohn F., Potter H., Siever R.* Sand and sandstones. Springer-Verlag OHG, Berlin e.a. 1972. P. 618.