

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ ОБЛОМКОВ ПОРОД ИЗ ПОТОКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ДОКЕМБРИЯ И ПАЛЕОЗОЯ (ЮЖНЫЙ И СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2013 г. А. И. Ялышева

Характеристика морфологии кластогенных частиц (обломков пород и зерен) – это один из источников для понимания процессов и условий формирования, захоронения и рециклинга древних осадков. Исследование морфологии обломков пород и минералов из терригенных отложений является важным инструментом верификации при палеогеографических и литолого-фациальных построениях.

В настоящее время в зарубежных публикациях заметно возрос интерес к изучению морфологии обломков, к сожалению, практически полностью утраченный в отечественных исследованиях. Особенно востребовано морфометрическое изучение кластогенных частиц при моделировании процессов трансформации под воздействием разных агентов транспортировки. Благодаря этому, была создана значительная база данных по морфологии различных по составу и истории формирования обломков пород [11, 18, 19, 20, 21, 22, 24].

Основными признаками облика обломков пород являются показатели округленности, сферичности, факторов формы (коэффициенты формы  $F$  и  $S$ ). В целом этот набор морфометрических критериев показывает степень окатанности кластики. Здесь хотелось бы обратить внимание на то, что каждый из критериев формы обломков несет свой генетический смысл, отвечающих за отдельные особенности условий формирования осадка. Например, числовые значения округленности согласно экспериментальным данным [7] позволяют определять состояние, на которое были перемещены кластогенные компоненты от источника сноса до области захоронения осадка.

Факторы формы могут использоваться для детализации при восстановлении агентов седиментации [9, 10, 11, 15, 16, 17]. Так, по данным Дж. Добкински и Р. Фолка [13], обломки пород из современных речных отложений обладают изометричным и эллипсоидным обликом, а в морских пляжных отложениях больше всего обломков с плоской, очень плоской и эллипсоидной формой.

### МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из конгломератов куккараукской свиты ашинской серии верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория (Южный Урал), а также усмановской свиты московского яруса среднего карбона

восточного склона Среднего Урала, кошелевской свиты кунгурского яруса и урминской свиты артинского яруса нижней перми Предуральяского прогиба (Средний Урал) в сумме было отобрано 2000<sup>1</sup> галек размером от 4 до 6 см.

Гальки конгломератов куккараукской свиты были отобраны из разрезов А11-21-1, А11-22 и А12-28 вдоль трасс Уфа–Магнитогорск и Уфа–Белорецк, а также в обнажении р. Кук-Караук. Конгломераты в этих разрезах представлены олигомиктовыми литокластовыми средне-крупногалечными и валунными образованиями с песчаным кварцевым матриксом. Они на 80% состоят из обломков кварцитов и кварцито-песчаников, реже встречаются крупные обломки молочно-белого разлистованного жильного кварца (10%) и сланцы (10%). Конгломераты плотные с массивной глыбовой слоистостью. Сгруженность обломков может быть как умеренной, так и высокой – местами гальки очень плотно прилегают друг к другу. Наряду с угловатыми встречаются и довольно хорошо округленные обломки [8].

Отложения из разреза А11-30 (трасса Уфа–Белорецк) представлены полимиктовыми (состоят из обломков песчаников, кварцитов, вулканитов и сланцев) мелко-среднегалечниковыми массивными конгломератами. Сгруженность обломков высокая – практически вдоль всего обнажения можно наблюдать гальки, которые плотно прилегают друг к другу. Сортировка обломков от умеренной до хорошей. Округленность галек независимо от состава очень хорошая [8].

Отложения куккараукской свиты по данным Ю.Р. Беккера [2] представляют собой пролювиально-аллювиальные образования.

Образцы галек конгломератов усмановской свиты московского яруса (А12-1) были отобраны из элювиальных россыпей г. Козья (р. Багаряк, д. Усманово). Отложения представлены мономиктовыми известняковыми средне- и крупногалечными и валунными конгломератами с невысоким содержанием глинистого и песчаного матрикса. Гальки на 90% состоят из пелитоморфных темно-серых и светлых органогенных известняков с обломка-

<sup>1</sup> Согласно данным [15, 16], статистически репрезентативными считаются результаты значений коэффициентов формы, которые приведены по выборке 250 галек для каждого исследуемого объекта.

ми ругоз и табулят, брахиопод и др. Встречаются также гальки темно-зеленых вулканитов (основного состава) и кремней. Сгруженность обломков неравномерная; встречаются участки, где гальки и валуны плотно прилегают друг к другу. Сортировка от умеренной до плохой. Округленность у обломков известняков очень хорошая, вулканиты практически не окатанны.

Данные конгломераты были сформированы как пролювиальные конусы выноса в условиях жаркого аридного климата с очень близко расположенного источника сноса [1, 6].

Материал из конгломератов урминской свиты артинского яруса нижней перми был отобран из разрезов (А12-3-61 и А12-3-62) левого берега р. Усьва (выше устья р. Ломовка, в 2.3 км выше пос. Мыс). Отложения здесь представлены средне- и крупногалечными конгломератами с небольшим количеством валунов. Состав полимиктовый, гальки представлены преимущественно известняками (40–50%) и кварцевыми песчаниками (30–40%), около 20% приходится на долю галек вулканитов и кремней. Цемент конгломератов карбонатный, крепкий. Можно наблюдать, что гальки ориентированы преимущественно в одном направлении. Сгруженность разнообразная, сортировка от умеренной до плохой. Округленность обломков пород весьма хорошая.

Рассмотренные конгломераты артинского яруса по структурно-текстурным особенностям, относятся к потоковым гравитационным отложениям – турбидитам [5].

Гальки из отложений кошелевской свиты кунгурского яруса нижней перми были отобраны на правом берегу р. Чусовой, в 2 км ниже д. Попово (разрез А12-3-5). Конгломераты здесь крупно- и мелко-среднегалечные полимиктового состава с песчаным матриксом. В составе галек встречаются кварциты (разные по составу), кремни, известняки, доломиты, вулканиты основного состава. Сгруженность обломков неравномерная, сортировка хорошая. Гальки обладают хорошей и очень хорошей округленной формой.

Терригенный комплекс уфимского яруса интерпретируется как аллювиально-дельтовые отложения<sup>2</sup>.

Таким образом, несмотря на разный петрографический состав конгломератов, все исследованные отложения представлены потоковыми образованиями разных генетических типов – пролювиальными, аллювиальными, аллювиально-дельтовыми и турбидитами.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существует несколько наиболее используемых в мировой практике классификаций формы обломков пород.

В данном исследовании была применена методика Снида и Р. Фолка [23], по которой для вычисления коэффициентов формы вводятся параметры трехосного эллипсоида, а именно проводится измерение трех основных осей:  $L$  – наибольшей,  $I$  – средней и  $S$  – наименьшей.

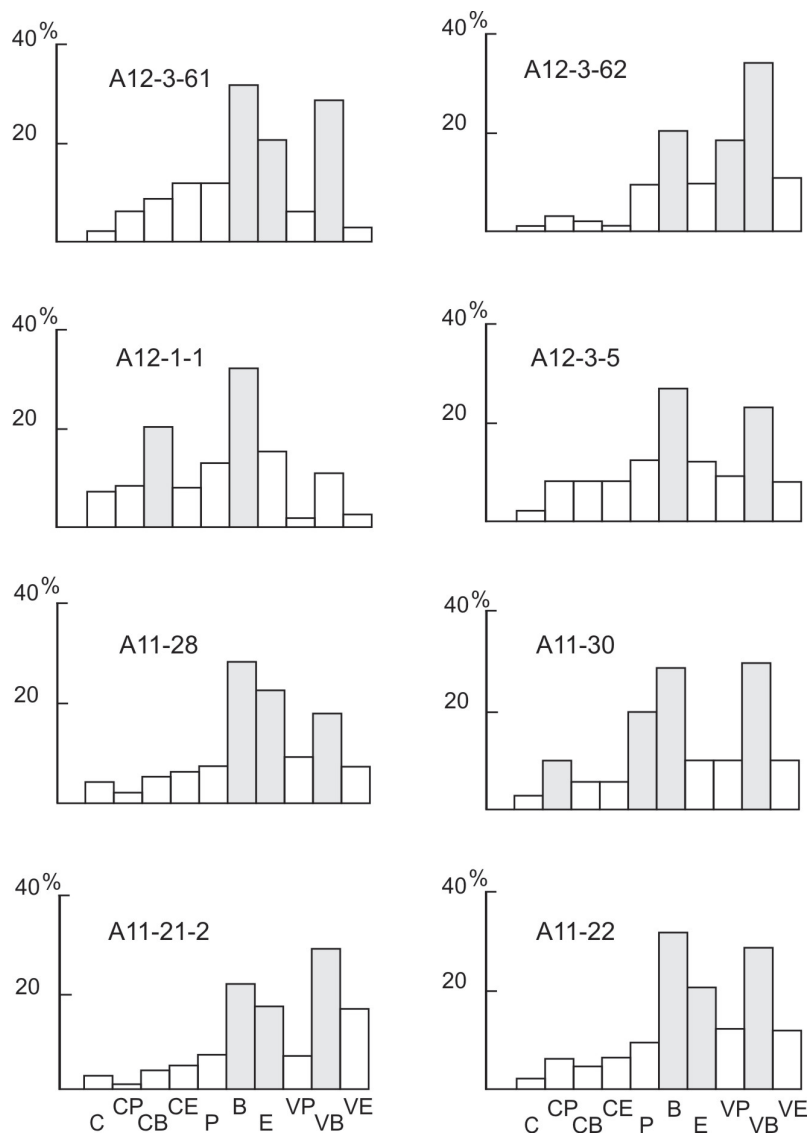
В основе упомянутой классификации лежат коэффициент формы  $F$  и коэффициент изометричности  $S$ , которые получены как различные виды соотношений значений осей. Обломки пород, которые имеют плоскую (*platy*) форму обладают значениями  $F \leq 0.33$ . Для эллипсоидных (*bladed*) частиц в среднем характерны значения  $F$  от  $0.33 < F < 0.67$ . Обломки пород с продолговатой (*elongate*) формой обладают значениями  $F \geq 0.67$ . По величине  $S$  классификация обломков включает ранжирование на: изометричные (*compact*), для которых характерны значения  $S \geq 0.7$ ; при значениях  $S$  от 0.5 до 0.7 кластогенные частицы обладают изометрично-плоской (*compact platy*), изометрично-эллипсоидной (*compact bladed*) или изометрично-продолговатой (*compact elongate*) формой. Очень плоские (*very platy*), очень эллипсоидные (*very bladed*) или очень продолговатые (*very elongate*) обломки обладают значениями коэффициента  $S \leq 0.3$  [11, 12].

Количественные характеристики морфологических типов обломков из различных интервалов геологической летописи могут быть сопоставлены с результатами, полученными для современных осадков. Для этой цели мы используем модельные SF-диаграммы и программный комплекс “Graham and Midgley’s spreadsheet method” [15, 16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ значений коэффициентов формы обломков кварцитов, кварцевых песчаников и жильного кварца (венд) из обнажений А11-21 и А11-22 показал следующее (рис. 1). Приблизительно 20–30% исследованных обломков представлено совокупностью обладающей коэффициентами формы  $F$  от 0.30 до 0.48, что, отвечает обломкам с весьма эллипсоидной формой. Около 10–15% обломков обладают значениями коэффициентов формы, которые позволяют отнести их к группе собственно эллипсоидных. В обнажениях А11-21 и А11-22 практически не представлена группа обломков с изометричной формой, в среднем популяция данного типа составляет всего 5% в выборке. Высокие содержания обломков с весьма эллипсоидной и собственно эллипсоидной формами и низкими долями в группах с изометричной и плоской формами, согласно данным [12], фиксируют короткое время воздействия абразии на форму обломочного материала. Исключением является совокупность кварцевых обломков из обнажения А11-28 и А11-30. Для них установлено повышенное содержание изометричных и плоских форм.

<sup>2</sup> Мизенс, устное сообщение



**Рис. 1.** Распределения морфологических типов обломков пород из конгломератов верхнего докембрия и палеозоя Урала.

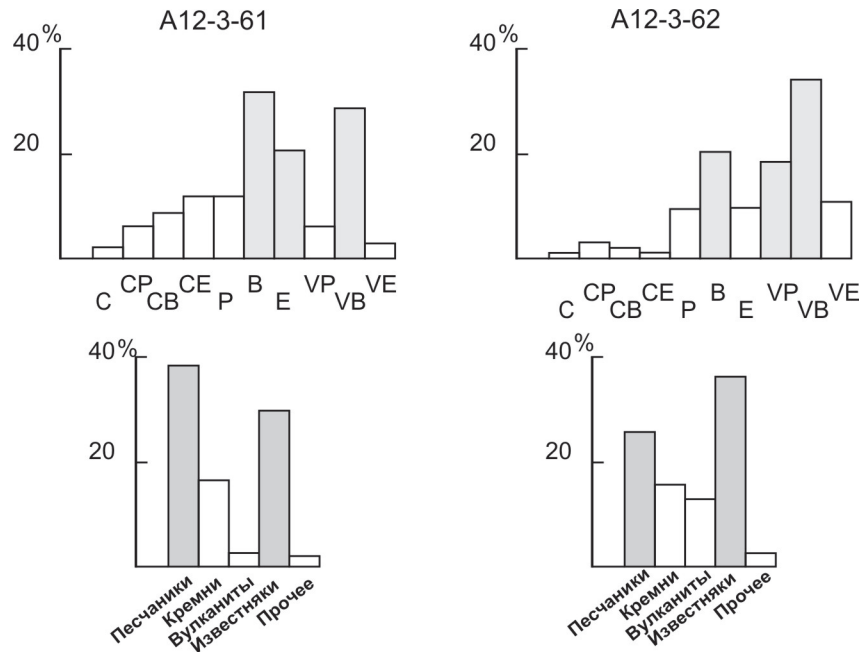
C – Compact, CP – Compact Platy, CB – Compact Bladed, CE – Compact Elongate, P – Platy, B – Bladed, E – Elongate, VP – Very Platy, VB – Very Bladed, VE – Very Elongate.

A12-3-61, A12-3-62 – артинский ярус ( $P_1$ ); A12-3-5 – кунгурский ярус ( $P_2$ ); A12-1-1 – московский ярус ( $C_2$ ); A11-30, A11-28, A11-22, A11-21-2 – куккараукская свита ( $V_2$ ).

Исследование формы обломков карбонатных пород из разреза усмановской свиты среднего карбона (A12-1) показало, что наибольшее количество галек обладают эллипсоидным (около 24%), изометрично-эллипсоидным (16%) обликом. На морфотипы обломков с продолговатой и плоской формами приходится по 13 и 12% соответственно (рис. 2). Средние значения коэффициента  $F$  составляют около 0.43–0.44, коэффициента  $S$  – около 0.35. Возможно, высокая доля обломков с изометричной формой связана с составом исследуемых пород, а именно, по данным [12], коралловые карбонатные породы независимо от обстановок седиментации приобретают изометричную форму.

Как представлено на рис. 1 и 2, по морфологии гальки из отложений урминской свиты гравитационных потоков (A12-3-61 и A12-3-62) обладают двумя типами распределения. Было выявлено, что для конгломератов из первого разреза характерно преобладание очень эллипсоидных (31%), эллипсоидных (17%) и очень плоских (15%) форм обломков пород, также было отмечено высокое содержание обломков с изометричной формой (до 10%).

Во втором случае (разрез A12-3-62) было зафиксировано большое количество кластики с очень плоской (более 30%) и продолговатой (15%) формой; по сравнению с предыдущим разрезом заметно снижается содержание обломков с эллипсоид-



**Рис. 2.** Особенности распределения морфологических типов обломков пород и петрографического состава конгломератов артинского яруса.

ным обломком ( $\approx 20\%$ ). Значения коэффициентов F и S тоже достаточно сильно варьируют: для первого разреза они составляют 0.50 и 0.42; для второго – 0.19 и 0.29 соответственно.

Различия в морфотипах обломков для разрезов A12-3-61 и A12-3-62 возможно заключается в том, что турбидиты формируются очень быстро, за счет обрушения больших масс осадков разного генезиса (прибрежно-морских и/или дельтовых аллювиальных) вниз по склону [4]. Таким образом, форма обломков, скорее всего, наследуется от предыдущих условий седиментации, т.к. в кратчайшие сроки формирования гравитационных потоков, истирание кластики скорее всего не успевают происходить.

В первом случае (A12-3-61) в составе конгломератов, как это видно на рис. 2, преобладают песчаники, именно они дают на наш взгляд высокие содержания галек с эллипсоидной и изометричной формой. В свою очередь, такая форма обломков песчаников приобретает при длительной транспортировке осадка в речном потоке [12]. Во втором типе разреза A12-3-62 основным компонентом конгломератов являются известняки (граноморфные и биоморфные), и именно с их преобладанием в составе конгломератов мы связываем увеличение доли очень плоских и очень эллипсоидных форм в распределении морфотипов.

Для обломков разных пород из конгломератов кошелевской свиты кунгурского яруса (A12-3-5) характерны эллипсоидная (28%), очень плоская (19%) и продолговатая (11%) формы. Содержание обломков с изометричной формой составляет мень-

ше 8% в выборке. Средние значения коэффициента F **равняются приблизительно 0.49**; а для коэффициента S **составляют 0.37**. **Распределение морфологических типов обломков пород из конгломератов уфимского яруса более всего соответствует распределениям современных аллювиальных отложений.**

В настоящее время в мировой практике благодаря исследованиям современных флювиальных, гляциофлювиальных, моренных, криогенных (коллювий и элювий), морских прибрежных осадков сформирована база для исследования морфологических типов обломков с помощью SF-диаграмм. Установлено и описано несколько закономерностей распределения морфологических типов обломков разных по составу пород [12, 13, 16, 18, 21] (рис. 3).

Благодаря созданной базе данных для современных отложений разного генезиса, мы имеем возможность сравнить установленные распределения морфотипов обломков пород древних отложений, что, в конечном счете, позволит детализировать их генезис.

Как представлено на рис. 3, в большинстве случаев для обломков пород из конгломератов куккураукской свиты (графики 16–17), московского (график 21), кунгурского и артинского ярусов (график 22 и 24) фигуративные точки тяготеют в основном к центральной и верхней области треугольников. Сопоставление SF-диаграмм построенных для галечников современных обстановок седиментации (графики 3–7) и исследованных нами конгломератов показало, что фигуративные точки коэффициентов формы обломков приходится на поле аллювиальных осадков.

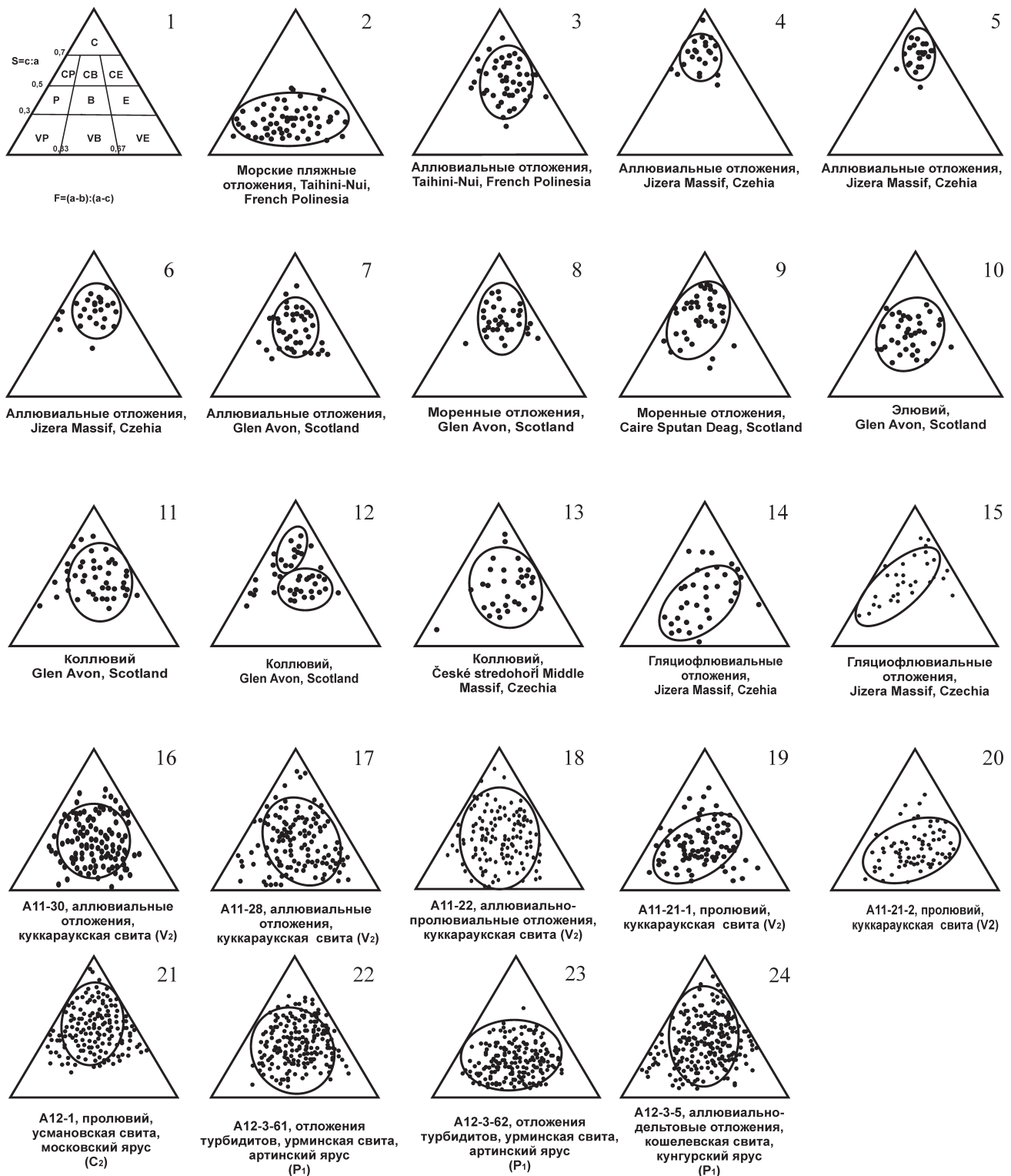


Рис. 3. SF – диаграммы для обломков пород из отложений разного генезиса.

1 – модельная SF диаграмма [23]; 2–4 – современные отложения [13]; 4–6, 14–15 – отложения среднего плейстоцена [19]; 7–12 – современные отложения [15]; 13 – современные отложения [21]; 16–20 – кукурауцкая свита верхнего венда Южного Урала; 21–24 – палеозойские отложения Среднего Урала.

Исключением являются конгломераты кукурауцкой свиты из разреза А11-21 (график 19–20), для которых было установлено, что фигуративные точ-

ки коэффициентов формы обломков занимают поле гляциофлювиальных осадков. В целом, для терригенных пород кукурауцкой свиты Башкирского

мегантклинория с помощью методов коэффициентов формы и SF-диаграмм были установлен как аллювиальный, так и гляциофлювиальные типы отложений. Данная комбинация чаще всего встречается в строении пролювиальных шлейфов [3]. Таким образом, различия в распределении по классам форм обломков конгломератов куккараукской свиты, возможно, свидетельствует в пользу того, что мы имеем дело лишь с разными частями конуса выноса в пределах единого литологического комплекса.

Также несколько по-иному на SF-диаграммах локализуются фигуративные точки коэффициентов формы гальки из конгломератов артинского яруса разреза А12-3-62 (график 23). Основная доля фигуративных точек для конгломератов занимает нижнюю часть диаграммы, что сопоставимо с распределением значений морфотипов обломков пород зафиксированных для современных прибрежно-морских осадков, в то время как генезис конгломератов был установлен как потоковый. Возможно, карбонатный состав обломков конгломератов несколько искажает картину распределения точек на диаграмме.

*Исследования выполнены в рамках Интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН "Субдукционные и орогенные осадочные бассейны Северной Евразии: индикаторные литологические и изотопно-геохимические характеристики, минерагения" № С-1014 и при финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-05-00497 и № 12-05-31361 мол\_а.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бежаев М.М. Флишевая формация восточного склона Урала. Свердловск: Ср-Ур. кн. изд. 1978. 207 с.
2. Беккер Ю.Р. Позднедокембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 1968. 160 с.
3. Булл У. Выявление в стратиграфическом разрезе отложений пролювиальных конусов выноса // Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М.: Мир, 1974. С. 87–110.
4. Лидер М. Р. Седиментология. М.: Мир, 1986. 439 с.
5. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш западного Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 229 с.
6. Мизенс Г.А., Степанова Т.И., Кучева Н.А. Восточные зоны Среднего Урала в карбоне (эволюция бассейнов осадконакопления и особенности палеотектоники) // Литосфера. 2012. № 4. С. 107–126.
7. Разушихин Н.В. Экспериментальные исследования эволюции окатанности обломков горных пород. Л.: ЛГУ, 1965. 66 с.
8. Яльшева А.И. Петрографические особенности отложений куккараукской свиты ашинской серии венда (Южный Урал) // Ежегодник-2011. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 159. 2012. С. 144–148.
9. Benn D.I. Clast morphology / A practical guide to the study of glacial sediments (Eds. D.J.A. Evans, D.I. Benn). London: Arnold., 2004. P. 78–92.
10. Benn D.I., Ballantyne C.K. The description and representation of particle shape // Earth Surface Processes and Landforms. 1993. № 18. P. 665–672.
11. Blott S.J., Pye K. Particle shape: a review and new methods of characterization and classification // Sedimentology. 2008. № 55. P. 31–63.
12. Cheel R.J. Introduction to clastic sedimentology. Department of Earth Sciences, Brock University St. Catharines, Ontario, Canada. 2005. <http://www.brocku.ca/sedimentology>.
13. Dobkins J.E., Folk R. I. Shape development on Tahiti-Nui // Journal of Sedimentary Petrology. 1970. V. 40, № 4. P. 1167–1203.
14. Domokos, G., A. Sipos, T. Szabó, P. Várkonyi Pebbles, shapes, and equilibria // Mathematical Geosciences. 2010. № 42. P. 29–47.
15. Graham D.J., Midgley N.G. An Excel spreadsheet for the preparation of triangular (ternary) diagrams for particle shape and tri-variate data. 2006. <http://www.davidgraham.org.uk>.
16. Graham D.J., Midgley N.G. Graphical representation of particle shape using triangular diagrams – An Excel spreadsheet method // Earth Surface Processes and Landforms. 2000. V. 25. P. 1473–1477.
17. Illenberger W.K. Pebble shape (and size!) // Journal of Sedimentary Petrology. 1991. V. 61. P. 756–767.
18. Nývlt D., Hoare P. G. Petrology, provenance and shape of clasts in the glaciofluvial sediments of the Mníšek member, northern Bohemia // Czechia. Sbor. geol. Věd. Antropozoikum. 2011. № 27. P. 5–22.
19. Nývlt D., Košler J., Mlěoch B. et al. The Mendel Formation: Evidence for Late Miocene climatic cyclicity at the northern tip of the Antarctic Peninsula // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2011. № 299. P. 363–384.
20. Oakey R.J., Green M., Carlin P.A., Lee M., Sear D.A., Warburton J. Grain-shape analysis – a new method for determining representative particle shapes for populations of natural grains // Journal of Sedimentary Researches. 2005. V. 75. 2005. P. 1065–1073.
21. Raška P. Types and character of geomorphic processes on a central european low-altitude scree slope (NW Czechia) and their environmental interpretation // Moravian geographical reports. 2010. V. 18. P. 11–19.
22. Shine F.M. Shape analysis of detrital quartz grains and its environment of deposition of Holocene sediments along the Karotoya River, Bogra, Bangladesh // Journal of GeoEnvironment. 2006. № 6. P. 54–63.
23. Sneed E.D., Folk R.L. Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis // Journal of Geology. 1958. V. 66. P. 114–150.
24. Szabó T., Domokos G. A new classification system for pebble and crystal shapes based on static equilibrium points // Central European Geology. 2010. V. 53, № 1. P. 1–19.