

А. Б. ВИСТЕЛИУС

**ОБ ОКАТАННОСТИ КВАРЦЕВЫХ ПЕСЧИНОК БЕЛИНСКОГО
БАНКА (ДЕЛЬТА ВОЛГИ)**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 2 IX 1948)

Целью настоящей работы является исследование окатанности кварцевых песчинок аллювия р. Волги для выяснения однородности окатанности кварца, что важно для суждения о том, чем является кварц аллювия Волги — результатом многократного переотложения кварца пород фундамента, поступившего из него в палеозое, или результатом смешения разнородного материала, часть которого поступила из верховьев Волги, а часть переотлагается из молодых осадков нижнего течения реки.

Работа была предпринята в связи с исследованием генезиса продуктивной толщи Апшеронского полуострова. Материалом для исследования послужила проба тонкозернистого песка из района Белинского банка*.

Для определения окатанности проба песка весом около 500 г была просеяна и из нее выделена фракция, прошедшая через сито с отверстиями 0,3 мм и оставшаяся на сите с отверстиями 0,2 мм. Это была наиболее крупнозернистая фракция изучаемого аллювия. Из отсеянной пробы была произведена точечная выборка зерен кварца, из которых готовились иммерсионные препараты на глицерине. В полученных препаратах зерна были приведены легким движением в наиболее устойчивое положение и была произведена зарисовка 200 зерен с помощью рисовального прибора на микроскопе Лейца с окуляром 3 и объективом 2. После зарисовки зерен производились необходимые измерения их для получения коэффициента окатанности (мы его будем обозначать K) Ваделя⁽¹⁾**. Итоги работы по определению K , сведенные в ряд распределения частот, приведены в табл. 1***.

Т а б л и ц а 1

Величина K	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	Σ
Число зерен	1	2	10	33	26	40	23	25	20	12	5	2	1	200

* Образец песка с Белинского банка был любезно передан нам проф. М. В. Кленовой.

** Определение коэффициентов окатанности произведено А. А. Кухаренко и А. С. Ивановым. В работе⁽¹⁾ этот коэффициент обозначен K_2 .

*** Коэффициенты окатанности определялись только у кварцевых зерен, каждое из которых индивидуально идентифицировалось.

Рассмотрение данных табл. 1 и рис. 1 показывает, что распределение песчинок по степени окатанности крайне неравномерно и является скорее всего результатом смешения песка различного происхождения. При этом постепенное уменьшение числа частот к периферии и механизм окатывания, заключающийся в воздействии на песчинку массы мелких причин, говорят о том, что распределение песчинок из одного источника будет следовать скорее всего нормальному закону, который, судя по имеющимся данным, хорошо аппроксимирует распределение различных коэффициентов окатанности (2). Таким образом, задача сводится к выделению из гетерогенного ряда распределения, приведенного в табл. 1, тех нормальных распределений, которые в нем

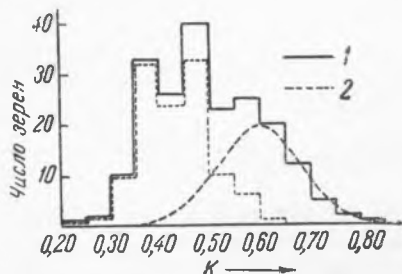


Рис. 1. Распределение кварцевых песчинок в зависимости от окатанности, 1 — наблюдаемые данные, 2 — результаты вычислений

заклучены. Решив задачу о выделении гомогенных распределений, мы одновременно решим вопрос о количестве материала, содержащегося в данной пробе из разных источников. Так же, очевидно, мы выясним число источников, из которых поступал материал в Белинский банк. Такая постановка задачи может оказаться полезной при решении многих вопросов петрографии и минералогии, в которых необходимо оценить однородность материала и подсчитать порядок величины объема по источникам происхождения*.

Возвращаясь к данным табл. 1, легко увидеть, что часть распределения, отвечающая хорошо окатанным песчинкам, имеет частоты, постепенно снижающиеся вправо, и морфологически чрезвычайно напоминает часть гауссовой кривой. Левая часть этой кривой искажена смещением с соседним слева распределением. Таким образом, для выделения первой гомогенной совокупности следует по отрезку нормального распределения установить параметры всего распределения и, вычислив по ним частоты, вычесть совокупность хорошо окатанных песчинок из гетерогенного песка, представленного распределением в табл. 1. Итак, задача сводится к нахождению параметров нормального распределения для случая, когда известна только его часть (от ∞ до h).

Пусть первый начальный момент исследуемой части распределения будет v_1 , второй момент v_2 , стандарт s и число наблюдений n ; при этом искомым начальный момент обозначим через a , расстояние от a до начала имеющейся части распределения через h , стандарт σ и число наблюдений N . Следуя общей теории, можно без труда установить, как это уже делалось в математической литературе (4), что

$$nv_k = \frac{N}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_h^{\infty} (x - h)^k e^{-\frac{1}{2} \frac{x^2}{\sigma^2}} dx,$$

где k указывает порядок момента, вычисляемого нами по имеющейся

* Аналогичная задача встречается, например, в петрохимии, при оценке распределения окиси алюминия в изверженных породах мира. Согласно работам Ричардсона (5), это распределение считалось однородным (нормальным) и таким образом могло противопоставляться распределению кремнезема. В действительности распределение Al_2O_3 не является гауссовым и прекрасно интерпретируется как сумма двух гауссовых распределений с различными математическими ожиданиями, что указывает на однотипность в распределении Al_2O_3 и SiO_2 .

части распределения. Нормируя переменную по σ , находим:

$$n\nu_k = \frac{N\sigma^k}{\sqrt{2\pi}} \int_{h'}^{\infty} (z - h')^k e^{-z^2/2} dz.$$

Разлагая множитель под знаком интеграла по формуле бинома, получаем

$$n\nu_k = N\sigma^k [C_k^0 \mu_k - C_k^1 h' \mu_{k-1} + C_k^2 h'^2 \mu_{k-2} - \dots],$$

где

$$\mu_i = \int_{h'}^{\infty} z^i e^{-z^2/2} dz, \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

С помощью приведенных выражений нетрудно, зная n , ν_1 и s , найти N , a и σ и, таким образом, решить интересующую нас задачу.

Для распределения, приведенного в табл. 1, для восстановления распределения были использованы крайние 5 разрядов. Выбор разрядов определялся тем, что возможное математическое ожидание ближайшего слева распределения находилось в таком месте, что не была исключена возможность влияния этого распределения на выделяемую нами совокупность вплоть до разряда с частотой 25, где скорее всего было математическое ожидание интересующего нас распределения.

В результате произведенных вычислений оказалось, что выделенное нами распределение имеет среднее значение, равное 0,59, т. е. отвечающее очень хорошо окатанным песчинкам, причем стандарт равен 0,82 и число наблюдений 82. Полученный результат, естественно, следует расценивать как приближенный, дающий порядок цифр.

На рис. 1 пунктиром приведена плавная кривая, показывающая ординаты полученного нами распределения. Как видно, она хорошо аппроксимирует существующие в крайних 5 разрядах частоты и имеет математическое ожидание в разряде с частотой 25, т. е. там, где его следовало ожидать. Изложенное показывает, что из общего числа 200 исследованных зерен, около 80 зерен относятся к хорошо окатанной совокупности. Таким образом, около 40% зерен происходит из одного, вероятно, весьма удаленного источника сноса.

Для выяснения характера оставшихся 60% материала мы вычли ординаты распределения хорошо окатанной совокупности из соответствующих частот и нанесли остаток пунктирной ломаной (рис. 1). Как видно на рисунке, оставшееся распределение почти симметрично, отчетливо двувёршинно и имеет крайние ветви, постепенно приближающиеся к оси абсцисс. Оценивая симметричность остаточного распределения, видно, что частоты несколько повышены в его правой части, т. е. той, откуда мы выделили хорошо окатанную совокупность. Так как выделение это не может претендовать на высокую точность и дает только порядок цифр, то мы не оценивали симметрии с помощью специальных критериев⁽³⁾, а приняли, что остаточное распределение симметрично в первом приближении.

Возвращаясь к исходным рассуждениям о нормальности распределения, легко видеть, что изучаемый остаток представляет два нормальных распределения, одно из которых имеет среднее значение порядка 0,38, а второе 0,48. Таким образом, остаток, в свою очередь, представляет результат смешения материала различной степени окатанности. При этом около 30% материала окатано плохо и около 30% удовлетворительно.

Резюмируя полученные данные по анализу окатанности песков Белинского банка, следует отметить, что материал чрезвычайно неоднороден. Около 30% материала происходит из источника, дающего

плохо окатанные зерна; примерно столько же материала поступает из другого источника, дающего зерна умеренно окатанные. Наконец, третий, наиболее крупный источник материала дает около 40% от общей массы песчинок и поставляет хорошо окатанные зерна. Возвращаясь к интересующему нас вопросу о возможности признания аллювия р. Волги материалом, прошедшим через ряд эрозионных циклов и принесенным из Фенноскандии, необходимо отметить, что наш материал позволяет высказать такое предположение только по отношению к 40% от всей массы песка. 60% материала говорят против подобного допущения, причем 30% категорически противоречат ему. Исследованный нами материал говорит, что в нижнем течении Волга размывает пески местного происхождения, поступившие из сравнительно близких районов.

В заключение следует сделать несколько общих замечаний. Проведенный нами анализ следует применять всегда, когда есть предположение о нормальном распределении изучаемой характеристики и о неоднородности материала. Исследование материала следует вести с большой осторожностью и все время помнить о том, что получаемые цифры дают порядок величин, а не детали.

В литологической практике начинают внедряться математические методы. Однако, к сожалению, приходится отметить, что иногда при этом допускаются неправильности. Так например, вычисление ошибок коэффициентов окатанности, равно как и других параметров, необходимо проводить только по отношению к однородному материалу. Так, в нашем случае можно было бы определить порядок ошибок среднего значения в совокупностях по 80 и по 60 песчинок, но совершенно бессмысленно считать ошибку среднего для всех 200 зерен, как это часто делают, ибо такая ошибка не имеет физического смысла.

Последнее, на что хотелось бы обратить внимание, — это выбор параметров (коэффициентов), характеризующих литологический материал. Коэффициенты нельзя выбирать чисто практически, без каких-либо оснований общего порядка. К числу условий, которым должен отвечать параметр, относятся: а) коэффициент должен по возможности иметь нормальное распределение с малой дисперсией, б) значения коэффициента должны с ходом процесса сходиться к определенному числу, причем приближение к нему должно происходить с одной стороны; в) коэффициент должен иметь простой физический смысл. Исследованный нами коэффициент окатанности K представляет пример неудовлетворительно выбранной характеристики. Он отвечает только первому требованию, но совершенно не согласуется с последними двумя.

Всесоюзный нефтяной геолого-разведочный
научно-исследовательский институт
Ленинград

Поступило
7 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. А. Кухаренко, Сов. геол., сб. 18, 147 (1947). ² Т. А. Лапинская, Сов. геол., сб. 18, 159 (1947). ³ Н. В. Смирнов, ДАН, 56, № 1 (1947).
⁴ K. Pearson and A. Lee, *Biom.*, 6, 59 (1908—1909). ⁵ W. A. Richardson and G. Sneesby, *Min. Mag.*, 19, № 97, 303 (1922).