

А. Б. РОНОВ и В. М. РАТЫНСКИЙ

## МЕТОД УСТАНОВЛЕННЫХ СРЕДНИХ ПРОБ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 5 VII 1952)

Изучение послойных разрезов так называемых петрографически «однородных» осадочных толщ (карбонаты, глины и т. п.) показывает, что химический состав их не остается постоянным и содержание важнейших компонентов колеблется от слоя к слою в широких пределах. Эти колебания, представляя исключительный интерес при изучении изменений химического состава пород за сравнительно короткими отрезками времени, вместе с тем затушевывают общую тенденцию в изменении состава, характеризующую крупные интервалы стратиграфической шкалы (отдел, ярус). Для правильного выявления этих изменений в их исторической последовательности от эпохи к эпохе необходимы методы, которые позволили бы избежать систематической погрешности при осреднении большого числа химических анализов либо при составлении представительных средних проб.

Существующие методы (4-7) не отличаются большой точностью, так как не удовлетворяют этому условию. Теоретически их можно подразделить на 4 группы: I — выведение среднего содержания компонентов как среднего арифметического из химических анализов отдельных образцов, отобранных послойно из всех однотипных прослоев толщи; II — то же, но образцы отобраны лишь из части однотипных прослоев; III — анализ смешанной пробы, составленной из равных навесок от каждого однотипного прослоя, входящего в состав толщи; IV — то же, но навески взяты лишь от части однотипных прослоев.

Появление систематической ошибки в перечисленных методах прежде всего связано с тем, что они не учитывают относительной распространенности тех или иных разновидностей пород, из которых составляются средние пробы или выводится средний состав толщи.

Первая серьезная попытка применить количественный критерий при составлении смешанных проб принадлежит В. Н. Чирвинскому, который при определении среднего химического состава пород в разрезе скважины г. Киева составил смешанную пробу с учетом общей мощности разреза, но осреднял породы разного возраста и различного литологического состава (3). П. Н. Чирвинский продолжил работы В. Н. Чирвинского и применил его методику к выведению среднего химического состава каменноугольных отложений Донецкого бассейна (8).

Предлагаемый нами метод установленных средних проб качественно отличается от методики Чирвинских. В основу его положен стратиграфический принцип: установленные средние пробы составляются для строго определенных стратиграфических интервалов (система, отдел, ярус)\*. Для составления пробы необходимо

\* Это не исключает возможности применения метода к палеонтологически немым осадочным толщам.

детальное описание стратиграфического интервала с указанием литологического состава и мощностей слагающих его прослоев, а также послойный отбор образцов. Вес пробы стандартный—100 г (или кратный 100 г). Величина навески  $g$  от каждого прослоя берется строго пропорционально отношению мощности этого прослоя  $h$  к суммарной мощности всех прослоев исследуемого типа пород, имеющих в данном стратиграфическом интервале  $H$ , которая принимается за 100%:

$$g = \frac{h \cdot 100}{H} \text{ г.} \quad (1)$$

Образцы, идущие на составление установленной средней пробы, следует отбирать из середины каждого прослоя. Их измельчают дроблением и последующим истиранием; навески берутся согласно расчетам по формуле (1), ссыпаются вместе и тщательно перемешиваются, после чего готовая проба подвергается химическому анализу.

Сопоставим рассмотренные выше методы. Если предположить, что в первом приближении удельный вес пород в однотипных прослоях один и тот же, то среднее содержание какого-либо компонента  $A$  в изучаемой толще может быть определено из соотношения:

$$P_A = 100 \frac{v_A}{V} \%, \quad (2)$$

где  $P_A$  — искомый средний процент компонента  $A$ ,  $v_A$  — занимаемый им объем во всей толще,  $V$  — общий объем толщи.

Для определения объема  $v_A$  достаточно сложить частные объемы  $v_{A_1}, v_{A_2}, \dots, v_{A_n}$ , занятые данным компонентом, соответственно, в 1, 2, ...,  $n$ -м слоях толщи:

$$v_A = \sum_{i=1}^n v_{A_i} \quad (3)$$

и в то же время

$$V = \sum_{i=1}^n v_i \quad (4)$$

где  $v_i$  — полный объем  $i$ -го слоя данной толщи.

Если обозначить через  $P_{A_i}$  процентное содержание рассматриваемого компонента в объеме  $i$ -го по глубине слоя, то

$$P_{A_i} = 100 \frac{v_{A_i}}{v_i} \%, \quad (5)$$

и отсюда

$$v_{A_i} = \frac{v_i P_{A_i}}{100}. \quad (6)$$

Сопоставляя (2), (3), (4) и (6), найдем;

$$P_A = \frac{\sum_{i=1}^n v_{A_i}}{\sum_{i=1}^n v_i} \% = \frac{\sum_{i=1}^n P_{A_i} v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \%. \quad (7)$$

Мы приходим к формуле (7) средневзвешенной объемами отдельных слоев. Так как, при прочих равных условиях, объемы слоев  $v_i$

пропорциональны их мощностям  $h_i$ , то всегда возможно от формулы (7) перейти к окончательной:

$$P_A = \frac{\sum_{i=1}^n P_{A_i} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \% \quad (8)$$

Формула (8) по своим условиям соответствует методу установленных средних проб, который оперирует со смешанной пробой, приготовленной по навескам из различных слоев с учетом их мощностей. Она не содержит систематической погрешности и дает искомую величину  $P_A$  с точностью, зависящей только от колебаний удельного веса однородных прослоев и правильности изготовления установленной средней пробы.

Этого нельзя сказать о методах послойного осреднения, где величина  $P_A$  оценивается так, что совсем не принимаются во внимание мощности отдельных слоев (группы I и III). В качестве оценки здесь берется величина  $P'_A$ , которая является невзвешенной средней:

$$P'_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{A_i} \% \quad (9)$$

Формула (9) заведомо содержит систематическую ошибку, тем большую, чем больше различия в мощностях отдельных слоев. Она применима только в том случае, когда колебания в мощности слоев весьма невелики. Неприемлимость формулы (9) особенно хорошо видна, если при ее помощи вычислить средний процент искомого химического компонента А в толще, сложенной одним или несколькими мощными и сравнительно богатыми по содержанию компонента А слоями и очень большим числом тонких и бедных компонентом А слоев. В этом случае формула (9) дает большое занижение против точного результата, получаемого по формуле (8) методом установленных средних проб. Таким образом, метод послойного осреднения без учета мощностей всегда связан с опасностью допустить значительную погрешность неслучайного характера. В методе осреднения результатов отдельных анализов, равно как и в методе смешанных проб, составленных из части однотипных прослоев (группы II и IV), к этой погрешности еще прибавляется погрешность, происходящая от случайных вариаций, связанных с выбором отдельных слоев из общего разреза толши.

Положительной стороной метода установленных средних проб является также и то, что он позволяет определять средний состав осадочных толщ при минимальном числе химических анализов.

Применение метода установленных средних проб позволило выявить ряд закономерностей в качественных изменениях химического состава карбонатных пород Русской платформы во времени (1).

Применимость метода далеко не ограничивается сказанным. При его помощи могут быть решены и некоторые другие вопросы геохимии осадочных пород. Прежде всего, данные химических анализов установленных средних проб могут быть использованы в качестве исходных для построения региональных геохимических карт составляемых для определенных стратиграфических интервалов путем проведения линий равного содержания того или иного элемента (изолинии Ca, Mg, Al, Fe и т. д.), либо изолиний отношений пар эле-

ментов  $\left( \frac{\text{Ca}}{\text{Mg}}, \frac{\text{Fe}}{\text{Al}}, \frac{\text{Ca}}{\text{Sr}} \text{ и т. д.} \right)$ .

В сочетании с объемным методом <sup>(2)</sup> метод установленных средних проб позволит подойти к точному количественному подсчету распространённости химических элементов (кларков) в осадочной оболочке и слагающих ее породах. С помощью объемного метода могут быть измерены объемы пород разного состава и возраста, а данные химических анализов установленных средних проб позволят определить в этих объемах массы и процентное содержание составляющих их химических элементов.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность проф. Н. В. Смирнову (Математический институт АН СССР), консультацией которого они пользовались при сравнительной оценке методов выведения среднего состава пород.

Институт геохимии и аналитической химии  
им. В. И. Вернадского  
Академии наук СССР

Поступило  
2 VII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. П. Виноградов, А. Б. Ронов, В. М. Ратынский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1952). <sup>2</sup> А. Б. Ронов, Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, № 3 (130) (1949). <sup>3</sup> В. Н. Чирвинский, Зап. Киевск. об-ва естествоисп., 26, 55 (1917). <sup>4</sup> F. W. Clarke, Proc. Am. Phil. Soc., 45, No. 182 (1906). <sup>5</sup> F. W. Clarke, Bull. U. S. Geol. Surv., 591 (1915). <sup>6</sup> F. W. Clarke, H. S. Washington, Professional Paper, 127, U. S. Geol. Surv. (1924). <sup>7</sup> W. I. Mead, J. Geol., 15, No. 3 (1907). <sup>8</sup> P. Tschirwinsky, Zs. d. Deutsch. Geol. Ges., 77, 112 (1925).