

А. Б. ВИСТЕЛИУС

НОВОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ ГОЛЬДШМИДА О ПОЛОЖЕНИИ ГЕРМАНИЯ В КАМЕННЫХ УГЛЯХ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 27 VI 1947)

По вопросу о роли германия в каменных углях до последнего времени наибольшим распространением пользовалась точка зрения Гольдшмидта^(9, 10). Согласно наблюдениям этого исследователя, германий связан в углях с органическими компонентами, и поэтому при сжигании угля зола оказывается тем более обогащенной германием, чем меньший процент от общей массы угля она составляет.

В недавно вышедшей сводке по геохимии германия⁽⁶⁾ была высказана резко противоположная концепция. Согласно этой концепции, "...корреляции между содержанием германия и зольностью угля не наблюдается...", "концентрация германия отнюдь не приурочена к кларено-витренам"* и "концентрация германия приурочена к петрографической разности угля, к витрену" (⁽⁵⁾, стр. 216). Не останавливаясь на последнем положении, поскольку оно не связано с утверждениями Гольдшмидта, проанализируем данные автора и попытаемся выяснить — действительно ли выводы Гольдшмидта неверны и автор сводки В. М. Ратынский вправе высказывать приведенные выше утверждения.

Внимательно изучая данные собственных анализов Ратынского, легко убедиться, что произведенные им наблюдения делятся на две крупные группы.

В первую группу входят угли Хумаринского месторождения (⁽⁵⁾, стр. 209). В этой группе углей содержание германия достигает почти 1% (в одном случае), и, как правило, превышает 0,001%, являющуюся пределом точности аналитических данных (содержание германия более низкое, чем 0,001% Ратынским не подразделяется). Эту группу углей можно назвать обогащенными (по отношению к германию).

Вторая группа наблюдений охватывает угли Кузнецкого, Челябинского, Егоршинского и других бассейнов. В этих углях содержание германия чрезвычайно низко, причем более 75% исследованных образцов содержат 0,001% германия и меньше. Иными словами, в более чем 75% наблюдений содержание германия — на границе точности метода и ниже этой границы. Таким образом, оказывается, что для последней группы наблюдений закон распределения частот (эмпирических вероятностей) не может быть построен, и поэтому нельзя делать выводов о наличии или отсутствии связи между германием и золой.

Исходя из этого, для проверки выводов Ратынского остается проанализировать данные только по Хумаринскому месторождению, что, впрочем, не ограничит общности выводов, так как сам Ратынский

* Т. е. наименее зольным углям.

считает, что „геологическая обстановка и характер углей Хумаринского месторождения оказались нам наиболее благоприятными для того, чтобы к вопросу о накоплении германия подойти именно на нем» ((⁵), стр. 207).

Для выяснения вопроса о соотношениях между германием и зольностью углей были использованы данные, приведенные в табл. 19 разбираемой работы. Построение графиков распределений частот показывает, что как распределение германия, так и зольность углей имеют резко асимметричные распределения с большим положительным коэффициентом асимметрии. Для того чтобы выяснить связь между зольностью и германием с наибольшей детальностью, прологарифмируем данные о содержании изучаемых компонентов и построим двойную корреляционную таблицу с разрядными значениями через равные логарифмические интервалы. При этом перед построением таблицы, во избежание искажений, отбросим все значения наблюдений, в которых содержание германия ниже 0,001%, как находящиеся за пределами точности метода исследования*, оставляя все остальные наблюдения — от 0,001% включительно и выше (табл. 1).

Таблица 1

Содержание золы в %	Содержание германия в %									
	0,001	0,002— —0,003	0,004— —0,007	0,008— —0,017	0,018— —0,038	0,039— —0,087	0,088— —0,196	0,197— —0,439	0,440— —1,00	Σ
0,00—2,12	—	—	—	—	—	1	—	—	1	2
2,13—3,37	—	—	—	1	—	1	2	—	1	5
3,38—5,35	—	1	5	3	2	4	—	—	1	16
5,36—8,49	—	3	6	4	6	3	5	—	—	27
8,50—13,45	—	3	10	4	4	2	2	—	—	25
13,46—21,32	—	2	5	2	3	—	—	—	—	12
21,33—33,83	1	4	1	2	—	—	—	—	—	8
33,84—35,00	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Σ	1	14	27	16	15	11	9	0	3	96

Даже без вычисления коэффициента корреляции распределение частот в пределах таблицы отчетливо указывает на наличие связи. После простых вычислений по общеизвестным статистическим методам (⁷) получаем значение коэффициента корреляции между логарифмами:

$$r = -\frac{1,32}{2,51} = -0,52 \pm 0,05.$$

Вычисление ошибки коэффициента корреляции произведено по обычной формуле

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где n — число наблюдений (т. е. 96).

Так как распределение после трансформации оказалось симметричным, то применение формулы (1) законно и дает представление с порядком ошибки. Сравнивая величину полученного коэффициента корреляции с его ошибкой, устанавливаем, что коэффициент корреляции более чем в 10 раз превосходит ошибку. Таким образом, вероятность существования связи является практически достоверной.

Резюмируя приведенные данные, можно констатировать следующее

* Таких наблюдений 12 из общего числа 108.

1. Между содержанием германия в углях Хумаринского месторождения и их зольностью существует отчетливая корреляционная связь, имеющая для логарифмов содержаний в первом приближении линейную форму.

2. Направление связи между содержанием германия и зольностью исследованных углей имеет отрицательный знак. Таким образом, с ростом зольности угля содержание германия в нем понижается.

Вопрос о связях между минералами или химическими элементами — один из центральных вопросов геохимии и минералогии. Решение этого вопроса составляет основу методов исследования парагенезисов. Между тем, исследование связи ведется обычно настолько примитивными и кустарными средствами, что ошибки, аналогичные только что разобранным, могут быть сделаны любым минералогом и геохимиком. Обычно эти ошибки сводятся к одному из следующих типов.

Истинная связь пропускается, и о ней на основании примитивных построений делаются ложные заключения. Связь пропускается, несмотря на специальные поиски ее. Подобного типа ошибка содержится, например, в исследовании Ю. В. Морачевского и Т. Б. Поленовой⁽⁴⁾, в котором авторы специально искали зависимость между содержанием пирита и сульфатностью породы и, несмотря на существование заметной положительной связи с коэффициентом корреляции $+0,46$ (при 51 наблюдении), никакой зависимости не обнаружили.

С другой стороны, наличие связи иногда утверждается без достаточной проверки на основании упрощенных графических построений (см., например⁽⁸⁾). Отмеченные ошибки указывают, что давно настало время перейти к более точным, мощным и объективным методам исследования силы связи между компонентами. Примеры того, как необходимо исследовать связь, давались в литературе, что может помочь при переходе на новую методику работы^(1, 2, 11).

В заключение необходимо сделать два замечания общего характера.

В работе минералога и геохимика часто приходится иметь дело с качественными или полукачественными определениями содержания компонентов (например при спектральных определениях). В этих случаях следует пользоваться методами изучения связи между качественными признаками, также разработанными в статистике. Работы по исследованию связи между титаном и ванадием в нефтеносных третичных отложениях Грозненского района (Сев. Кавказ), проведенные в этом направлении Л. В. Хмелевской под руководством автора, показали, что эти методы вполне эффективны.

Второе, что необходимо иметь в виду, — это возможность выявления связи путем перехода к логарифмам содержаний. При асимметричных законах распределения и вычислениях по корреляционным таблицам это, как правило, следует делать. Переход от содержаний к их логарифмам в очень многих случаях естественен, так как часто логарифмы содержаний имеют более симметричные и близкие к нормальному гауссовому распределению^(3, 5).

Всесоюзный нефтяной геолого-
разведочный институт
Ленинград

Поступило
22 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Б. Вистелиус, ДАН, 56, № 2 (1947). ² А. Б. Вистелиус и В. Т. Белоусова, ДАН, 55, № 4, 343 (1947). ³ А. Н. Колмогоров, ДАН, 31, № 2, 99 (1941). ⁴ Ю. В. Морачевский и Т. Б. Поленова, Материалы к познанию толщ покрывающих соль пород верхнекамского месторождения, 1932, стр. 27. ⁵ Н. К. Разумовский, ДАН, 28, № 8 (1940). ⁶ В. М. Ратынский, Тр. Биогеохим. лаб., 8, 181 (1946). ⁷ В. И. Романовский, Математическ. статистика, 1938. ⁸ Н. М. Страхов, Материалы по литологии Моск. об-ва испыт. природы, нов. сер., в. 3 (7), 67 (1946). ⁹ V. M. Goldschmidt, J. Chem. Soc., 655 (1937). ¹⁰ V. M. Goldschmidt, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, 1—4 (1930). ¹¹ W. C. Krumbein and F. Pettijohn, Manual of Sedimentary Petrography, 1938.