

ПЕТРОГРАФИЯ

Г. И. БУШИНСКИЙ и В. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ

**ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РЕНТГЕНОМЕТРИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ОПАЛОВОГО ВЕЩЕСТВА ТРЕПЕЛОВ
И ДИАТОМИТОВ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 19 III 1954)

Изучению были подвергнуты трепелы и диатомиты из следующих местностей (см. табл. 1).

Трепелы состоят из мельчайших зернышек опала диаметром 1—3 μ , с примесью зерен кварца и глауконита, а также глинистых частиц, в

Таблица 1

№№ обр.	Порода	Местность	Геологич. возраст
1	Трепел	с. Кутейниково, Сталинск. обл.	Маастрихт
2	Трепел	с. Хотьково, Московск. обл.	Коньяк
3	Трепел	с. Зикеево, Брянск. обл.	Турон
4	Диатомит	г. Сенгилей, Ульяновск. обл.	Палеоген
5	Диатомит	с. Кисатиб, Грузинск. ССР	Неоген

основном состоящих из гидрослюд. Диатомиты сложены опаловыми скелетами диатомовых водорослей и содержат те же примеси, что и трепелы. Кутейниковский и хотьковский трепелы, отличавшиеся высоким содержанием примесей зерен кварца и глауконита, были очищены путем отмучивания в воде. Для дальнейшего изучения этих трепелов была использована фракция с частицами диаметром от 1 до 5 μ . Остальные образцы очистке не подвергались.

Минералогический состав образцов по приблизительному подсчету под микроскопом и их гидравлическая активность оказались следующими (см. табл. 2).

Гидравлическая активность определена по методу Комиссии по добавкам и выражена в миллиграммах окиси кальция, поглощенной одним граммом трепела или диатомита за 30 дней. Она оказалась сходной с теми величинами, которые опубликованы А. Т. Ивановой ⁽⁵⁾.

Очищенный хотьковский трепел, казавшийся вначале при микроскопическом изучении состоящим из одних опаловых частиц, в действительности содержит много глинистых примесей. Эти примеси находятся внутри опаловых частиц и становятся заметными при погружении последних в иммерсионную жидкость с показателем преломления 1,48. Удельный вес хотьковского трепела равен 2,315.

Таблица 2

№№ обр.	Минерал. состав в %				Гидравлическая активность в мг СаО
	Опал	Кварц	Глауконит	Гидрослюды и каолинит	
1	74	6	5	15	—
2	75	0,5	0,5	24	416
3	70	1,0	2,0	27	326
4	83	1,0	1,0	15	318
5	94	2,0	0	4	303

По данным Д. С. Белянкина и Л. М. Куприяновой ⁽¹⁾ показатель преломления трепела из Брянска (Чуркина гора) равен 1,4783, а из Жиздры — 1,4963. По нашим данным показатели преломления опалового вещества трепелов из Хотькова, Жиздры и Кутейникова варьируют в пределах от 1,477 до 1,480.

Природные опалы из вулканических пород отличаются меньшими показателями преломления, обычно в пределах от 1,44 до 1,46, редко до 1,47, а также пониженным удельным весом (2,0—2,2). Талиаферро ⁽⁹⁾ нашел, что в опалах по мере уменьшения содержания воды повышается как их удельный вес, так и показатель преломления, приближаясь к соответствующим значениям у кристобалита, удельный вес которого равен 2,32, а показатель преломления — 1,484. Отсюда напрашивается вывод, что опаловое вещество трепелов должно содержать очень мало воды — около 1% и этим больше приближаться к кристобалиту, чем опалы вулканических пород.

Показатель преломления опала современных диатомовых водорослей варьирует от 1,4409 до 1,4413, сенгилеевских $1,448 \pm 0,002$, кисатибских $1,445 \pm 0,002$; как видно у них этот показатель значительно ниже, чем у опала трепелов.

Гидравлическая активность кутейниковского трепела, содержащего около 65% опала, равна 283 мг поглощенной СаО, хотьковского трепела с содержанием 55% опала — 270 мг поглощенной СаО. При очистке хотьковского трепела содержание опала в нем повышается до 75%, а гидравлическая активность до 416 мг поглощенной СаО.

Диатомиты, несмотря на высокое содержание опала, отличаются от трепелов пониженной гидравлической активностью. Химический состав изучавшихся нами трепелов и диатомитов приведен в табл. 3.

Таблица 3

№№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O	П. п. п	Сумма
1	85,01	0,39	5,92	2,57	0,85	0,23	0,46	0,07	1,00	3,23	99,50
2	86,67	0,09	6,30	0,31	0,63	0,63	—	—	—	4,20	98,83
3	85,02	0,30	7,05	2,60	0,86	0,69	0,20	0,22	0,38	2,51	99,83
4	85,26	0,22	4,40	2,03	1,40	0,50	0,34	0,16	0,21	4,81	98,92
5	96,14	0,06	1,13	0,28	0,85	0,17	—	—	—	2,93	99,56

Полевые шпаты в изученных образцах встречаются в ничтожных количествах, поэтому окись алюминия скорее всего связана с глинистыми минералами. Содержание их, судя по приведенным анализам, довольно значительное.

Рентгенометрическое исследование проведено с целью установления фазового минералогического состава опалового вещества изученных трепелов и диатомитов, а также по возможности выявления состава примеси глинистых частиц в трепелах. Рентгеновскому исследованию были подвергнуты три образца трепелов (обр. 1, 2, 3) и два образца диатомитов (обр. 4, 5). Кроме того для сравнения были сняты рентгенограммы опалового кремня из хоперского горизонта, обнаженного у Белгорода, Курской области, а также низкотемпературных кварца и кристобалита *. Данные рентгеновского исследования приведены на репродукциях с рентгенограмм (рис. 1, 2, 3) и в сводной таблице.

Съемка велась обычным методом порошка. При этом использовалось неотфильтрованное железное излучение от электронной рентгеновской трубки типа БСВ при напряжении в 30 кВ и величине тока 8—10 ма.

* Образец получен от В. В. Лапина (Институт геологических наук АН СССР).

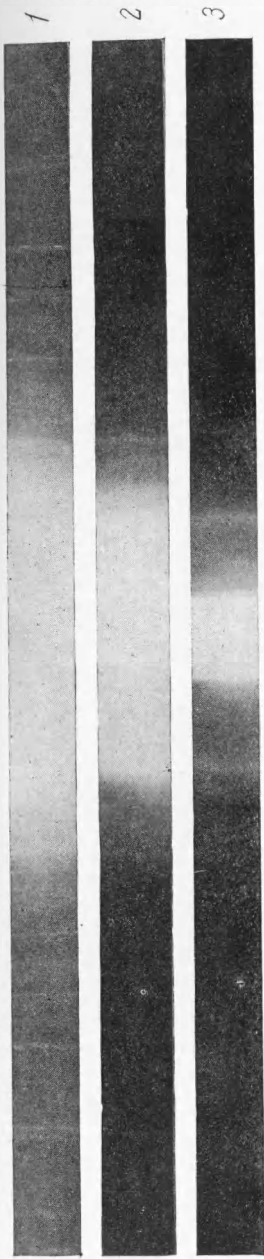


Рис. 1. Рентгенограммы трепелов. Обр. 1 — Трепел из села Кутейниково, Сталинск. обл. Обр. 2 — Трепел из села Хотьково, Московск. обл. Обр. 3 — Трепел из села Зикеево, Брянск. обл.

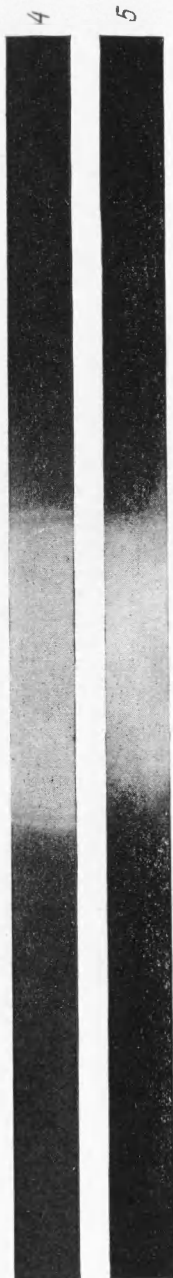


Рис. 2. Рентгенограммы диатомитов. Обр. 4 — Диатомит, г. Сенгилей, Ульяновск. обл. Обр. 5 — Диатомит, с. Кисатиб, Груз.ССР

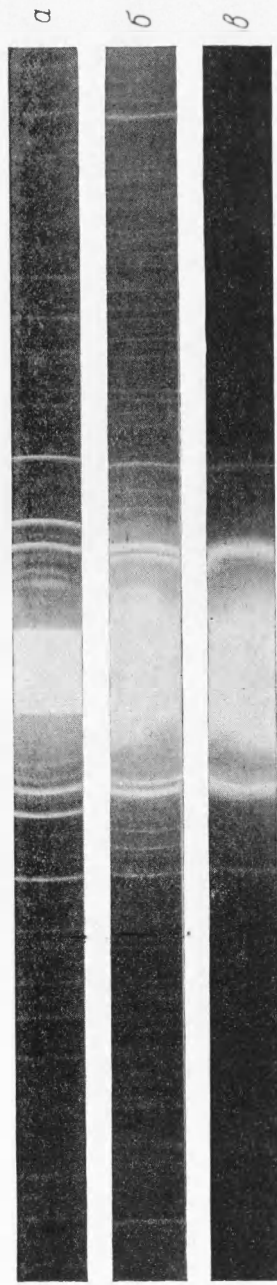


Рис. 3. Рентгенограммы эталонов: а — кварц с примесью NaCl, б — β -кristобалит, в — опаловый кремнезём из Белгорода

Рентгенограммы получались в камерах с эффективным диаметром в 68 мм при экспозиции 25 час. Значения межплоскостных расстояний уточнялись по специальному снимку с эталонным веществом в виде примеси (добавка 15% галита). Ниже приводятся результаты расчета рентгенограмм, снятых с трепелов и диатомитов (см. табл. 4).

Таблица 4

Обр. 1			Обр. 2			Обр. 3			Обр. 4			Обр. 5		
I	d α/n	d β/n	I	d α/n	d β/n	I	d α/n	d β/n	I	d α/n	d β/n	I	d α/n	d β/n
—	—	—	—	—	—	3	4,63	4,19	1	4,6	4,1	—	—	—
—	—	—	8	4,46	4,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	4,30	3,90	10	4,24	3,85	9	4,20	3,81	—	—	—	—	—	—
3	4,15	3,76	—	—	—	—	—	—	1	4,17	3,78	—	—	—
9	3,99	3,62	7	4,01	3,63	7	3,94	3,57	—	—	—	—	—	—
7	3,68	3,33	—	—	—	—	—	—	3	3,75	3,40	—	—	—
10	3,36	3,04	8	3,41	3,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	3,317	3,006	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	10	3,276	2,970	6	3,231	2,928	10	3,255	2,950	—	—	—
3	2,800	2,538	—	—	—	—	—	—	2	2,871	2,602	—	—	—
4	2,723	2,468	1	2,750	2,593	3	2,662	2,419	—	—	—	—	—	—
—	—	—	3	2,523	2,287	—	—	—	2	2,587	2,345	—	—	—
5	2,495	2,262	1	2,485	2,252	6	2,485	2,252	—	—	—	—	—	—
6	2,473	2,242	—	—	—	8	2,425	2,198	1	2,456	2,227	—	—	—
3	2,267	2,055	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	2,119	1,921	2	2,142	1,942	—	—	—	2	2,098	1,901	—	—	—
—	—	—	3	2,044	1,853	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	1,965	1,781	—	—	—	—	—	—	3	1,972	1,787	—	—	—
10	1,806	1,636	5	1,788	1,621	—	—	—	5	1,792	1,625	—	—	—
2	1,699	1,540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1,667	1,511	2	1,659	1,504	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1,618	1,468	3	1,611	1,410	—	—	—	4	1,625	1,473	—	—	—
1	1,590	1,441	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1,534	1,391	1	1,525	1,382	—	—	—	4	1,520	1,378	—	—	—
3	1,512	1,370	1	1,501	1,360	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	2	1,458	1,322	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1,447	1,312	3	1,448	1,312	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1,412	1,280	—	—	—	—	—	—	9	1,439	1,304	—	—	—
5	1,377	1,248	1	1,381	1,252	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	1,367	1,238	1	1,368	1,240	—	—	—	10	1,360	1,232	—	—	—
1	1,315	1,192	4	1,301	1,179	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1,299	1,178	5	1,290	1,169	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1,283	1,163	2	1,260	1,142	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	1	1,242	1,126	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1,225	1,110	2	1,213	1,099	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	1,196	1,084	1	1,200	1,088	—	—	—	7	1,189	1,078	—	—	—
10	1,179	1,068	—	—	—	—	—	—	7	1,170	1,060	—	—	—
3	1,150	1,042	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1,138	1,032	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1,081	0,979	—	—	—	—	—	—	5	1,076	0,976	—	—	—
1	1,070	0,970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1,048	0,949	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1,040	0,943	—	—	—	—	—	—	2	1,042	0,945	—	—	—
2	1,034	0,937	—	—	—	—	—	—	3	1,031	0,935	—	—	—

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Основную массу изученных трепелов и диатомитов составляет опаловое вещество.

2. Кутейниковский и хотьковский трепелы содержат в довольно значительном количестве примесь кварца и особенно гидрослюда, которые дают основные интерференционные максимумы на рентгенограммах. Трепел из с. Зикеево дает лишь ограниченное число линий глинисто-слюдистого минерала, а линий кварца на рентгенограмме этого трепела не обнаружено.

Диатомит из Сенгилея дает ряд линий, отвечающих кварцу и гидрослюде. В кисатибском диатомите рентгенометрически примесей не обнаружено.

Рентгенограммы всех изученных трепелов и сенгилеевского диатомита показали отчетливые интерференции, отвечающие низкотемпературной форме кристобалита, — линий с $d \alpha/n \approx 4$ кХ; 2,49 кХ; 1,61 кХ; 1,44 кХ и 1,182 кХ. Во всех этих образцах кристобалит дает достаточно интенсивные линии, что указывает на его значительную роль в составе опалового вещества.

В сенгилеевском и кисатибском диатомитах основным компонентом опалового вещества является рентгеноаморфный кремнезем и только в первом из них обнаружены слабые линии кристобалита. Кисатибский диатомит, несмотря на повторные снимки с удлиненной экспозицией, оказался рентгеноаморфным.

3. Присутствие кристобалита в составе опалового вещества, в частности в опоках, указывалось и ранее как в отечественной (²⁻⁴), так и в зарубежной литературе (^{7, 8}). Наши данные в еще большей мере показывают, что этот минерал, считавшийся характерным для вулканических пород и металлургических шлаков, имеет очень широкое распространение также и в осадочных породах — трепелах и диатомитах. Эти породы образовались на дне морей и озер и в дальнейшем не подвергались воздействию температур выше 50°. Таким образом, кристобалит в наших образцах не мог образоваться при более высокой температуре.

4. Опоки и трепелы по данным Я. В. Самойлова (⁶), возникли путем преобразования аморфного кремнезема скелетов кремневых организмов, главным образом панцирей диатомовых водорослей. В дальнейшем опоки и трепелы превращаются в кварцево-халцедоновые породы типа яшм и разного рода кремнистых сланцев. Следовательно, аморфный кремнезем (рентгеноаморфный опал) при своем превращении в халцедон и кварц часто проходит стадию кристобалита.

5. Гидравлическая активность рентгеноаморфного кремнезема диатомитов при его превращении в кристобалит опок и трепелов не понижается, а напротив, даже возрастает. Это явление очевидно связано как с «рыхлостью» и малой стойкостью кристаллической решетки кристобалита, так и с весьма малыми размерами его кристалликов, величина которых в трепелах и диатомитах равна $5 \cdot 10^{-5}$ — $5 \cdot 10^{-6}$ см.

Поступило
10 III 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Белянкин, Л. М. Куприянова, Тр. Ленинградск. инст. сооружений, № 3 (1935). ² Д. С. Белянкин, В. П. Петров, Тр. Мин. муз. АН СССР, в. 1, 18 (1949). ³ К. В. Васильев, В. С. Веселовский, Журн. физ. химии, 7, 918 (1936). ⁴ С. К. Дуброво, ДАН, 23, № 1, 45 (1939). ⁵ А. Т. Иванова, Пуццолановые цементы, Л., 1936, стр. 479. ⁶ Я. В. Самойлова, Биолиты, 1929. ⁷ I. Lewin, E. Ott, Zs. f. Krist., 85, 305 (1933). ⁸ E. Neuwitz, Tschermaks miner. u. petr. Mitt., 3, 1, 32 (1952). ⁹ N. L. Taliaferro, Am. J. Sci., 5, № 179, 450 (1935).