

460

АКАДЕМИЯ НАУК  
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

# ТРУДЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

IV

TRAVAUX DU MUSÉE MINÉRALOGIQUE

h-155

БИБЛИОТЕКА  
Минералогического музея  
Академии Наук СССР

№ 2-4  
ОТДЕЛЕН И МИНЕРАЛОГИИ  
Института Геологических Наук  
Геологический музей имени Карпинского  
Академия Наук СССР

ЛЕНИНГРАД  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
1930

АКАДЕМИЯ НАУК  
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

# ТРУДЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

IV

TRAVAUX DU MUSÉE MINÉRALOGIQUE

Геологический музей имени Карпинского

Институт Геологических Наук

ОТДЕЛЕНІЕ ГЕОХИМИИ И МИНЕРАЛОГИИ

№ 4 - 18

ЛЕНИНГРАД  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
1930

Июнь 1930 г. Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Непременный Секретарь академик *В. Волин*

Редактор издания *О. М. Шубникова*

Начато набором в марте 1930 г. — Окончено печатанием в июне 1930 г.

Тит. л. + 4 нен. + 256 стр. (29 фиг.)

Статформат Б<sub>5</sub>

Ленинградский Областлит № 56492. — 16<sup>8</sup>/<sub>16</sub> печ. л. — Тираж 900

Типография Академии Наук СССР. В. О., 9 линия 12

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	СТР.
Б. М. Куплетский. О двух щелочных амфиболах с горы Урма-варага на Кольском полуострове (с резюме на нем. яз.) . . . . .	1
Б. П. Кротов. О месторождениях гипса Татарской АССР (с 3 фиг. и резюме на нем. яз.) . . . . .	11
Л. М. Миропольский. Пиритовые конкреции в юрских отложениях Чувашской АССР (с 1 фиг. и резюме на нем. яз.) . . . . .	19
Э. М. Бонштедт. О лампрофиллите Хибинских и Ловозерских Тундр (с 9 фиг. и резюме на нем. яз.) . . . . .	35
Б. А. Гаврусевич. К минералогии и геохимии перматитов Волыни (с резюме на нем. яз.) . . . . .	71
Е. Е. Костылева. Энигматит Хибинских Тундр (с 3 фиг. и резюме на нем. яз.)	87
О. М. Шубникова. Картотека литературы о минералах Союза (с резюме на нем. яз.) . . . . .	109
Д. К. Моцок. Связь и вывод возможных симметрических операций (с 4 фиг. и резюме на нем. яз.) . . . . .	123
Н. И. Березкин. Минералогический очерк Якутской республики (с 2 фиг.) .	137
Б. К. Гильзен и И. И. Гинзбург. Исследования грунта Онежского озера (с 3 фиг.) . . . . .	195
А. С. Гинзберг и Х. С. Никогосян. Об изменениях в аллофановидных глинах при нагревании (с 4 фиг. и резюме на нем. яз.) . . . . .	221
Список сообщений, доложенных в 1928 и 1929 гг. на собраниях Научного кружка при Минералогическом музее . . . . .	247
Список научных работ, связанных с деятельностью Минералогического музея и его Научного кружка за 1928—1929 гг. . . . .	250



## S O M M A I R E

	PAG.
*B. Kupletskij (B. Koupletsky). Sur deux amphiboles alcalines du mont Ourma-Varaka, presqu'île de Kola (avec un résumé en allemand) . . . . .	1
*B. Krotov. Les gisements de gypse de la république Tatare (avec 3 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	11
*L. Miropolskij. Les concrétions de pyrite dans les sédiments jurassiques de la république Tchouvache (avec 1 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	19
*E. Bohnstedt. La lamprophyllite des Monts Chibines et Lujavrurt, presqu'île de Kola (avec 9 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	35
*B. Gavrussevič (B. Gavroussevitch). Sur la minéralogie et la géochimie des pegmatites de la Volhynie (avec un résumé en allemand) . . . . .	71
*E. Kostyleva. L'aenigmatite des Monts Chibines (avec 3 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	87
*O. Šubnikova (O. Schubnikowa). Cartothèque de la littérature des minéraux de l'URSS (avec un résumé en allemand) . . . . .	109
*D. Motzok. Liaison et déduction des opérations symétriques possibles (avec 4 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	123
*N. Beriozkin (N. Bereskiné). Aperçu minéralogique de la république Iakoute (avec 2 fig.) . . . . .	137
*K. Gilson et I. Ginsburg. Etude de limon du lac Onéga (avec 3 fig.) . . . . .	195
*A. Ginsberg et Chr. Nikogossian (Chr. Nikogossian). Sur la transformation des argiles allophanes par échauffement (avec 4 fig. et un résumé en allemand) . . . . .	221
*Liste des communications faites en 1928 et 1929 dans les séances du Cercle scientifique près le Musée minéralogique . . . . .	247
*Liste des ouvrages publiés en 1928 et 1929 par les collaborateurs du Musée minéralogique et les membres de son Cercle scientifique . . . . .	251

Le titre marqué d'un astérisque est une traduction du titre original.

---

Б. М. Куплетский

## О двух щелочных амфиболах с горы Урма-варака на Кольском полуострове

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-  
Математических Наук 20 февраля 1929 года)

Во время геологических работ летом 1928 г. в районе центрального водораздела Кольского полуострова, производившихся геолого-минералогическим отрядом Кольской экспедиции Академии Наук, мною были изучены выходы щелочных гранитов на высоте Урма-варака, расположенной в 56 км на ЮВ от Ловозерского погоста (по воздушной линии) в верховьях рек Морейок и Ньюмельлампейок. В северной половине горы был встречен ряд небольших (мощность 1—2 м, прослеживаются по простиранию на 30—50 м) кварцевых и пегматитовых жил с крупными выделениями темного щелочного амфибола. Жилы простираются на СВ 20—40° и являются то секущими, то пластовыми. Выделения черных с зеленоватым оттенком призм и табличек амфибола достигают нередко 7 см длины. В отдельных кусках, изолированно лежавших в земле, были найдены очень крупные кристаллические выделения этого амфибола до 14 см длиной и около 10 см в поперечнике.

Щелочный амфибол пегматитовых жил Урма-вараки при исследовании оказался совершенно аналогичным тем амфиболам, которые входят в состав самих гранитов и несколько различаются между собой по характеру плеохроизма и другим оптическим свойствам.

Собранные из двух жил образцы и послужили материалом для настоящей заметки. Исследованные щелочные амфиболы оптически близки друг к другу. В обыкновенных шлифах они почти непрозрачны и только в тонких шлифах можно изучить их плеохроизм: синеголубой по  $p_r$  и желтоватозеленый по  $p_g$ . Удлинение минерала отрицательное; благодаря сильной дисперсии погасание в шлифе не наступает и лишь в тонких краях призмочек амфибола его удастся измерить. На плоскости (010) погасание в образце № 3 —  $Cn_p = 6.9^\circ$  и в образце № 4 —  $Cn_p = 7.1^\circ$ .

Таблица 1

	Обр. № 4 I Анал. О. А. Воробьевой (O. Vorobjeva)	Обр. № 3 II Анал. Н. Д. Палицына (N. Palicyn)	Эквивалентные количества	
			I	II
SiO <sub>2</sub> . . . . .	47.34 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	47.63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	.7882	.7932
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.84	1.22	.0105	.0154
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.52	0.45	.0442	.0044
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.88	14.73	.0556	.0931
FeO . . . . .	27.10	22.34	.3771	.3140
MnO . . . . .	0.72	0.44	.0101	.0062
CaO . . . . .	3.15	2.80	.0562	.0505
MgO . . . . .	0.41	0.25	.0102	.0062
Na <sub>2</sub> O . . . . .	5.39	7.34	.0869	.1195
K <sub>2</sub> O . . . . .	1.73	2.11	.0184	.0226
H <sub>2</sub> O . . . . .	1.16	1.26	—	—
	101.24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	100.57 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	—	—
FeSiO <sub>3</sub> . . . . .	69.08 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	65.64 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	} 82.14 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	} 81.12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
CaSiO <sub>3</sub> . . . . .	8.34	6.98		
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> . . . . .	4.72	8.50		
Fe Al <sub>2</sub> SiO <sub>6</sub> . . . . .	3.74	—	} 17.86 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	} 18.86
Na <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> . . . . .	9.94	16.01		
Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> . . . . .	4.18	2.87		
n <sub>g</sub> . . . . .	1.700	1.704	—	—
n <sub>p</sub> . . . . .	1.695	1.692	—	—
n <sub>g</sub> — n <sub>p</sub> . . . . .	0.005	0.012	—	—
Cn <sub>p</sub> . . . . .	7.1 <sup>o</sup>	6.9 <sup>o</sup>	—	—

Плоскость оптических осей лежит  $\perp$  (010) и в том и в другом случаях. Для показателей преломления, определенных в натровом свете иммерсионным методом, были получены близкие результаты:

образец № 3:  $n_g - 1.704$ ,  $n_m - 1.696$ ,  $n_p - 1.692$ ,  $n_g - n_p = 0.012$ .

образец № 4:  $n_g - 1.700$ ,  $n_m - 1.6968$ ,  $n_p - 1.6950$ ,  $n_g - n_p = 0.005$ .

Оба изученных оптически амфибола, были подвергнуты химическому анализу. Для образца № 3 анализ произведен студентом Ленинградского политехнического института Н. Д. Палицыным. Образец № 4 дважды анализировался сотрудницей Геологического музея О. А. Воробьевой, и в таблице 1 даны средние цифры из двух определений.

По высокому содержанию железа и щелочей, по количеству кремнекислоты, около 47%, и по оптическим свойствам, сразу удастся установить, что наши амфиболы относятся к группе арфведсонита или рибекита. Однако, при сравнении оптических свойств рибекитов и арфведсонитов, выясняется, что эти свойства еще слабо изучены, и характеристики этих минералов, даваемые различными авторами, часто противоречат друг другу.

Приводим ниже сводную таблицу этих данных (табл. 2), составленную по общеизвестным справочникам Rosenbusch (4), Dana (2), Winchell (6), Larsen (11), Weinschenk (12)<sup>1</sup> и др.

Таблица 2

	Арфведсониты Arfvedsonit	Рибекиты Riebeckit
2 V . . . . .	велик	велик
$Sp_p$ . . . . .	10 — 18° или 7 — 30°	1=8°, чаще 4° — 5°
$n_g$ . . . . .	1.686 — 1.708	1.697
$n_m$ . . . . .	1.69 — 1.70	1.687 и 1.695
$n_p$ . . . . .	1.683 — 1.699	1.693
$n_g - n_p$ . . . . .	0.003 — 0.021	0.003 — 0.005
Плоскость оптических осей	$\parallel$ (010) и $\perp$ (010)	$\parallel$ (010) или $\perp$ (010)

<sup>1</sup> Числа в скобках позади фамилий обозначают ссылки на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

Из этой сводки видно, что среди оптических свойств обоих амфиболов имеется мало отличительных признаков: ни положение плоскости оптических осей, ни плохо изученная величина двупреломления, ни показатели преломления не дают надежного критерия для распознавания этих двух амфиболов, и единственным оптическим свойством, на которое можно более или менее опираться, является угол погасания, который у рибекитов меньше, чем у арфведсонитов. Из сопоставления имеющихся сейчас данных можно принять, что у рибекитов  $C_n = 1 - 8^\circ$ , у арфведсонитов  $C_n = 7 - 30^\circ$  и что по оптическим свойствам, исследованные амфиболы с Урма-вараки стоят как раз на границе рибекита и арфведсонита.

При истолковании цифр химических анализов исследованных амфиболов были встречены также некоторые затруднения. Дело в том, что если сравнить между собою имеющиеся в литературе анализы рибекитов и арфведсонитов, то единственная разница между ними в химическом составе заключается лишь в более высоком содержании  $\text{SiO}_2$  в рибекитах, где оно достигает 49.5—49.8 и даже 51.8%. Но в то же самое время известны рибекиты и с меньшим количеством  $\text{SiO}_2$ , как напр. описанный А. Lacroix (1) рибекит с Мадагаскара, содержащий всего 48.4%  $\text{SiO}_2$ . Содержание же других окислов примерно одинаково колеблется как у рибекитов, так и у арфведсонитов, описанных в литературе. Только  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в рибекитах несколько выше, чем в арфведсонитах, достигая 14.5—14.7—16.5%, тогда как в арфведсонитах эта величина обычно не превосходит 10—12%.

Вот и все химические признаки, которые позволяют различать эти два минерала. В остальном, оба рассматриваемые члена щелочных амфиболов определяются в справочниках и руководствах как бедные глиноземом и известью и богатые железом и натрием щелочные амфиболы. При этом почти все авторы видят различие между рибекитом и арфведсонитом по их химическому составу в том, что считают арфведсонит метасиликатом, а в составе рибекита указывают еще эгириновый силикат  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ . Эта характеристика в различии между рибекитом и арфведсонитом дается и у Dana (2), и у Dörlter (3), и у Rosenbusch-Mügge (4), и у Niggli (5), и у Winchell (6). К той же концепции приходит в своих последних работах и Gossner (13). Dörlter считает, что высокое содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в некоторых арфведсонитах указывает на разложение этого минерала. Но мы не имеем ни одного анализа арфведсонита, где бы содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  спускалось ниже 4%, и общая сумма полуторных окислов была бы меньше 9—10%. Поэтому, необходимо считаться с наличием и в арфведсонитах эгириновой молекулы, как это, правда предположительно, делает сам Dörlter.

Более категорично указывает на постоянное присутствие в арфведсонитах глинозема и окисного железа Murgosi (8), который противопоставляет им бедные глиноземом и богатые железом рибекиты.

Во всяком случае, в настоящее время арфведсонит почти всеми трактуется как типичный метасиликат. Однако из новых анализов д-ра W. Kunitz (7) из Halle, видно что полуторные окислы входят в состав арфведсонитов в количестве не менее 12% и игнорировать их, при укладке формулы минерала в метасиликат, совершенно невозможно. Пользуюсь случаем, чтобы поблагодарить здесь д-ра Kunitz за любезное сообщение мне данных его новых анализов еще до появления в печати его последней работы и разрешение опубликовать их в русском издании. До появления этих анализов, при работах со щелочными амфиболами группы арфведсонита, приходилось постоянно сталкиваться с отсутствием хорошего аналитического материала и пользоваться устаревшими и неудовлетворительными анализами. По отношению к рибекитам мы до сих пор, к сожалению, находимся в таком же положении, и известны лишь два современных анализа этого минерала, относящихся к 1920 и 1922 гг., опубликованных в работе A. Lascoix (1).

Чтобы выяснить взаимоотношение рибекита к арфведсониту, в таблице 3 мною даются пересчеты анализов некоторых щелочных амфиболов разбираемой группы на составляющие их молекулы. При расчетах не принималось во внимание содержание в анализе воды, и безводный анализ пересчитывался на 100%. Я исключил из рассмотрения воду по следующим соображениям: 1) большинство авторов, изучавших щелочные амфиболы, за исключением Penfield, Winchell, Kunitz и некоторых других лиц, также не принимают во внимание  $H_2O$ ; 2) самый характер воды в амфиболах неясен, и возможно, должен быть приписан их абсорбционной способности. Прямой метод определения воды поглощением в хлоркальциевых трубках не вполне точен, и результаты определения сильно зависят от условий опыта, и 3) в большинстве имеющихся анализов нет разделения воды роговых обманок на гигроскопическую и конституционную, что затрудняет использование  $H_2O$  для пересчетов. По этим соображениям вода при дальнейших сравнениях анализов во внимание не принималась.<sup>1</sup>

Пересчитанный на 100% безводный анализ амфиболов перечислялся на молекулярные количества; полуторные окислы соединялись далее в молекулу типа  $Na_2O \cdot R_2O_3 \cdot 4SiO_2$ , которая сейчас признается почти всеми минералогами как составная часть амфиболов. Остаток оснований соединялся в метасиликат  $RSiO_3$ , причем мною выделялись отдельно три метасиликата: 1)  $FeSiO_3$  с изоморфной примесью  $MnSiO_3$ ; 2)  $CaSiO_3$  с изоморфной примесью  $MgSiO_3$ , и 3)  $Na_2SiO_3$ .

Если при этих условиях получалась нехватка кремнекислоты, то часть силиката  $Na_2Al_2Si_4O_{12}$  заменялась молекулой Чермака  $RO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ,

<sup>1</sup> Во время печатания настоящей статьи были опубликованы новые работы о химическом составе амфиболов B. Warren (Z. Krist., 1930, 72, Н. 5—6, 493) и F. Machatschki (Z. Krist., 1929, 73, Н. 3, 219—237), где авторы вводят воду в формулу минерала.

	А р ъ в е д с о н и т ы — A r f v o				
	Archipel Loss	Sardinien	Kangerdlu- arsuk Grönland	Kaskasju- načorr Chibina Tundren	Urn U Wan W (Hand H Halb H Kol H K I
	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub> . . . . .	49.86 %	49.10	48.76	47.58	47.5
TiO <sub>2</sub> . . . . .	2.12	—	1.08	2.24	0.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.78	5.50	1.41	3.06	4.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.24	4.20	10.70	10.23	8.8
FeO . . . . .	18.23	27.70	25.52	18.12	27.1
MnO . . . . .	0.86	0.50	0.43	1.39	0.7
MgO . . . . .	5.92	0.17	0.30	4.36	3.1
CaO . . . . .	1.83	0.18	1.02	3.52	0.4
Na <sub>2</sub> O . . . . .	7.88	10.50	7.12	6.88	5.3
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.89	1.60	1.53	1.23	1.7
H <sub>2</sub> O . . . . .	2.05	—	2.07	1.67	1.1
	100.16 %	99.40	99.89	99.78	101.3
FeSiO <sub>3</sub> . . . . .	45.71 %	66.19	69.82	47.26	69.0
CaSiO <sub>3</sub> . . . . .	30.86	1.10	4.89	30.54	8.3
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> . . . . .	9.90	19.15	9.71	5.40	4.7
FeAl <sub>2</sub> SiO <sub>6</sub> . . . . .	—	0.84	—	1.47	3.7
Na <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> . . . . .	8.88	4.45	12.92	11.45	9.9
Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> . . . . .	4.65	8.27	2.66	3.88	4.1
R''SiO <sub>3</sub> . . . . .	86.47 %	86.44	84.42	83.20	82.1
Na <sub>2</sub> R''' <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> . . . . .	13.53	13.56	15.58	16.80	17.8
n <sub>m</sub> . . . . .	1.686	—	1.697	1.692	1.700
n <sub>p</sub> . . . . .	1.683	—	1.695	1.688	1.685
n <sub>m</sub> — n <sub>p</sub> . . . . .	0.003	—	0.002	0.004	0.005
С <sub>п</sub> . . . . .	15°	—	8°	30°	7.1

Таблица 3

o p i t		Р и б е к и т ы — R i e b e s k i t				
Urma- Waraka (Handst. 3) Halbinsel Kola	Kluft v. Hakmann Chibina- Tundren	Quincy Massachu- setts	L'Evisa Corsica	Cevadaes Portugal	Ampasibitica Madagascar	Sinai, östl. arabische Wüste
6	7	8	9	10	11	12
47.63	47.75	51.79	49.70	49.55	48.40	48.89
1.22	2.14	1.28	0.65	0.34	0.78	1.76
0.45	2.83	0.68	2.00	0.97	3.60	1.68
14.73	12.14	14.51	13.14	16.52	14.70	17.76
22.34	16.46	21.43	21.16	20.38	18.39	16.92
0.44	1.23	1.15	0.43	1.30	0.18	1.34
2.80	4.78	0.10	—	0.16	0.43	0.76
0.25	2.83	1.28	0.20	0.90	2.00	0.89
7.34	6.93	6.16	8.54	6.53	7.56	7.43
2.11	0.87	1.10	2.15	0.85	1.96	1.24
1.26	1.94	1.30	2.05	1.85	0.81	1.64
100.57	99.89	100.78	100.19	99.35	100.16	99.81
65.64	44.88	69.76	64.71	68.85	49.50	60.37
6.98	31.18	5.62	0.77	4.69	9.55	8.12
8.50	5.03	3.02	2.57	0.31	14.55	1.22
—	1.83	—	—	—	4.10	—
16.01	14.24	20.15	17.72	23.89	19.11	26.43
2.87	3.34	1.45	4.23	2.26	3.19	3.86
81.12	80.59	78.40	78.05	73.85	73.60	69.71
18.86	19.41	21.60	21.95	26.15	26.40	30.29
1.704	1.688	1.695	—	—	—	1.702
1.692	1.676	—	—	—	—	1.699
0.012	0.012	—	—	0.003	—	0.003
6.9°	12.3°	4—5°	—	0—5°	5°	7°



наличие которой в составе амфиболов допускает также акад. Вернадский (9).

Полученные результаты (табл. 3) дали вполне удовлетворительные результаты и анализы щелочных амфиболов хорошо допускают разбивку анализов на указанный молекулярный состав, причем в остатке получается обычно лишь 0.15—0.25% кремнекислоты.

Надо, впрочем, оговориться, что в некоторых случаях, как например в арфведсоните Гренландии и рибекитах Португалии и САСШ, даже при использовании молекулы  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$  остается в избытке значительно большее количество кремнезема (3—4%). Это обстоятельство указывает на присутствие избытка кремнекислоты в самом минерале, причем этот избыток может находиться в виде более кислого, чем алюмосиликаты соединения, в виде  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , или, может быть, в виде твердого раствора. С другой стороны избыток  $\text{SiO}_2$  иногда зависит от недостаточной чистоты материала, послужившего для анализа, как это было установлено например в работе Palache и Warren (10) над рибекитом из Quincy, Massachusetts, или же, наконец, должен объясняться неточностью самого анализа.

Из таблицы ясно видно, что арфведсониты нельзя рассматривать как чистые метасиликаты, как это принято сейчас большинством авторов, и надо считать, что алюмосиликатная молекула играет в составе арфведсонитов значительную роль. При этом количество молекулы  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$  в арфведсонитах не остается постоянным; как видно из таблицы 3, можно наметить ряд последовательных переходов от рибекитов, богатых алюмосиликатом и содержащих его в количестве 26—30%, к арфведсонитам, где содержание алюмосиликатной молекулы падает до 13—15%. При этом с повышением в минерале содержания молекулы  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$  наблюдается общая тенденция к уменьшению угла погасания. Отмеченная постепенность в изменении содержания алюмосиликата в минерале позволяет наметить чисто условную границу между рибекитами и арфведсонитами, основываясь как на химическом составе, так и на оптических свойствах минералов. К рибекитам следует относить щелочные, богатые железом и натром амфиболы, в которых метасиликат  $\text{RSiO}_3$  составляет 80% и алюмосиликат  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , в котором преобладает  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , составляя не менее 20—25%, причем угол погасания  $C_p$  колеблется в пределах 1—7°; к арфведсонитам относятся роговые обманки, содержащие > 80% метасиликата  $\text{RSiO}_3$  и от 15 до 20% молекулы  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , с погасанием  $C_p$ , равным 7—30°. При такой концепции ясно выявляется существование переходных членов от рибекита к арфведсониту, что совершенно правильно было подчеркнуто еще раньше Rosenbusch (4) и акад. Вернадским (9).

При замещении в рибекитах части закисного железа магнием мы получаем переходные к глаукофанам члены, что позволяет акад. Вер-

надскому (9), Niggli (5) и Kunitz (7) рассматривать рибекиты вместе с глаукофанами.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что произведенные сопоставления анализов ясно указывают на то, что арфведсониты не могут считаться типичными метасиликатами, и так же как у рибекитов и глаукофанов в их формулу необходимо вводить и алюмосиликаты типа  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ . И может быть было бы целесообразно рассматривать рибекиты не как самостоятельный минерал, а только как частный случай арфведсонита, богатого полуторными окислами и главным образом окисным железом.

На основании произведенного анализа молекулярного состава и оптических свойств щелочных амфиболов Урма-вараки и приведенной выше характеристики рибекитов и арфведсонитов, изученные амфиболы следует отнести к арфведсонитам, так как в них на 81.12 и 82.14% метасиликата приходится 18.86 и 17.86% алюмосиликата. Погасание на (010)  $C_p = 6.9^\circ$  в первом образце (№ 3) и  $C_p = 7.1^\circ$  в образце № 4, наряду со значительным количеством алюмосиликата (около 18%) придают амфиболам черты, приближающие их к описанным в литературе рибекитам.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Lacroix. *Minéralogie de Madagascar*, Paris, 1922, 1, 540.
2. E. S. Dana. *The System of mineralogy*, New York, 1911, 400—401.
3. Dölter's *Handbuch der Mineralchemie*, 1914, 2, H. 1, 748.
4. H. Rosenbusch — Dr. O. Mügge. *Mikroskopische Physiographie*, Stuttgart, 1927, 1, H. 2, 535—550.
5. P. Niggli. *Lehrbuch der Mineralogie*, Berlin, 1926, 2, 474.
6. N. H. and A. N. Winchell. *Elements of optical mineralogy*, New York, 1927, 2, 208, 216.
7. W. Kunitz. *Über die gesteinsbildenden Alkalihornblenden*. (Автореферат). *Z. Krist.*, 1927, 66, H. 3—4, 464; idem. *Die Isomorphieverhältnisse in der Hornblendegruppe*. *N. Jb. Min.*, 1929, Beil.-Bd. 60, Abt. A, 171—250.
8. M. G. Murgoci. *Sur la classification des amphiboles bleues et de certaines hornblendes*. *C. R.*, 1922, 175, 425, 372.
9. В. И. Вернадский. *Минералогия*, 1908, ч. 1, 380, 418—420.
10. Palache and Warren. *The chemical composition and crystallisation of parisite and a new occurrence of it in the granite-pegmatites at Quincy, Mass. U. S. A.* With notes on microcline, riebeckite, aegirite, ilmenite etc. *Amer. J. Sci.*, 1911, 31, 548—550.
11. E. Larsen. *The mikroskopische determination of the nonopaque minerals*. *Bull. U. S. Geol. Surv.*, Washington, 1921, № 679.
12. E. Weinschenk. *Die gesteinsbildenden Mineralien*, Freiburg, 1907.
13. B. Gossner. *Die chemische Zusammensetzung von Alkali amphibolen*. *Z. Krist.*, 1924, 60, H. 3—4, 302—310; 1925, 61, H. 5—6, 538—544; 1929, 72, H. 2, 111—143.

## B. Kupletskij (B. Koupletsky). Über zwei Alkalihornblenden von Urma-Wáraka (Halbinsel Kola).

### R é s u m é

In der vorliegenden Arbeit gibt Verf. (Tab. 1, S. 2) die chemischen Analysen und die optischen Eigenschaften zweier Arfvedsoniten vom Berge Urma-Wáraka im zentralen Gebiet der Kola-Halbinsel. Er vergleicht die von ihm untersuchten Amphibole mit einer Reihe in der Literatur erwähnter Alkalihornblenden und meint, dass man die Arfvedsoniten nicht als Metasilikate betrachten muss, wie es zur Zeit die meisten Autoren tun. Das Alumosilikatmolekül spielt nämlich in ihrer Zusammensetzung eine wesentliche Rolle, dabei bleibt der Gehalt an  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$  in Arfvedsoniten nicht beständig der gleiche, sondern, wie man aus Tab. 3 (S. 6) ersieht, kann man eine Reihe allmählicher Übergänge bemerken von Riebeckiten, reich an Alumosilikat, dessen Gehalt bis auf 26—30% ansteigt, zu Arfvedsoniten, bei denen der Alumosilikatgehalt auf 13—15% herabsinkt. Steigt im Mineral der  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ -Gehalt, merkt man eine allgemeine Tendenz zur Abnahme des Auslöschungswinkels. Die erwähnte allmähliche Veränderung des Alumosilikatgehaltes erlaubt bedingungsweise eine Grenze zwischen Riebeckit- und Arfvedsonithornblenden aufzustellen. Demnach wäre es richtig unter Riebeckiten solche Alkalihornblenden, reich an Eisen und Natrium, zu verstehen, die 80% Metasilikat  $\text{R}\text{SiO}_3$  enthalten und nicht weniger als 20—25% von Alumosilikat  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , mit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  überwiegend; dabei variiert der Auslöschungswinkel  $\text{Cn}_p$  zwischen 1° und 7°. Als Arfvedsonite bezeichnet man die Hornblenden mit mehr als 80% von Metasilikat  $\text{R}\text{SiO}_3$  und 15—20% des  $\text{Na}_2\text{R}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ -Moleküls, mit Auslöschungsschiefe  $\text{Cn}_p$  gleich 7°—30°. Bei solch einer Annahme wird es augenscheinlich, dass einige Zwischenglieder der Riebeckit-Arfvedsonit-Reihe bestehen, was mit der Meinung von Rosenbusch und Vernadskij übereinstimmt. Wird in den Riebeckiten ein Teil des zweiwertigen Eisens durch Mg ersetzt — so haben wir ein Übergangsglied zu Glaukophan, deswegen betrachten Vernadskij, Niggli und Kunitz Riebeckit vereinigt mit diesem letzteren.

Vielleicht wäre es zweckmässiger, Riebeckit nicht als ein selbständiges Mineral zu betrachten, sondern als ein Arfvedsonit, reich an dreiwertigem Eisen.

В. П. Кротов

## О месторождениях гипса Татарской АССР

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 14 мая 1929 года)

Казанский край очень богат гипсом, который и составляет, можно сказать, его главнейшее минеральное богатство.

Однако месторождения гипса здесь еще очень плохо изучены, и имеющиеся в сводках и геологической литературе<sup>1</sup> сведения о них дают только общие указания на присутствие гипса в толщах казанского и татарского<sup>2</sup> ярусов пермской системы. В геологической литературе совершенно нет данных о строении месторождений гипса и о точном их положении в пермской толще, об их распространении, запасах и качестве содержащегося в них гипса. Чтобы отчасти восполнить этот пробел я вкратце опишу месторождения гипса между с. Красновидовым и с. Богородским (Камское Устье), расположенные на правом берегу р. Волги в 50—75 км ниже г. Казани, которые и дают в настоящее время почти все то количество гипса, которое добывается в Казанском крае.

Правый берег р. Волги в этом районе образован отложениями казанского и татарского ярусов пермской системы.

В настоящее время казанские геологи разделяют казанский ярус на верхний или конхиферовый горизонт и нижний брахиоподовый горизонт. М. Э. Ноинский<sup>3</sup> расчленяет конхиферовый горизонт на ряд „серий“ различной мощности.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Гипс. Сб. Естественные производительные силы России, изд. АН, 1923, IV, вып. 35 а. — Сб. Нерудные ископаемые, изд. АН, 1926, I. — Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925—26 г., Л., изд. Геол. ком., 1927. — Географическое описание Татарской Республики. Сб. статей под ред. проф. Вишневецкого. Казань, ГИЗ, 1921. — Химико-технический справочник. I. Ископаемое сырье, ч. 2, Л. 1925.

<sup>2</sup> Присутствие залежей гипса, имеющих промышленное значение, в толще татарского яруса в указанных сводках совершенно не отмечено: залежи промышленного гипса указаны только в толще казанского яруса.

<sup>3</sup> И. Геол. ком., 1924, 43, № 6.

<sup>4</sup> Употребляю данное расчленение как имеющееся в литературе.

Гипс очень распространен во всем конхиферовом горизонте казанского яруса и в татарском ярусе, но более значительные скопления его, имеющие промышленное значение, сосредоточены в некоторых „сериях“ конхиферового горизонта и в основании татарского яруса.

В конхиферовом горизонте гипс разрабатывают из толщ „подбоя“, „опок“, „переходной“, а в татарском ярусе — из пластов, расположенных в основании его.



Фиг. 1. Расчленение конхиферового горизонта казанского яруса по М. Э. Ноинскому и залегание пластов гипса между с. Красновидовым и с. Богородским.

Наиболее важное значение имеет пласт гипса, залегающий в „подбое“. Этот пласт обнажен на правом берегу р. Волги в районе б. Большаковского завода; он начинается приблизительно в 5,5 км выше с. Богородского (Камское Устье) и тянется вверх по течению километра на три. Обнажения его на берегу Волги заканчиваются немного выше лога Суводь под оползнями. Ближе к Богородскому он обнажен на довольно значительной высоте над уровнем р. Волги, но вверх по течению он постепенно спускается; мощность его 13—14 м; он называется по номенклатуре местных крестьян: „семисаженный пласт“; он снежнобелого цвета. Строение этого пласта гипса мною описано ранее;<sup>1</sup> образован он из чередующихся пластов сплошного гипса с прослойками доломита, сетчатого гипса, несплошного ядрового гипса с прослоями доломита. Он разрабатывается открытыми работами на берегу р. Волги, а из оврага у завода также и подземными работами и обжигается на заводе б. Большакова, который эксплуатируется в настоящее время Татсиликаттрестом. Встречающиеся в этом пласте небольшие участки ангидрита и доломита не отделяются, а идут на обжиг в общей массе гипса.

Продолжение этого пласта выше упомянутого пункта в районе Антоновских гор мне неизвестно, но еще выше в Красновидовских горах, повидимому, имеется продолжение этого пласта. По крайней мере в горе Красный Мыс, ниже с. Красновидова, крестьяне добывают гипс из пласта,

<sup>1</sup> З. Мин. общ., 1926, 55, вып. 2, 280—281.

который покрыт осыпью бичевника и недоступен наблюдению. Добыча идет зимой штольнями, которые к весне обрушиваются и затопляются полными водами. Стратиграфическое положение этого пласта в береговом уступе на некотором расстоянии ниже „шиханов“ позволяет предположить, что он относится к толще „подбоя“. Гипс из „подбоя“ разрабатывается также и выше д. Печищ на Волге, т. е. выше Казани. Здесь его также добывают зимой штольнями из бичевника, которые также весной обрушиваются и недоступны наблюдению.

Второй по мощности пласт гипса, который разрабатывается в этом районе, называемый крестьянами „стенной семиаршинный пласт“, залегает в основании толщи „опоки“. Мощность его на всем протяжении остается приблизительно одинаковой, колеблясь в среднем между 4, 2—4, 9 м. В районе б. Большаковского завода он обнажен на самом верху обрывистого берега р. Волги; выше по течению р. Волги он постепенно опускается и выходит в средней части берегового обрыва; в Антоновских и Красновидовских горах он залегает в средней части уступа казанского яруса.

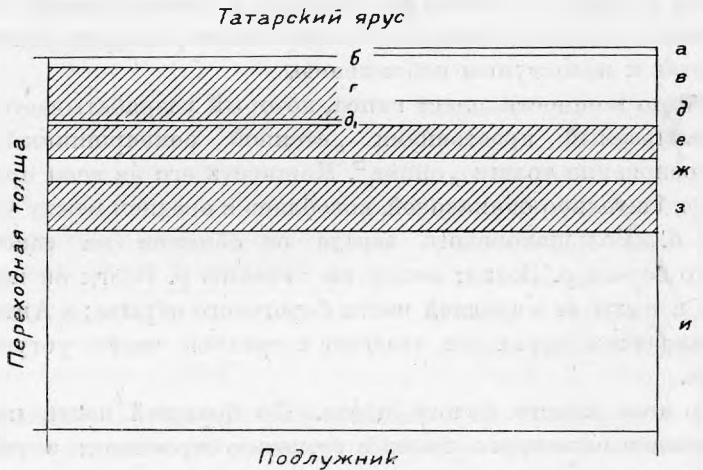
Гипс в этом пласте белого цвета. По большей части пласты его имеют строение сплошного гипса с сетчатым строением; в головках и ядрах замечается строение зональное, параллельнополосатое, тонкозернистое. Однако в некоторых местах, как например районе б. Большаковского завода, верхняя часть пласта его имеет строение пластов несплошного гипса с головчатым строением: головки спаяны доломитом. Местами в толще этого пласта встречаются прослойки плотного доломита (завод б. Большакова). Этот пласт почти не разрабатывают в районе б. Большаковского завода, но он периодически разрабатывается крестьянами в Красновидовских, Антоновских и Богородских горах. Имеющиеся данные указывают, что этот пласт идет непрерывно от г. Лобач (Обач) ниже с. Богородского (Камское Устье) до Шорина оврага, немного ниже с. Красновидова.

Над „стенным семиаршинным пластом“ залежи гипса имеются в самом верху казанского яруса в „переходной толще“. Здесь крестьяне разрабатывают уступом всю верхнюю половину „переходной толщи“, в которой имеется несколько отдельных пластов гипса.

Строение „переходной толщи“ в Красновидовских и Антоновских горах по моим исследованиям следующее (см. фиг. 2).

В переходной толще, как это видно из разреза, имеется три пласта гипса. Нижний пласт носит у крестьян название „ледянка“ и представляет собой пласт в среднем мощностью в 0,9 м со значительным количеством плотного доломита. Местами мощность его увеличивается до 1,25 м. По своему строению, это ядровый гипс, который содержит красные „икринки“. „Икринками“ крестьяне называют мелкие зернышки и

чешуйки красного кремня, который появляется в большей части выходов этого гипса как вторичный продукт замещения гипса в тех местах, куда проникают вадовные воды. Ядра образованы из очень плотного тонкоигольчатого гипса и спаяны друг с другом небольшим количеством плотного доломита.



а	Плотный доломит . . . . .	0.2 м
б	Доломит . . . . .	0.2 м
в	В Красноводских горах плотный доломит с 4—12 прослойками пепчювидного гипса (бурлачина) . .	0.9 м
г	„Бурлак“ в Антоновских горах . . . . .	1 м
д	Плотный доломит . . . . .	0.44 м
д <sup>1</sup>	„ „ „ . . . . .	0.04 м
е	„Неслух“ . . . . .	0.54 м
ж	Чугунина-доломит . . . . .	0.45 м
з	„Ледянка“ . . . . .	0.9 м
и	Мергелистый доломит, в некоторых местах в большей или меньшей степени кальцитизированный и отча- сти выщелоченный грунтовыми водами вдоль водо- носных горизонтов и превращенный здесь в мергель или даже в известковую глину . . . . .	3.6 м

Фиг. 2. Разрез через „переходную толщу“ казанского яруса.

„Неслух“ представляет собой пласт несплошного головчатого и ядрового гипса мощностью в среднем 0.54—1 м. Свое название он получил от того, что доставляет большие затруднения каменоломам при бурении шпуров, так как содержит большое количество более твердого мергелистого доломита. Ядра образованы из очень плотного тонкоигольчатого гипса.

Над „неслухом“ в Антоновских горах лежит сплошной пласт гипса, отделяясь от него только тонким прослойком доломита. Крестьяне называют этот верхний пласт „бурлак“. Он является здесь пластом сплош-

ного гипса с сетчатым строением, но местами переходит в пласт несплошного гипса. Гипс белого цвета и мощность его пласта достигает 1.5 м.

В Красновидовских горах этот сплошной пласт гипса отсутствует и замещен несколькими цепочковидными пластами гипса, образованными из мелких линз и головок, залегающих в плотном доломите. Число этих цепочковидных пластов колеблется здесь от 4 до 12, мощностью каждый в 0.05—0.1 м. Гипс этот розоватого цвета.

Пропластки эти называются крестьянами „бурлачина“.

Гипс из этих цепочковидных прослоев в Красновидовских горах добывается попутно при разработке пластов „ледянка“ и „неслуха“. Он имеет также тонкоигольчатое строение. Указанные три слоя гипса в переходной толще прослеживаются на всем протяжении от завода б. Большакова до Шорина оврага у с. Красновидова. Общая мощность гипса, разрабатываемого в указанных трех пластах „переходной толщи“, колеблется от 2 м в Красновидовских горах до 3 м в Антоновских и Богородских горах.

Залежи гипса в „переходной толще“ находятся и ниже с. Богородского. В Сюкеевском районе они разрабатываются, и гипс обжигается на заводике кустарного типа, принадлежащем Ачикову и находящемся у Долгополянского завода. В опоках гипсовые пласты имеются и около Печищ, но главная масса гипса здесь повидимому выщелочена.

Самые верхние пласты гипса, которые разрабатываются в Красновидовских и Антоновских горах, залегают уже в нижней части татарского яруса. Строение его здесь по моим исследованиям следующее:



а Мергелистый доломит . . . . .	
б „Головка“ . . . . .	0.3 м
в Мергелистый доломит . . . . .	0.3 м
г „Слоевая башка“ . . . . .	0.7 м
д Плотный доломит . . . . .	0.04 м
е „Слой“ . . . . .	2 м

Фиг. 3. Разрез через нижнюю часть татарского яруса.

В основании татарского яруса залегают пласт гипса, который крестьяне называют „слой“ (е). Он имеет в среднем мощность около 1 м, но в Антоновских горах она достигает местами 2 м. Он представляет



собой пласт гипса типа сплошного сетчатого гипса. Отдельные ядра из которых он образован, тесно сближены друг с другом и содержат только тонкую пленку доломита, намечающего отдельные ядра. На этом пласте гипса („слое“), отделяясь от него только тонким, до 3—4 см прослоем плотного доломита, залегает „слоевая башка“. Это пласт головчатого гипса, сцементированный плотным доломитом. Мощность его около 0.7 м. „Слоевая башка“ отделена от следующего пласта гипса — „головка“ — слоем плотного мергелистого известняка мощностью 0.3 м.

Пласт гипса, называемый крестьянами „головка“, представляет собой цепочковидный пласт головчатого гипса мощностью 0.3 м. Этот пласт состоит из отдельных головок гипса, сцементированных плотным мергелем. Отдельные головки гипса достигают 1.3 т веса. Они имеют шарообразную форму и сложены обычно из агрегата линз гипса, но иногда представляют собой отдельную единицу — скопление гипса конкреционного характера.

Эти три пласта в основании татарского яруса разрабатываются крестьянами одним уступом. В среднем общая мощность гипса, добываемого в этом уступе, доходит до 2.2—2.4 м.

В общем разработки гипса в обрывистом берегу р. Волги в Красновидовских и Антоновских горах имеют форму двух уступов, которые постепенно продвигаются вдоль берега вверх или вниз.

В глубину крестьяне не идут далее 2—3 м. После выработки гипса вышележащая толща быстро обрушивается, и крестьяне вновь начинают разработку гипса в этом месте.

Над пластом гипса „головка“ в нижней части татарского яруса имеется еще несколько цепочковидных пластов гипса и, кроме того, гипс распределен в этой толще в виде отдельных линз, желваков и головок. Крестьяне называют эти выделения гипса „выплавки“. Эти пласты ими не разрабатываются, хотя попутно оплывшие или обвалившиеся желваки „выплавки“ ими собираются и идут в общую массу алебастра. Распространение пластов, залегающих в основании татарского яруса, вниз по течению р. Волги точно неизвестно. Однако ниже д. Антоновки у Салтыковского взвоза гипс ломают только в „опоках“ и „переходной толще“. Распространение отдельных разрабатываемых пластов гипса в Казанском крае еще не прослежено достаточно точно, тем более, что в некоторых местах гипс из Пермской толщи уже выщелочен. Во всяком случае есть основания думать, что некоторые из этих пластов, как пласт четырнадцатиметровый из „подбоя“ и пятиметровый пласт из „опок“, имеют в Казанском крае очень большое распространение к северу от описанного района.

Что касается качества гипса, добываемого в Богородских, Антоновских и Красновидовских горах, то в дореволюционное время он делился на 2 сорта: алебастр и гипс.

Алебастром крестьяне называют гипс, добываемый из толщи „под-  
боя“, „опок“, „переходной“ и из основания татарского яруса. Гипсом же  
крестьяне называют только гипс, добываемый ими из пласта „головка“  
в татарском ярусе. Такое разделение основывалось на различном при-  
менении добываемого гипса. Алебастром они называли гипс, содержащий  
некоторое количество плотного доломита, который при добыче не отде-  
ляется от гипса, так как он цементирует отдельные ядра или мелкие  
головки гипса. Такой гипс шел в обжиг вместе с примешанным доломитом  
и употреблялся исключительно как алебастр на штукатурку.

Гипсом крестьяне называли гипс из пласта „головка“, потому что  
этот гипс очень чистый. Он не содержит в своей массе примеси доломита,  
с поверхности же боковая порода обмывалась течением р. Волги: шаро-  
образные массы „головок“ при добыче, скатываясь вниз по обрывистому  
берегу Волги, достигали воды, и в полую воду куски боковой породы  
с головок очищались Волгой. Вследствие своей чистоты гипс из „головок“  
после обжига употреблялся в медицине для гипсовых повязок и шел для  
отливки гипсовых фигур. До революции этот гипс ценился в пять раз  
дороже алебастра, т. е. гипса из других пластов. По словам крестьян  
в настоящее время гипс из головок отдельно не отсортировывается, а сва-  
ливается в общую массу, так как Татарсиликаттрест принимает от крестьян  
весь гипс по одной цене.

Казань. 1929.

## **B. Krotov. Gipslager des rechten Wolga-Ufers an der Kama-Mündung**

### **Résumé**

Im Kasan-Gebiet, am rechten Ufer der Wolga, zwischen den Dörfern  
Krasnowidowo und Bogorodskoe (50—75 km südlich von Kasan) befinden  
sich grosse Gipsvorkommen. Gips ist im Coniferen-Horizont der Kasa-  
nischen Stufe und im unteren Teile der Tatarischen Stufe (Perm) enthal-  
ten. Er wird von Dolomit und Anhydrit begleitet. Die Mächtigkeit der  
Gipsschichten erreicht 13—14 m. Der Gips ist weiss, manchmal rosa gefärbt,  
von feinkörniger und gitterartiger Struktur.

Л. М. Миропольский

## Пиритовые конкреции в юрских отложениях Чувашской АССР

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 14 мая 1929 года).

Летом 1927 г. при изучении полезных ископаемых на территории Чувашской Республики по поручению Комиссии экспедиционных исследований Академии Наук, мне пришлось, между прочим, встретиться в Цивильском уезде со скоплениями конкреций пирита по оврагам у д. Кармаец, Усландырь, Н. Урюмы, Кошноруй.

При внимательном изучении пород, выходящих в этих районах, оказалось, что конкреции вкраплены в юрские глины (главным образом Kl.i), откуда по мере разрушения последних конкреции вымываются и относятся в русла рек и оврагов. Пиритовые конкреции на обследованной территории не дают где-либо скоплений, заслуживающих промышленного значения, но я все же хотел бы здесь обратить особое внимание на район д. Кармаец, где мы находим, с одной стороны, наиболее полные данные условий их залегания и, с другой стороны, кое-какие данные к решению вопроса об их происхождении.

В районе д. Кармаец в этом отношении заслуживают особый интерес выходы юрских глин (Kl.i) по р. Агат, где пиритовые конкреции встречаются прослойками среди шести горизонтов. Для выяснения условий их залегания я ниже привожу данные обнажения юрских глин по оврагу „Хырле-Сют“ (на правом берегу р. Агат, у д. Кармаец). Здесь от русла реки на высоте 1.50 м выходят:

1. Темносерые, плотные, вязкие, неслоистые глины с тонкими (1—3 см) более песчаными и суглинистыми прослойками и редкими включениями плоских конкреций пирита в самом верху (I) . . . 12.40 м
2. Осыпь . . . . . 1.40 м

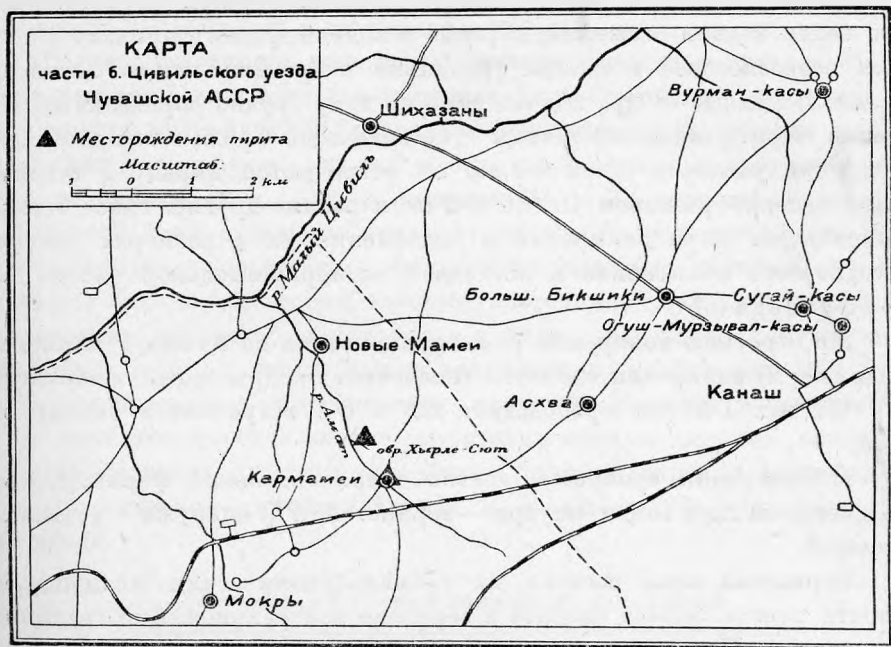
3. Темносерые, слегка пористые, распадающиеся на угловатые куски, глины с песчаными линзами светлосерого цвета, со включениями круглых и местами плоских конкреций пирита (II и III) и продуктов их изменения и конкреции сферосидерита. Конкреции пирита залегают двумя прослойками: 1-й от основания на высоте 0.80 м, 2-й — на высоте 1.40 м . . . . . 1.70 м
4. Осыпь . . . . . 1 „
5. Темносерые глины, очень близкие по свойствам с глиной 3 . . . . . 0.50 „
6. Осыпь . . . . . 5.60 „
7. Темносерые, плотные глины, сверху слегка слоистые и более песчаные. На высоте 0.50 м от основания имеются включения крупных плоских конкреций пирита (IV) и продуктов его изменения. В глине под конкрециями особенно много стяжений кристаллического гипса. В верхней части слоя редкая фауна и большое количество сгустков пирита (V) . . . . . 2.80 „
8. Осыпь . . . . . 2.80 „
9. Темносерые с желтоватым оттенком, слегка слоистые глины с редкими включениями в нижней части слоя плоских конкреций пирита (VI) . . . . . 10.60 „
10. Почва . . . . . 0.40 „

## Механический состав пород

Фракции	С л о и					
	1-й	Прослойк в 1-м слое	3-й	5-й	7-й	9-й
> 0.25 мм . . . . .	0.61	0.2	1.2	—	1.18	0.26
0.25—0.1 „ . . . . .	4.25	12.79	6.26	5.21	3.02	0.42
0.1—0.01 „ . . . . .	13.13	30.02	12.18	10.55	16.42	15.86
< 0.01 „ . . . . .	80.08	55.90	79.00	83.24	76.99	82.51
	98.47	98.91	98.64	99.00	97.61	99.05

Из приведенных анализов видно, что почти во всех породах доминирует фракция глинистых частиц  $< 0.01$  мм, фракция же песка во всех породах играет исключительно подчиненную роль. Если сопоставить результаты этих анализов, то станет необходимым отнести все эти породы к глинам, а прослойки — к суглинкам. Большое сходство у глин было установлено при микроскопическом и микрохимическом исследовании и в их петрографическом составе. Если в каплю дистиллированной воды поместить любую пробу из приведенных выше глин, то она всегда распадается на комочки, которые при последующем растирании иглой расплываются на составляющие ее части. Под микроскопом в составе их наблюдается

обычно почти одна и та же картина. В качестве постоянных и преобладающих частей в них входят: а) мельчайшие ( $< 0.001$  мм) бесцветные в большинстве случаев слегка обожженные пленочки, при перекрещенных николях не действующие или слабо действующие на поляризованный свет,



Фиг. 1.

которые в  $\text{HCl}$  не растворяются, а в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  растворяются и легко красятся фуксином; все это указывает на наличие каолинита, и б) бесцветные, прозрачные и более крупные ( $< 0.01$  мм), неправильных очертаний чешуйки, совершенно нерастворимые в кислотах, это — серицит.

В качестве подчиненных и второстепенных составных частей в глинах присутствуют: в) угловатые зерна кварца ( $0.1—0.001$  мм), и г) зерна и агрегаты пирита.

Спорадически встречаются обломки полевого шпата (ортоклаза и плагиоклаза), зерна глауконита, циркона и эпидота и продукты изменения пирита (гипс, сгустки гидроокиси Fe).

Как на особую и характерную черту песчаного прослойка в 1-м слое глин необходимо указать на наличие в нем большого количества отдельных кристаллов и сферолитов сидерита.

В приведенных юрских глинах пирит встречается в форме: конкреций (слои 1-й, 3-й, 7-й и 9-й); сгустков (7), и рассеянных микроскопических включений (слои 5-й, 7-й и 9-й).

I. Конкреции пирита по форме дают большие колебания, но при этом все они по системе W. Twenhofel (36)<sup>1</sup> относятся к 1-му типу (а). Преобладают обычно конкреции линзовидной и эллипсоидальной формы, но наряду с ними, хотя и значительно реже, встречаются всевозможные отступления в форме, обусловленные главным образом нарастанием на них более мелких стяжений, которые в конечном итоге придают конкрециям всевозможные и иногда уродливые очертания, как-то: ветвистые, сталактитовидные и др., подчас даже по виду трудно определяемые. Конкреции пирита также изменчивы и по величине. Среди них преобладают конкреции размером  $6 \times 3 \times 4$  см, но встречаются наряду с такими и более плоские размером  $10 \times 6 \times 2$  см и разные другие. Такое большое разнообразие форм конкреций и отклонения их в размерах частично находит себе объяснение в последней экспериментальной работе Б. В. Перфильева (6).

По строению конкреции резко различаются на 3 типа: 1) конкреции зонарные; 2) конкреции слоистые (полосатые), и 3) конкреции зернистые.

Из них 1-й тип преобладает, 2-й и 3-й встречаются значительно реже.

1. Конкреции зонарные обычно эллипсоидальной формы. Состоят они всегда из двух зон: а) внутри — зернистой, и б) снаружи — радиально-лучистой.

Зернистая зона состоит из субмикроскопических индивидуумов и почти всегда бывает разбита в середине контракционными трещинами и полостями. Последние покрыты с поверхности корочкой мелких кристалликов пирита (с ограничениями куба и октаэдра). На периферии их иногда присутствуют: корочки халцедона, кристаллического барита с ограничениями обычных форм (001), (110) и (011), примазки белого водного сульфата Fe — кокимбита и отдельные кристаллы гипса. Редко гипс в виде марьиного стекла выполняет нацело все трещины и полости у конкреций. В преобладающем количестве конкреций контракционные трещины появляются из центра, откуда они расходятся в стороны веерообразно, как бы в виде радиусов, которые затем в свою очередь разветвляются на более мелкие. Реже в конкрециях обособляются два центра, из которых расходятся контракционные трещины. Иногда последние располагаются концентрически, параллельно поверхности, образуя как бы скорлуповатую отдельность. От них в свою очередь отходят почти перпендикулярно им ответвления, которые разбивают внутреннюю часть конкреций на участки, более или менее близкие по форме к трапеции. Под микроскопом зернистая зона внутри, ближе к центру, является плотной

<sup>1</sup> Числа в скобках позади фамилий обозначают ссылки на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

и более тонкозернистой, к периферии она становится более пористой и более крупнозернистой, но это явление наблюдается не всегда. Побочных включений в этой зоне много и преобладают по преимуществу более тонкий илистый материал размером  $< 0.01$  мм. В состав его входят угловатые зерна кварца, чешуйки слюды и реже обломки сильно измененного полевого шпата и глауконита.

Радиальнолучистая зона всегда меньше развита, в среднем обычно не превышает 5 мм, но иногда достигает 1 см. Состоит она из отдельных удлиненных индивидуумов, радиально расположенных, обычно расширяющихся к периферии, где они иногда заканчиваются ясно ограниченными головками куба (100) и октаэдра (111). На стороне, обращенной к зернистой зоне, отдельные индивидуумы тоньше и ясных ограничений не имеют. Даже больше того, они как-то незаметно появляются в ней, вначале в виде мелких зерен, которые, постепенно увеличиваясь в одном направлении, незаметно переходят в иголки радиальнолучистой зоны. Благодаря этому граница между зернистой и радиальнолучистой зонами ступневывается и становится неясной. Изредка в конкрециях этого типа встречаются вполне пиритизированные остатки аммонитов со всеми деталями их строения. Очень близкую картину строения зонарных конкреций пирита наблюдал Н. Machias (26) в сланцах Пенсильвании.

Химический состав зонарных конкреций

Химический состав	Пирит из радиальнолучистой зоны	Пирит из внутренней зернистой зоны
Нерастворимый остаток . . . . .	5.12%	15.64%
Fe . . . . .	44.58	39.85
S . . . . .	49.23	43.98
	98.88	99.47

2. Слоистые конкреции характеризуются линзовидной формой и в противоположность конкрециям 1-го типа всегда плотные и не имеют контракционных трещин. Состоят они из отдельных микроскопически ясно различных полосок. Каждая такая полоска состоит из зерен пирита. Отличие в строении их обуславливается тремя моментами: 1) формой отдельных индивидуумов, составляющих полоски (зерна — иголки); 2) величиной их (0.1—0.01 мм), и 3) количеством включений.

На разломах некоторых конкреций этого типа замечено, что полосатое строение их обусловлено пульсацией роста.

3. Зернистые конкреции по форме вполне сходны с конкрециями 1-го типа, но в противоположность им они всегда плотные и никогда не обнаруживают зонарного строения. Конкреции этого типа встречаются среди сильно песчаных глин. Макроскопически они состоят из большого количества включений кластического материала, который сцементирован пиритом. Под микроскопом среди включений преобладают зерна кварца, реже встречаются зерна глауконита, полевого шпата, чешуйки слюды (серицита). Количество кластического материала в конкрециях этого типа иногда достигает 40—50%. Присутствие марказита в конкрециях всех трех типов реакцией I. Brush и S. Penfield (14) не обнаружено.

II. Сгустки пирита установлены мною по направлению слоистости лишь в 7-ом горизонте. На разломах перпендикулярных к слоистости сгустки имеют вид мелких листочков, лепешек, линзочек, размера в среднем  $1\text{ см} \times 0.3\text{—}0.4\text{ см} \times 1.5\text{ см}$ , обычно, без резких границ совершенно незаметно переходящих в боковую породу. Вокруг них порода всегда светлее окрашена, образуя как бы ореол на 4—5 мм в стороны. На разрезах параллельно слоистости эти сгустки пирита имеют вид пятен, неправильных контуров, темноокрашенных, с кольцом (на 4—5 мм) вокруг себя более светло окрашенной породы. По общему виду они чрезвычайно напоминают снимок G. Thiel (34) экспериментально воспроизводимых образований марганцовых руд колонией *Oidium manganifera beta*, где также резко выделяется посредине поля черное пятно марганцовых руд и светло окрашенное кольцо вокруг него с зачаточным образованием тех же руд.

Генетически, в появлении колец вокруг пятен марганцовых руд, с тем, что мы имеем в сгустках пирита, ничего общего не имеется, так как здесь мы имеем лишь ослабление окраски в силу извлечения сульфида Fe из окружающих пород. В двух экземплярах таких пятен пирита найдены остатки аммонитов. По форме и свойствам они вполне аналогичны тем пятнам, где остатков аммонитов и не было встречено. Под микроскопом, пятна, сгустки пирита, состоят из кристаллических зерен пирита в разных точках не одинаково густо расположенных, с большим количеством примеси тонколистого материала. В начале у меня явилось предположение о мельниковите, но реакциями 10% раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ , HCl и 10% раствора соды мельниковит не обнаружен. Также не установлен и марказит.

III. Микроскопические включения пирита в глинах чрезвычайно обильны и наличием их обусловлен в значительной степени темный цвет глин. Особенно богаты ими горизонты 5-й, 7-й и 9-й. Форма и величина микроскопических включений чрезвычайно варьирует. С одной стороны,



Анализы пиритовых сгустков

Химический состав	1-й образец	2-й образец
Fe . . . . .	26.33%	24.41%
S . . . . .	26.42	25.61
Нерастворимый остаток . . . . .	30.83	35.75
	83.58	85.77

это агрегат (0.1—0.05 мм) мелких зерен пирита типа конкреции, с металлическим блеском и характерным цветом, с другой — это сгустки тяжи темносерого цвета, без металлического блеска, криптористаллического строения. По форме, первые чаще всего приближаются к шартику, реже они оазываются вытянутыми по одному направлению и тогда принимают форму палочки, или же загибаясь и переплетаясь по несколько, дают формы близкие к спирали, цепочке, сетке, а местами как бы целые колонии их. Вторые, наоборот, никакой определенной формы не имеют. Это чаще всего пятнышки неправильных очертаний, либо удлиненные тяжики вокруг зерен кластического материала. Очень часты в глинах явления поверхностного изменения включений, выражающиеся в появлении вокруг них гидроокиси Fe. Величина включений колеблется в очень больших пределах, от ясно видимых даже макроскопически, до мельчайших зерен, едва заметных под микроскопом. Микрхимическими испытаниями мельниковита и марказита среди включений не обнаружено.

Таким образом, из всего приведенного выше ясно, что сернистое железо в юрских отложениях в районе д. Кармаеи очень распространено и всецело должно быть отнесено к пириту.

Возникает вопрос, каким условиям обязано такое большое распространение пирита в юрских отложениях и, в частности, когда и каким способом могли образоваться конкреции пирита?

I. Обычно, по происхождению пиритовые конкреции в осадочных породах классифицируются на сингенетические (образование одновременное с породой) и эпигенетические (образование более позднее). Большинство исследователей пиритовых конкреций в юрских отложениях СССР придерживается первого взгляда. На это указывают в своих работах А. Е. Ферсман (9), Я. В. Самойлов (8), В. Doss (17) и др.

Пиритовые конкреции в юрских отложениях окрестности д. Кармаеи имеют несомненно сингенетическое происхождение. За такой взгляд говорят следующие факты:

1. Ленточное расположение пиритовых конкреций параллельно слоистости [лентукулярность в залегании по Н. Machias (26) и W. Тааг (33)].

2. Полная пиритизация раковин и сохранность деталей строения их внутри некоторых конкреций, что возможно только при замещении их вскоре после смерти и при наличии соответствующего материала в момент их образования.

Н. Machias и W. Тааг, изучавшие пиритовые конкреции в сланцах Пенсильвании, оба эти факта считают доказательством сингенетического происхождения их пиритовых конкреций.

Косвенно на это же указывает: 1) труднопроницаемость пород, содержащих конкреции, которая затрудняет свободную циркуляцию мигрирующих растворов, чтобы агрегировать рассеянный материал в конкреции в более позднее время, и 2) слабая окисленность и сохранность их в глинах даже в самых верхних горизонтах (9 слой), что подтверждает это и указывает, что миграция растворов в глинах затруднена.

Если придерживаться противоположного взгляда, т. е. эпигенетического происхождения конкреций, то необходимо было бы допустить для этого наличие таких фактов как: 1) выделение пирита по трещинам; 2) более сильное изменение конкреций по сравнению с наблюдаемым в действительности, и 3) наличие в конкрециях остатков материала, в результате замещения которого конкреции получились.

Означенных фактов при изучении залегания конкреций я не наблюдал, и, таким образом, доказательств для ответа на эпигенетическое происхождение пиритовых конкреций я не нашел. Поэтому, казалось бы, высказанное мною вначале предположение о сингенетическом их происхождении должно быть более вероятным и более согласующимся с данными других исследователей.

II. Исходным продуктом пиритовых конкреций, особенно зонарных был несомненно гель сульфида Fe, который впоследствии перекристаллизовался и дал пирит. Прямых доказательств к такому утверждению я при изучении конкреции пирита не имел, но подтверждением этого служит самое строение конкреций.

На самом деле, такие факты как: 1) наличие контракционных трещин во внутренней мелкозернистой зоне, и 2) мелкозернистое строение внутренней зоны конкреций сильно заставляют предполагать о коллоидальном характере исходного продукта пиритовых конкреций и относить их согласно E. T. Wherry (39) и W. Lindgren (25, p. 27) к метаколлоидам (перекристаллизованным коллоидам). Первый факт является особенно показательным, ибо хорошо известно, что контракционные трещины обычно объясняются явлениями дегидратации коллоидальных гелей в момент консолидации их. На это указывают в своих работах W. Newhouse (27), J. Gill (20), W. Lindgren (25, p. 190), F. Bernauer (13),

а также R. Reed (28) при изучении конкреции аррагонита из Калифорнии. Мелкозернистость и субмикроскопическое строение внутренней зоны, а также наличие местами большого количества адсорбированного илистого материала как будто бы все это лишь подтверждают. Присутствие радиальнолучистой зоны у конкреций указывает на последующий рост их в илу из электролитных насыщенных растворов путем диффузии, что вполне подтверждается опытами A. R. Whitman (40), которому искусственно удалось получить конкреции пирита величиной с яйцо в каолине вокруг искусственно выделенных кристалликов пирита, образование которых он позднее объяснил диффузией. С этой точки зрения, я считаю сохранившиеся сгустки пирита в 7-м слое исходным и начальным моментами образования пиритовых конкреций в юрских отложениях окрестностей д. Кармамен.

III. Исходя из сферической формы конкреций и состояния первичного исходного продукта, казалось бы, можно было объяснить их образование двойным образом: 1) явлением коагуляции из коллоидальных растворов, и 2) участием животных организмов.

Первая теория в последние годы находит среди геологов много сторонников, которые приписывают образование сферических агрегатов аморфного и кристаллического строения явлениям коагуляции коллоидальных растворов, без всякого участия животных организмов. Действительно, опытами за последнее время было доказано, что при некоторых условиях коллоидальные растворы при коагуляции дают сфериты. Так, H. Schade (29), работая над мочевыми (почечными) камешками, показал, что они образуются из коллоидального состояния при переходе эмульсии в твердое состояние. G. Linck (24) экспериментально доказал, что карбонат кальция, осаждаясь, дает вначале тонкий „mud“, из которого впоследствии образуются оолиты. T. W. Vaughan (38) и W. H. Bucher (15) это подтвердили. W. Lindgren (25, p. 324) также указывает, что оолиты кальция в своем развитии проходят стадию геля. W. A. Taar (32) получал при добавлении кремневой кислоты к раствору NaCl с содержанием других соединений соответственно морской воде при некоторой концентрации желатинозный осадок  $\text{SiO}_2$ , принявший впоследствии вид маленьких шариков на дне сосуда. Van Hise и C. R. Leith (37) получили искусственно гриналит вначале в виде хлопьев, затем изменившихся в зернистые сфериты. J. Gill (20, p. 694) при обсуждении генезиса также держится того мнения, что строение сферических образований обусловлено коагуляцией эмульсоидов и суспензоидов. Прямых же указаний на получение сферических агрегатов пирита таким способом в литературе я не нашел. Имеется лишь указание у W. Lindgren (25, p. 302) на оолитовые породы в окрестностях Wabana, Newfoundland, Cleveland Hills в Англии, но генезис их в этих районах не считается еще пока установленным.

Вторая теория образования конкреций при участии организмов имеет большую давность и она часто применяется к образованию, в частности, пиритовых конкреций. Роль организмов при этом сводится согласно этой теории к выделению тонкоколлоидального осадка, который затем, накапливаясь и собираясь в более или менее сферические формы, позднее кристаллизуется и образует сфериты (в частности конкреции). Но здесь возникает вопрос, как можно представить образование исходного продукта пиритовых конкреций? Большинство исследователей пиритовых образований в осадочных породах объясняет образование исходного продукта на основании воспроизводимых экспериментов и обычной ассоциации пирита с породами богатыми органическим веществом, тремя путями: 1) восстановлением растворов сульфата и тиосульфата Fe органическим веществом; 2) жизнедеятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий из растворов сульфатов и тиосульфатов Fe, и 3) действием  $H_2S$  на растворы сульфата и карбоната.

Большинство прежних исследователей придерживается первого взгляда, правда, без экспериментальных на то данных, а лишь на основании обычной ассоциации их с породами, богатыми органическим веществом, таких как например угли, сапрпель и др. Произведенные же с этой целью поверочные испытания E. T. Allen, J. L. Crenshaw и J. Johnston (10) в среде без бактерий дали пока отрицательные результаты. Такие же данные были получены в 1922 г. J. W. Gruner (21) в его экспериментах с осаждением сернистого Fe. Поэтому, казалось бы более целесообразным рассматривать роль этого факта в освещении двух последних взглядов, которые несомненно стоят ближе к истине.

Второй взгляд на образование исходного продукта пирита предусматривает в растворе существование сульфатвосстанавливающих бактерий, которые в процессе своей жизнедеятельности способны были бы расщеплять сульфаты и тиосульфаты Fe и (путем удаления из них кислорода) освобождать сульфид Fe. Соответствующие бактерии изучены и они описаны у W. Twenhofel (36, p. 335). Опыты, подтверждающие этот взгляд на образование пирита были сделаны целым рядом лиц, как-то, A. O. Hayes (23), W. M. Beijerinck (12), Г. Потонье (7), E. C. Harder (22), в последнее время G. A. Thiel (34, p. 307 и 35, p. 299), J. Gruner (21, pp. 430—447).

Третий взгляд требует для образования сульфида Fe присутствия  $H_2S$ . Образование его в растворах может быть представлено несколькими путями: а) гнилостными бактериями через разложение серосодержащих протеинов в органическом веществе; в) бактериями, действующими на свободную серу; с) сульфатвосстанавливающими бактериями на сульфаты и тиосульфаты Fe в условиях анаэробиза, и д) действием  $CO_2$  на сульфиды Fe с образованием карбонатов Fe.

Возможность образования сульфидов Fe таким путем чрезвычайно энергично поддерживается в последнее время W. A. Taar (33), H. E. Machias и W. H. Newhouse (27, p. 73). Мне кажется, два последние взгляда, применительно к образованию сульфида Fe в естественных условиях, трудно разграничить, так как они тесно связаны в своем существовании и взаимно дополняют друг друга.

В каких условиях эти два фактора могут вызвать образование сульфида Fe, дает ответ W. A. Taar (33). Он считает, что наиболее подходящими для этих условий являются неглубокие морские депрессии (в частности лагуны), где отсутствует течение и обмен, а так как сульфатовосстанавливающие бактерии и гнилостные — анаэробы, то в этой среде деятельность их является наиболее активной. E. Bastin (11) к этому добавляет, что аналогичные условия могут существовать также и в грунтовых водах и у берегов моря, где также имеются сульфатовосстанавливающие и гнилостные бактерии и где, благодаря их жизнедеятельности, имеется значительное количество  $H_2S$ . В качестве примера им приводится обильное распространение  $H_2S$  в проливах Голландского побережья, в Черном море, в грунтовых водах нефтяных месторождений Америки. Из последних месторождений, между прочим, ему удалось даже выделить три вида сульфатовосстанавливающих бактерий Fe. Другие исследователи как-то: G. A. Thiel (35), W. Twenhofel (36, p. 333—335) и F. W. Clarke (16) вообще считают сульфатовосстанавливающих бактерий очень распространенными в илу и глинах морей и океанов. В литературе помимо мест, приведенных Bastin частью известных еще раньше из работ Doss, в настоящее время известен целый ряд других мест, где имеются аналогичные условия и где по сие время идет образование сернистого Fe. Так, B. Doss (17, p. 689—693), G. E. Siebenthal (31), H. Андрусов (1), М. Егуков (3), Б. Исаченко (4), Н. Книпович (5), А. Д. Архангельский (2) и другие дают целый ряд указаний о таких районах в СССР. G. Forchhammer (19), а после Г. Потонье (7) — дают подобные указания о Германии. В настоящее время в этом отношении особо интересно в качестве примера образование моносульфида Fe в Черном море. Гидрологические и биологические условия этого бассейна известны по работам Н. Книповича, Н. Андрусова и А. Архангельского. Я оставляю в стороне установленное ими вертикальное распределение изолиний гидрологических элементов как-то: соленость, плотность и др. Я позволю себе лишь указать, что своеобразное распределение плотности, по Архангельскому, ограничивает вертикальную циркуляцию вод на глубину и тем самым обуславливает изменение газовых составных частей воды, а отсюда и биохимизма. А. Архангельский на этом основании различает поверхностную зону (с O) и нижнюю зону, обогащенную  $H_2S$ . Воды последней зоны населены только анаэробными бактериями, а существа

более высокоорганизованные встречаются здесь лишь в виде трупов, опускающихся на дно из верхнего слоя воды. Очень близкие условия распространения газов и, в частности  $H_2S$  в морской воде, обусловленных бактериальной средой, дает Twenhofel. Им с этой целью дана даже целая схема. При допущении, что восстановительные процессы на дне Черного моря, а также и в других местах могут продолжаться долгое время, значение этого процесса как фактора осаждения сульфидов Fe едва ли может подлежать сомнению.

Форма осажденного при таких условиях сульфида Fe не совсем еще ясна. Большинство исследователей считают его за гель. Так W. Taar (32, p. 734) в последней работе о пиритах Пенсильвании указывает, что первичный сульфид Fe имел вначале вид черного геля (мельниковит), который впоследствии при добавлении свободной S, выделяемой серобактериями, существующими в тех же условиях, изменялся в пирит, реже — в марказит. F. Clarke, H. Schneiderhöhn (30), W. Newhouse (27, p. 73), М. Егукон, J. Gruner держатся того же взгляда. С этой целью Newhouse получил экспериментально из растворов  $FeSO_4$ , при прохождении  $H_2S$ , сульфид Fe. Полученный продукт оказался очень близким к продукту, также искусственно полученному и описанному B. Doss, который признал его за гель сульфида Fe и считает его за исходный продукт, впоследствии переходящий в пирит. На этом основании B. Doss (17), как известно, даже вывел следующий ряд: троилит-гель → мельниковит-гель → мельниковит-пирит.

В последнее время такие же гели сульфида Fe были экспериментально получены G. Thiel (34) и J. Gruner (21, p. 407).

По вопросу о переходе геля сульфида Fe в кристаллический пирит в литературе известны лишь прежние опыты Бишофа, Carpenter и W. Feld (18). Более новых и уточняющих опытов в этом отношении пока не имеется.

Из этих двух теорий для объяснения образования пирита в юрских отложениях окрестностей Кармаеи заслуживает большего внимания вторая, предполагающая при образовании пирита участие организмов. Подтверждением этого могут служить следующие факты:

1) восстановительный характер среды, в которой шло образование пирита и его спутников (на этот факт указывал еще раньше А. Е. Ферман для других районов);

2) обычное отсутствие фауны в глинах, за исключением горизонта 7-го и 1-го, где были единичные находки ее, которые может быть можно рассматривать в понимании А. Архангельского „как трупы“;

3) обилие пирита, косвенно указывающее на присутствие в прошлом  $H_2S$ ;

4) присутствие пиритовых сгустков вокруг раковин, и

б) форма многих микроскопических включений, напоминающих колонии бактерий, подобная изученной Н. Scheiderböhn (30) для Kupferschiefer Германии.

Если все это учесть, то станет необходимым полагать, что Юрское море (Кл.и) на территории Чувашской Республики в районе д. Кармамен представляло, повидимому, такой участок моря, где был застой вод и где условия были, может быть, близкими условиям Черного моря, благоприятствовавшим развитию анаэробных бактерий, сульфатвосстанавливающих и гнилостных. Первые участвовали в восстановлении сульфатов Fe с образованием сульфидов Fe и при этом также служили источником  $H_2S$ , а вторые, производя гниение органического вещества, пополняли количество  $H_2S$  и вместе с тем усиливали осаждения сульфидов Fe вокруг гниющих остатков и подчас замещали их нацело. Если это так, то сгустки пирита вокруг раковин необходимо рассматривать как начальную стадию образования пиритовых конкреций.

Резюмируя все приведенное выше, я прихожу к следующим выводам:

1) конкреции пирита являются синтететическим образованием, т. е. одновременным с вмещающими их породами;

2) гель сульфита Fe (вернее моносulfида) — надлежит считать исходным продуктом конкреций, который впоследствии изменился в пирит;

3) образование первичного сульфидов происходило при участии бактерий (сульфатвосстанавливающих и гнилостных) из растворов сульфата и тиосульфата Fe;

4) образование конкреций должно быть отнесено насчет первичного сульфидов в момент консолидации осадков;

б) рост конкреций частью продолжался и после путем диффузии.

Но был ли исходным продуктом пиритовых образований гидротроилит, гидромельниквит или гельмельниквит, ответа на этот вопрос в юрских глинах окрестностей Кармамен я не получил.

Казань. 1929.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрусов, Н. И. — З. АН, сер. VIII, 1894, 1, № 1; он же. И. Геогр. общ., 1892, 28 и 1902, 38.
2. Архангельский, А. Д. — Нефт. хоз., 1926 и Bull. Soc. Nat. Mosc., 1927, 35, 199.
3. Егукон, М. — Е. геол. и мин. Росс., 1897—98, 4, 157—180.
4. Исаченко, Б. Н. — Исследования над бактериями Сев. Ледовитого океана. Т. Мурм. Н.-Пром. эксп. 1906 г., II., 1914, 160—259.
5. Книпович, Н. — И. Центр. гидрометр. бюро, 1925, 4 и — Т. Аз.-Черном. Н.-Пром. эксп., 1926, вып. 1.
6. Перфильев, В. В. — И. Геол. ком., 1926, 45, № 7, 795.
7. Потонье, Г. Сапропелиты. Сер. Нефт. и сл. хоз., 1920, 169—170.

8. Самойлов, Я. В. — Т. Ком. Моск. с.-х. инст. по иссл. фосфоритов, 1909, 1, 148 u. 1910, 2, 144.
9. Ферсман, А. Е. — Геохимия России, 1922, 1, 131—157.
10. Allen, E. T., Crenshaw, J. L. u. Johnston, J. — Am. J. Sci., ser. 4, 1912, 13, 171—172.
11. Bastin, E. S. — J. of Geol., 1926, 34, № 8, 773.
12. Beijerinck, W. M. — Cbl. f. Bakter., Ser. II, 1894, 1, 1—9, 104—114.
13. Bernauer, F. Die Kolloidchemie als Hilfswissenschaft d. Min., 1924, 5.
14. Brush, I. u. Penfield, S. — Determ. Min., N. York., 15 ed., 1899, 252.
15. Bucher, W. H. — Bull. Geol. Soc. Am., 1918, 103.
16. Clarke, F. W. — Bull. U. S. Geol. Surv., 1924, 770, 150, 203.
17. Doss, B. — N. Jb. Min., 1912, Beil.-Bd. 33, 662.
18. Feld, W. — Z. f. angew. Chem., 1911, 24, 97.
19. Forchhammer, G. — Report of Brit. As. f. Adv. of Sci., 1844, Meet. 14, 155—169.
20. Gill, J. — Econ. Geol., 1927, 22, № 7, 703.
21. Gruner, J. W. — Econ. Geol., 1922, 17, № 6, 445.
22. Harder, E. C. — U. S. Geol. Surv., 1913, 30.
23. Hayes, A. O. — Mem. Geol. Surv. Canada Dept. of Min. 1915, 78, № 66, Geol. ser., 96.
24. Linck, G. — N. Jb. Min., 1903, Beil.-Bd. 16, 495—513.
25. Lindgren, W. — Mineral Deposits, Ed. 3, 1928.
26. Machias, H. — J. of Geol., 1928, 36, № 5, 440.
27. Newhouse, W. H. — J. of Geol., 1927, 35, № 1, 82.
28. Reed, R. — J. of Geol., 1926, 34, № 3, 839.
29. Schade, H. — Z. Chem. u. Ind. d. Koll., 1909, 4, 175—180 u. 260—266.
30. Schneiderhöhn, H. — N. Jb. Min., Beil.-Bd. 47, 1—47.
31. Siebenthal, G. E. — Bull. U. S. Geol. Surv., 1915, 605, 63.
32. Taar, W. A. — Am. J. Sci., 1917, 44.
33. Taar, W. A. — J. of Geol., 1928, 36, № 5, 434.
34. Thiel, G. A. — Econ. Geol., 1925, 20, № 4, 301.
35. Thiel, G. A. — Econ. Geol., 1926, 21, № 3, 299.
36. Twenhofel, W. — Treatise on sediment, 1926.
37. Van Hise u. Leith, C. R. — Mon. U. S. Geol. Surv., 1911, 52, 522.
38. Vaughan, T. W. — Carnegie Inst. Wash., 1914.
39. Wherry, E. T. — J. Wash. Acad. Sci., 1914, 4, 112.
40. Whitman, A. R. — Econ. Geol., 1913, 8, № 5 u. 1928, 23, № 5, 487.

## L. Miropolskij. Konkretionen von Pyrit im Jura des Tschuwaschen-Gebiets

### Résumé

In jurassischen Tonen in der Nähe des Dorfes Karmamea (Kreis Zivilsk der Tschuwaschen-Republik) ist Schwefeleisen in Form von Pyrit in verschiedenen Horizonten sehr verbreitet.

Es findet sich teils in mikroskopischen Einschlüssen, die zu einem gewissen Grade die dunkle Färbung der Tone hervorrufen, teils bildet es kleine Blättchen u. Linsen längs der Schichtung, die eine unregelmässige Form haben u. immer um sich einen Ring von heller gefärbtem, geblichenem



Ton besitzen. Endlich sind noch Pyritkonkretionen verschiedener Form u. Grösse sehr verbreitet, zumeist linsenförmig u. ellipsoidal, überwiegend von zonalem Bau, von Kontraktionsrissen durchsetzt.

Verf. steht auf dem Standpunkte, dass es syngenetische Bildungen sind, darauf weist einerseits die Verteilung der Konkretionen nach der Schichtung hin und andererseits die vollkommene Pyritisierung der darin enthaltenen Muscheln, wobei die Einzelheiten ihrer Struktur beibehalten sind.

Das Eisensulfid (Monosulfid) muss ursprünglich ein Gel gewesen sein, welches sich später in Pyrit verwandelte; dies ist aus dem feinkörnigen Bau der zentralen Teile der Konkretionen zu ersehen, in denen auch Kontraktionsrisse zu verzeichnen sind.

Verf. nimmt an, dass die Bildung des Sulfids aus Sulfat- u. Thiosulfatlösungen durch Bakterien hervorgerufen wurde. Die Bildung der Konkretionen aus dem Sulfid verlief gleichzeitig mit der Konsolidation der Sedimente, wobei ihr Wachstum, durch Diffusion bedingt, fort dauerte.

Die Natur des ursprünglichen Materials der Pyritbildungen, die Zugehörigkeit zu Hydrotroilit, Hydromelnikowit oder Melnikowitgel, konnte an dem untersuchten Material nicht aufgeklärt werden.

Э. М. Бонштедт

## О лампрофиллите Хибинских и Ловозерских Тундр

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 19 декабря 1929 года)

Лампрофиллит впервые открыт был W. Ramsay как один из второстепенных минералов луяврита и был описан (1)<sup>1</sup> им как ловенитоподобный новый минерал. V. Naskapan (2) описывает тот же минерал в хибините из Умптека и называет этот „астрофиллитоподобный“ минерал лампрофиллитом.

К сожалению, упомянутые ученые ограничились лишь предварительными данными и, хотя в 1897 г. Ramsay (3), упоминая о лампрофиллите и говорит, что в скором времени им будет дано подробное описание этого нового минерала, повидимому, материал его так и остался необработанным. Во время повторных экспедиций в щелочные массивы Кольского полуострова под общим руководством акад. Ферсмана, за 1920—1929 гг. было собрано большое количество лампрофиллитов в обоих массивах. Эта коллекция и послужила материалом для настоящей работы.

### Физическая характеристика

Лампрофиллит образует выделения различной величины, начиная от мельчайших, иногда хорошо образованных золотистобурых удлиненных кристалликов, особенно характерных для Луявурта, и кончая крупными пластинчатыми выделениями также вытянутыми по оси Z и достигающими, например в месторождении Кукисвумчорра, в длину 17—20 см при ширине до 5 см. Цвет минерала золотистобурый, на спайных плоскостях кажется то темнобурым, то золотистобурым, иногда имеет краснобурый оттенок; мелкие кристаллики и звезды луявуртского лампрофиллита более светлые, золотистожелтые. В тонких осколках минерал

<sup>1</sup> Числа в скобках позади фамилий обозначают ссылки на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

просвечивает. Блеск на плоскостях спайности полуметаллический. Излом неправильный. Черта бледно бурожелтоватая, почти белая. Твердость между 2 и 3. Минерал хрупкий. Удельный вес лампрофиллита определил впервые Ramsay, который дал величину 3.45. Опубликованный в работах А. Е. Ферсмана (5 и 6) удельный вес 3.35 был определен для лампрофиллита жилы 580 м К. Ф. Белоглазовым, но как последний указывал, он имел в своем распоряжении нечистый материал, и на самом деле удельный вес вероятно больше. И. Д. Старынкевич получила для лампрофиллита из жилы Черника удельный вес 3.48 и для жилы 580 м — 3.53.



Фиг. 1.

Спайность по (100) весьма хорошая, минерал легко колетса по этому направлению и разделяется на тонкие пластинки. Кроме этой, ясно выраженной спайности, на кристаллах 3-го цирка Кукисвумчорра удалось наблюдать слабо выраженную спайность по (010), которая однако в шлифах наблюдалась неоднократно и отмечена была еще С. С. Смирновым (4), принимавшим ее за (001). Более часто встречается спайность по двум направлениям, образующим между собой угол около  $65^\circ$  и почти перпендикулярным к совершенной спайности. Эта спайность обуславливает столь характерный у лампрофиллита

излом, встречающийся на спайных осколках: нередко такие кусочки, разбитые по спайности, ограничены зигзагообразной линией, выступающей особенно ясно в шлифах, приготовленных по спайности (100). Быть может эти направления спайности соответствуют форме (011); они слабы и точной установке на столике Федорова не поддаются. Схематически, системы спайности, выступающие на шлифах, приготовленных параллельно (100), изображены на прилагаемом чертеже (фиг. 1): вертикальная спайность соответствует (010), перекрещивающаяся под углом около  $65^\circ$  — вероятно (011).

*Оптическую характеристику лампрофиллита* впервые дали Ramsay и Haskman. Они характеризуют его как минерал близкий к астрофиллиту, но с обратной абсорбцией, по светопреломлению и двупреломлению отвечающий астрофиллиту. Согласно их данным плоскость оптических осей перпендикулярна плоскости совершенной спайности;  $n_g$  следует удлинению, причем наблюдался небольшой угол затемнения по отношению к спайности. Плеохроизм в листочках:  $n_g$  бурожелтый  $> n_m$  светложелтого; в шлифах  $n_p$  соломенножелтый  $\leq n_m$  соломенножелтого  $< n_g$  оранжевожелтого. На плоскости спайности они отмечают выход тупой отрицательной биссектриссы с очень большим углом оптических осей. Двойники очень обычны, встречаются полисинтетические двойники.

В 1921 г. С. С. Смирновым (4) было изучено несколько шлифов лампрофиллита, привезенного экспедициями А. Е. Ферсмана. Исследо-

вание велось исключительно лишь методом Федорова в белом свете. В отличие от Наскманн им установлено, что плоскость оптических осей почти совпадает с плоскостью спайности и  $n_m$  является перпендикуляром к ней. Средний коэффициент преломления, определенный Смирновым по методу В. В. Никитина:  $n = 1.73$ ;  $n_g$  — коричневожелтый,  $n_m$  желтый и  $n_p$  лимонножелтый слабо различаются,  $n_g - n_p = 0.040$ ,  $n_g - n_m = 0.036$ ,  $n_m - n_p = 0.004$ ,  $2V = +40^\circ$ ,  $\rho > \nu$ , двойники по (100).

Нами был изучен ряд шлифов лампрофиллита из различных месторождений. Лампрофиллит в шлифах наблюдается в виде интенсивно окрашенного в желтый цвет минерала с высоким двупреломлением. Характерна весьма совершенная спайность по одному направлению (100). Выделения его являются сильно вытянутыми по оси Z. Повсюду мы наблюдали, согласно с данными Смирнова, что плоскость оптических осей лишь немного уклоняется от совпадения с плоскостью совершенной спайности, и таким образом  $n_m$  почти  $\perp$  к плоскости спайности;  $n_g$  следует удлинению, угол погасания доходит до  $8^\circ$ , хотя необходимо указать, что наблюдения на столике Федорова указывают на некоторые колебания оптической ориентировки минерала. Исследование лампрофиллита очень затрудняется тем, что он обладает очень сильной дисперсией, при наблюдениях в белом свете он не гаснет, а происходит быстрая смена буроватых тонов на синеватые. На разрезах, параллельных спайности, типично волнистое погасание. Изучение его пришлось вести в однородном свете, установка на Федоровском столике производилась в натровом свете и, несмотря на тщательную работу, получались некоторые колебания. Ниже приводится ряд данных, полученных при измерении углов между  $n_g$ ,  $n_m$  и  $n_p$ , с одной стороны, и перпендикуляром к совершенной спайности, с другой.

№ шлифа	Месторождение	$n_g$	$n_m$	$n_p$
203	пирк Географов . . . . .	81.5	8.5	87
419	жила Червика . . . . .	90	3.5	87
420	жила 580 м . . . . .	83.5	6.5	89
	" . . . . .	85	5	89
322	4-й пирк Лявочорра . . . . .	82	8	89
414	Чивруайладв . . . . .	83	8.5	88
	" . . . . .	88	3	89
413	Сенгисчорр . . . . .	80	10	88
	" . . . . .	81	8	88
416	Раслак . . . . .	88	2	90
415	Чинглусуай . . . . .	85	4	90
421	Ангвундасчорр . . . . .	86	6.5	87
	Среднее . . . . .	$85^\circ$	$6^\circ$	88.5

Как видим,  $n_p$  почти лежит в плоскости совершенной спайности, т. е. почти совпадает с осью Y, образуя с ней (при нашей установке)

угол от  $0^\circ$  до  $2^\circ$ . Таким образом на основании оптических данных мы должны рассматривать лампрофиллит как минерал моноклинный или быть может триклинный с очень незначительным уклонением от моноклинного. Поперечные разрезы со следами совершенной спайности почти перпендикулярные  $n_g$  отличаются очень низким двупреломлением; в сходящемся свете получается выход положительной острой биссектрисы с малым углом, гиперболы едва уходят из поля зрения, сильная дисперсия осей  $\rho > \nu$ .

Определения  $2V$  минерала производились на столике Федорова в монохроматическом свете. При этом выяснилась интересная законность. Угол оптических осей различный у минерала из Хибинских Тундр и из Ловозерских, причем различие как увидим ниже, довольно значительное.

№ шлифа	Месторождение	$2V_{Na}$	$2V_{Ti}$
420	Жила 580 м (Хибинны) . . . . .	$43^\circ$	—
	" . . . . .	41	—
322	4-й цирк Лявочорра (Х. Т.) . . . . .	$41^*$	—
419	Жила Черника (Х. Т.) . . . . .	$40^*$	$37^\circ^*$
203	Ущ. Географов (Х. Т.) . . . . .	39	37
	Раслак (Ловоз. Т.) . . . . .	34	—
	" . . . . .	32	—
414	Чивруайладв (Л. Т.) . . . . .	26	23
	" . . . . .	27	27
	" . . . . .	23	22
413	Сенгисчорр (Л. Т.) . . . . .	22	—
	" . . . . .	23	—
415	Чинглусуай (Л. Т.) . . . . .	21	—
260	Ангвундасчорр (Л. Т.) . . . . .	24	в белом свете
	" . . . . .	20	

Резко бросается в глаза, что  $2V_{Na}$  для хибинского лампрофиллита колеблется между  $39$  и  $43^\circ$ , тогда как ловозерский обладает углом оптических осей между  $27$  и  $21^\circ$ , т. е. среднее для первого минерала  $41^\circ$  и для второго  $23.5^\circ$ , и только Ловозерское месторождение Раслака занимает промежуточное положение.

Лампрофиллит Хибинских месторождений отличается от Луявруртского более интенсивной окраской и более сильным плеохроизмом:  $n_g$  — оранжевожелтый,  $n_m$  — соломенножелтый, бледножелтый,  $n_p$  — желтый, бледножелтый, абсорбция  $n_g > n_p \geq n_m$ . В Луяврурте при той же абсорбции слабо выраженный плеохроизм в желтых тонах.

Показатель преломления минерала определялся в свете пламени Na по линии Бекке, путем погружения в жидкость спайных кусочков.

\* По одной оси.

Показатель преломления жидкости затем определялся на рефрактометре. Кроме того были приготовлены параллельно спайности минерала полированные пластинки для непосредственного определения показателя на рефрактометре. Но таким путем удалось определить лишь низший показатель, и данные обоих определений вполне совпали. В виду того, что плоскость оптических осей совпадает с плоскостью совершенной спайности, непосредственно могли быть измерены лишь  $n_g$  и  $n_p$ . Показатели определены для лампрофиллита из трех месторождений: из жилы Черника, из 3-го цирка Кукисвумчорра и из Чинглусуайя и оказались для всех постоянными, так что по видимому колебания присущи среднему показателю  $n_{g_{Na}} = 1.779$ ;  $n_{p_{Na}} = 1.747$ ; таким образом  $n_{g_{Na}} - n_{p_{Na}} = 0.032$ .

В шлифах в очень большом количестве встречаются двойники, особенно в Ловозерских месторождениях, причем встречаются как простые двойники, так и полисинтетические, по (100).

Из включений в шлифах лампрофиллита очень обычны игольчатые кристаллы эгирина, в Луяврурте встречается роговая обманка и рудные зерна.

Как указано было, очень отчетливо выделяется совершенная спайность по (100) и слабо выражена спайность по (010). Кроме того на шлифах параллельных (100) наблюдаются слабые следы спайности по двум направлениям. Наконец, у лампрофиллита из Медвежьей лощины Ляво-чорра, на шлифе, приготовленном по совершенной спайности, наблюдалась еще довольно хорошо выраженная спайность, параллельная  $n_p$ , т. е.  $\parallel Y$ , по видимому отвечающая одной из призм  $\parallel Y$ . По трещинам этой спайности наблюдалась усиленная пигментация минерала каким-то бурым веществом.

*Кристаллографическое изучение* лампрофиллита, как увидим ниже, заставляет нас рассматривать его как минерал моноклинной системы. Он образует пластинчатые по (100) кристаллы, удлиненные по вертикальной оси. Передний пинакоид, являющийся одновременно и направлением совершенной спайности, обыкновенно прекрасно развит. Кроме того довольно обычны более узкие призмы. Большей частью, выделения лампрофиллита представляют нарастающие друг на друга кристаллы, иногда срастающиеся параллельно, причем передний пинакоид постоянно имеет доминирующее значение и придает лампрофиллиту пластинчатую форму. Обыкновенно, кристаллы обломаны, и кристаллы с образованной головкой представляют большую редкость. В Хибинах удалось найти лишь два небольшие кристаллика из 3-го цирка Кукисвумчорра с конечными, но плохо образованными гранями, на Луяврурте материал более богат кристаллами. Среди звездчатых скоплений ловозерского лампрофиллита, состоящих из чрезвычайно мелких игольчатых кристалликов, нередко удается найти кристаллы с головками, однако кристаллики эти

до того малы, что даже в лупу грани их разглядеть невозможно, их удавалось извлечь при тщательном просмотре кусков под бинокулярной лупой; они сильно вытянуты по оси  $Z$  и тем не менее не превышают  $1-1\frac{1}{2}$  мм по длине; такие минимальные размеры их очень затрудняли работу.

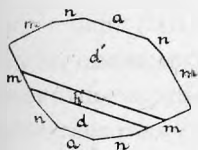
Мною было измерено на двукружном гониометре Гольдшмидта 16 кристаллов различных месторождений с более или менее хорошо образованными конечными гранями, кроме того, для целого ряда месторождений производились измерения призматического пояса и, наконец, два прекрасно образованных кристалла из Сенгисчорра еще несколько лет тому назад были измерены А. Н. Лабунцовым, передавшим мне результаты своих измерений. Несмотря на, казалось бы, достаточно большой материал, представляется весьма трудным сделать удовлетворительную сводку полученных результатов измерений. Как видно ниже, мы можем ручаться лишь за вертикальные призмы, остальные же грани приходилось устанавливать либо по слабым, иногда расплывчатым сигналам, иногда по отблеску, причем для уменьшения ошибки отсчеты повторялись по нескольку раз и бралось среднее.

Преобладающее значение во всех кристаллах имеет передний пинакоид  $a\{100\}$ , дающий весьма отчетливые ясные сигналы. Во всех кристаллах лампрофиллита присутствует призма  $m$ , которую указывал еще Ramsay (1); мы приняли ее за  $\{110\}$ , она блестит и дает хорошие сигналы с очень небольшими отклонениями в отсчетах. Иногда, как например на мелких кристалликах Сенгисчорра, подвергавшихся измерению, она по ширине почти равна переднему пинакоиду, но большей частью она сопровождает его в виде узких граней. Необходимо отметить, что угол этой призмы для всех месторождений является очень постоянным и лишь месторождение 3-го цирка Кукисвумчорра представляет исключение, причем углы разнятся почти на  $2^\circ$ . Но и по общему развитию, кристаллы этого месторождения, как видно из сказанного выше, существенно отличаются.

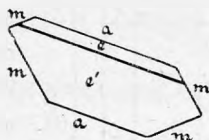
В результате измерений  $\angle \varphi$  призмы  $m\{110\}$  получены следующие данные:

Месторождение		Число измерений	Колебания $\angle \varphi$	Среднее $\angle \varphi$
Луяврури	Ангвундасчорр . . . . .	5	47°56'—48°03'	47°59'
	Мотчисуай . . . . .	4	47 59—48 06	48 03
	Сенгисчорр . . . . .	41	47 55—48 04	48 00
	Чингласуай . . . . .	9	47 57—48 05	48 01
Хибиньы	Медвежья лощина . . . . .	1	—	47 57
	Жила Черника . . . . .	1	—	47 59
	3-й цирк Кукисвумчорра . . . . .	6	49°37'—50°05'	49°49'
			Среднее . . . . .	48°00'

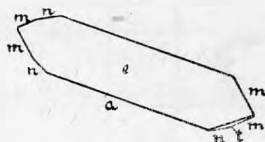
Кроме призматического пояса в кристаллах Сенгисчорра, Чингласуайя и Мотчисуайя имеют развитие несколько призм, параллельных оси  $Y$ , а также на нескольких кристаллах были встречены пирамиды, в виде небольших граней. Тщательное измерение всех этих форм не дало удовлетворительных результатов; они настолько несовершенно развиты и матовы, что отсчеты, полученные при измерениях, значительно разнятся, и при желании свести результаты измерений, нет достаточно



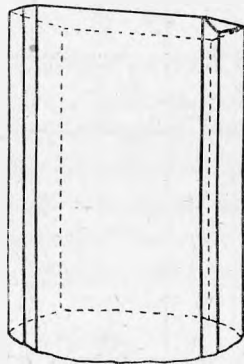
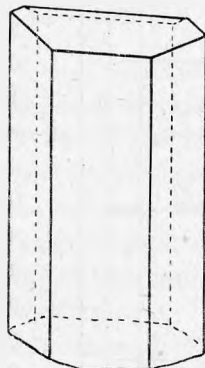
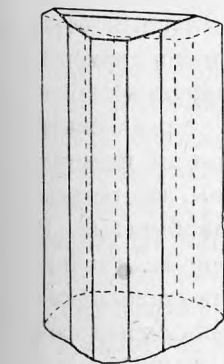
Фиг. 2. Двойник лампрофиллита из Сенгисчорра.



Фиг. 3. Двойник лампрофиллита из Чингласуайя.



Фиг. 4. Кристалл лампрофиллита из Чингласуайя.



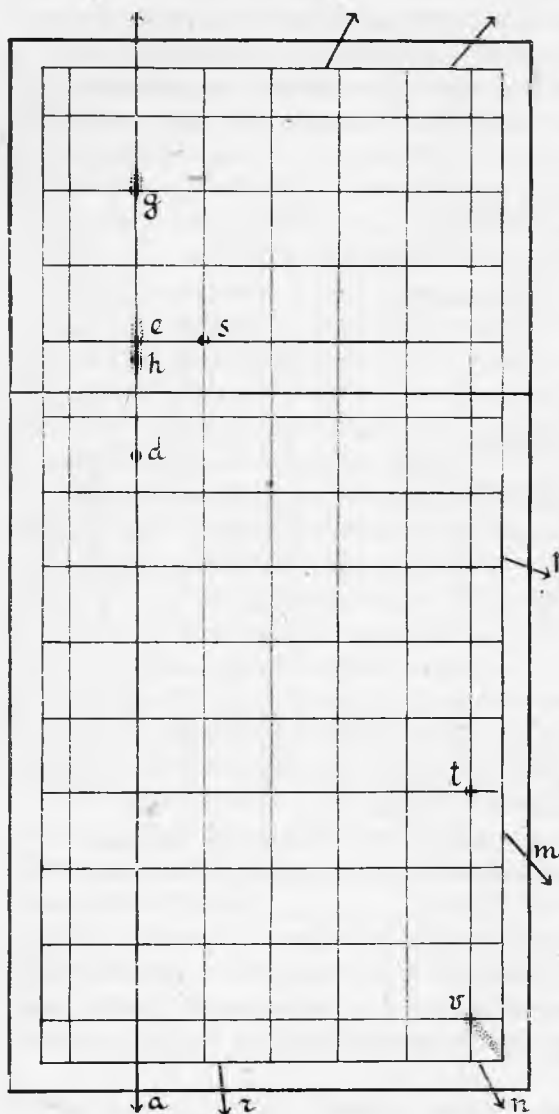
достоверных данных, которые можно было бы положить в основу вычислений. Пирамиды дают слабые сигналы и при вычислениях, имея в виду, что угол  $\rho$  пирамидальных форм превышает  $78^\circ$ , нельзя их принимать во внимание.

Все нижеприведенные вычисления поэтому можно рассматривать лишь как предварительную, возможную сводку, сделанную нами, чтобы как-нибудь связать результаты измерений. Быть может в дальнейшем новый кристаллографический материал позволит говорить с достоверностью об углах различных форм лампрофиллита.

На 3 кристаллах лампрофиллита встречены пирамидальные формы, повторяющиеся по 4 раза, что дает указание на ромбическое развитие



кристаллов минерала. Однако, оптическое изучение, как указано выше, с несомненностью показало, что лампрофиллит имеет косое погасание с углом до  $8^\circ$  и, таким образом, относить его к ромбической системе



Фиг. 5. Проекция форм и лучей роста лампрофиллита из Ловозерских Тундр.

никак нельзя. Приходится рассматривать кристаллы лампрофиллита как двойники моноклинного минерала, у которых двойниковой плоскостью является передний пинакоид (100) (фиг. 2 и 3). Это предположение всецело подтверждается оптическим изучением минерала: в шлифах двойники лампрофиллита по (100) очень обычны, особенно для лувзвуртского, к которому главным образом относятся наши измерения. Из всех измеренных кристаллов лишь один оказался не двойниковым кристаллом (фиг. 4), все же остальные являются двойниками. Входящих углов на двойниках наблюдать не удалось, все они развиты лишь односторонне; в виду чрезвычайно малых размеров этих кристаллов, не исключена возможность, что входящие углы просто не удалось заметить; такие же двойники по (100), образованные лишь с одного конца, и не обнаруживающие входящих углов, указывает Brögger (16) для ловенита.

На большей части кристаллов получает развитие одна из двух призм с  $\rho$  около  $24^\circ$  или же с  $\rho$  около  $29\frac{1}{2}^\circ$ , причем на одном кристалле они были встречены одновременно. Эти две формы, принятые за  $\{101\}$  и  $\{102\}$  взяты наряду с призмой  $\{110\}$  за основу для вычислений.

$$\begin{aligned} m \{110\} \varphi &= 48^{\circ}00'; \rho = 90^{\circ}00' \\ e \{\bar{1}01\} \varphi &= 90^{\circ}00'; \rho = 24 \text{ } 08 \\ d \{102\} \varphi &= 90 \text{ } 00; \rho = 29 \text{ } 20 \end{aligned}$$

При этом необходимо еще раз отметить, что для первой формы угол дается с несомненностью, остальные же две формы пришлось устанавливать по мало совершенным данным. Исходя из этих углов мы получаем следующее отношение осей:

$$a : b : c = 0.9231 : 1 : 0.6052; \beta = 102^{\circ}43'.$$

Для измеренных форм мы получаем следующие индексы (см. проекцию форм лампрофиллита фиг. 5).

$$\begin{aligned} a \{100\} \\ r \{20.8.0\}, n\{530\}, m\{110\}, p\{130\} \\ d \{102\}, h\{\bar{3}04\}, e\{\bar{1}01\}, g\{\bar{3}01\} \\ t \{551\}, s \{\bar{1}11\}, v\{851\} \end{aligned}$$

Двойниковое сложение очень усложняет определение индекса граней, ряд точек проекции измерений трудно определить. Так, например, встречены призмы с  $\varphi = 90^{\circ}00'$ , и  $\rho = 13^{\circ}04'$ ,  $14^{\circ}02'$ ,  $17^{\circ}56'$  и  $34^{\circ}08'$ , имеющие несомненное развитие, но дающие очень слабые мало достоверные сигналы; их можно было бы тоже отнести к той или иной форме проекции, но мы считаем правильным в нижеприведенной таблице поместить лишь те формы, которые отмечены более определенными сигналами или встречены были неоднократно.

Результаты измерений приведены в следующей таблице:

Таблица 1

Буквы	Символы	Число измерений	Колебания измерений		Средние данные измерений		Вычислено	
			$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
a	100	34	89°59'—90°03'	89°58'—90°01'	90°01'	90°00'	90°00'	90°00'
r	20.8.0	1	—	—	82 16	89 59	82 19	—
n	530	23	60 55 — 61 48	89 56—90 08	61 32	—	61 37	—
m	110	61	47 55 — 48 06	89 58—90 02	<b>48 00</b>	<b>90 00</b>	48 00	—
p	130	15	20 12 — 20 21	89 56—90 03	20 16	90 02	20 19	—

Таблица 1 (продолжение)

Буквы	Символы	Число измерений	Колебания измерений		Средние данные измерений		Вычислено	
d	102	7	89°57'—90°02'	28°24'—30°41'	90°00'	29°20'	90°00'	29°20'
h	304	2	89 59—90 02	15 08—15 09	90 00	15 09	90 00	15 33
e	101	6	89 57—90 14	23 40—24 09	90 01	24 03	—	24 08
g	301	5	89 56—90 02	59 01—61 59	89 59	60 53	—	60 49
t	551	1	—	—	49 33	78 49	49 51	77 58
s	111	1	—	—	36 05	38 50	36 24	36 56
v	851	6	61 26—61 58	81 30—81 33	61 37	81 19	61 38	81 05

a : b : c = 0.9231 : 1 : 0.6052;      β = 102°43'

Передний пинакоид  $\{100\}$  имеет наибольшее развитие, блестит и дает отличные сигналы. На нем обычно видна штриховка, параллельная вертикальной оси. На лампрофиллите 3-го цирка Кукисвумчорра кроме того наблюдалась слабо выраженная штриховка, перпендикулярная первой и параллельная оси Y.

Как уже выше отмечено, призмы  $\{110\}$  прекрасно развиты и наравне с  $\{100\}$  дают хорошие сигналы.

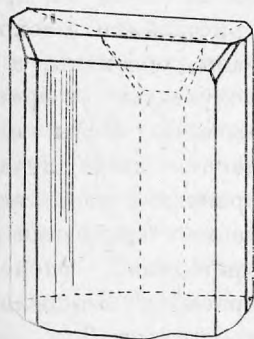
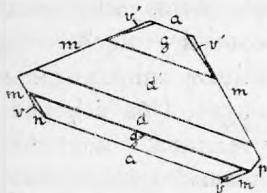
Кроме этой призмы, на всех кристаллах из Сенгисчорра и Чингусуйя наблюдаются грани призмы  $\{530\}$ , дающие слабые, но весьма постоянные сигналы. Эту призму наблюдал Ramsay, он принимал ее за  $\{210\}$  и приводит в результате предварительных измерений  $(210):(100) = 27^\circ$ ; наши измерения дают  $(530):(100) = 28^\circ 23'$ . В Чингусуйском месторождении иногда по ширине и качеству обе призмы равны, но в общем  $\{530\}$  значительно уступает призме  $\{110\}$ .

В 1-м восточном цирке Тахтарвумчорра  $\{530\}$  совсем не развивается, а наравне с  $\{110\}$  постоянно присутствует  $\{130\}$ , в виде узких, но блестящих граней. Интересно, что эта форма на Луяврурте наблюдалась лишь на одном кристаллике из Сенгисчорра (фиг. 6), на котором кроме того встречена узкая призма  $\{20.3.0\}$ , образующая штриховку на переднем пинакоиде.

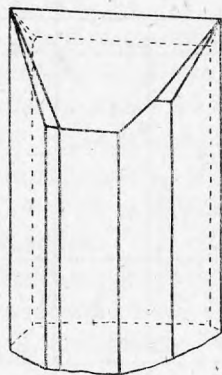
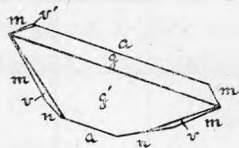
Все призмы  $\parallel Y$ , как указано, развиты весьма несовершенно, они матовы, иногда чрезвычайно узкие, дают слабые сигналы, соединенные лучами.

Пирамидальные грани редки.

$t \{551\}$  встречается на одном кристалле Чинглусуайя в виде небольшой грани, дающей слабый, но определенный сигнал.



Фиг. 6. Лампрофиллит из Сенгисчорра.



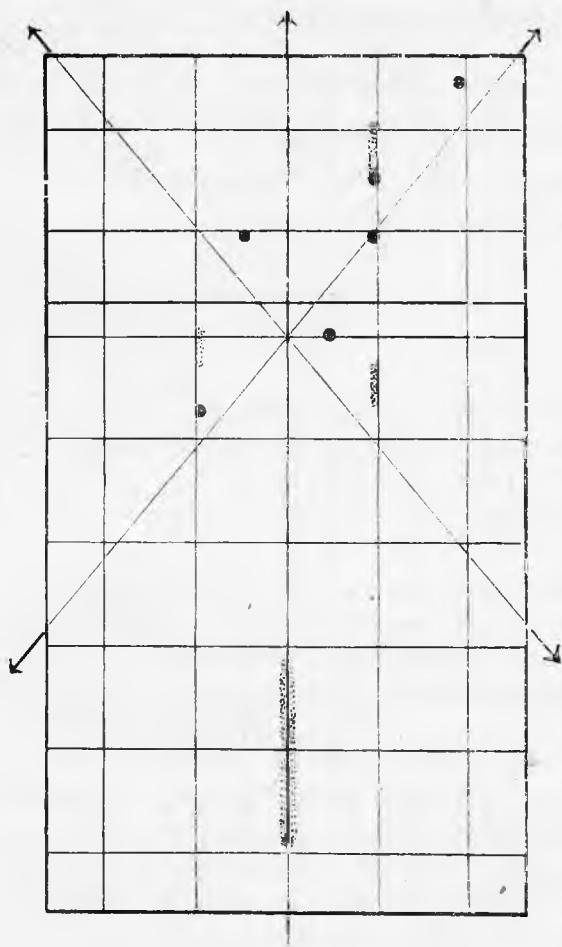
Фиг. 7. Двойник лампрофиллита из Сенгисчорра.

$s \{111\}$  также наблюдалась лишь один раз на одном из кристаллов Чинглусуайя. Она хорошо образована, довольно большая, блестит и дает хороший сигнал; но к сожалению именно на этом кристаллике, как исключение, призмы очень несовершенно; остальная часть головки обломана и нет никакой возможности хорошо установить кристалл на гониометре, чтобы получить несомненные отсчеты для этой единственной хорошо развитой пирамиды.

$v \{851\}$  была встречена на четырех кристаллах Сенгисчорра, она образует очень маленькие притупления, дающие очень слабые сигналы (фиг. 6, 7).

Особо приходится говорить о кристаллах из 3-го Западного цирка Кукисвумчорра. Мы имеем оттуда весьма скудный кристаллографический материал; были встречены и измерены 2 кристалла с головкой, и кроме того для одного кристалла измерялся угол призмы. Надо отметить, что

призмы здесь плохо образованы, но несомненно угол  $\varphi$  значительно отличается от углов, полученных для других месторождений. Среднее из 6 измерений  $\varphi$  призмы  $m \{110\} = 49^\circ 49'$  при колебаниях  $50^\circ 05' - 49^\circ 37'$ . На одном кристалле отмечена и  $n \{530\}$  с  $\varphi = 62^\circ 56'$ ; для тех же форм



Фиг. 8. Проекция двух кристаллов лампрофиллита из 3-го зап. цирка Кукисвумчорра, нанесенная на сетку лампрофиллита других месторождений.

с углами сетки; повидимому мы здесь встречаем:  $\{012\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{322\}$ ,  $\{211\}$ ,  $\{212\}$ ,  $\{542\}$ , но, как сказано, сигналы чрезвычайно слабы; с несомненностью говорить о нахождении той или иной формы мы не можем, но приводим эти данные лишь как материал, который может быть

лампрофиллита остальных месторождений мы имеем  $48^\circ 00'$  и  $61^\circ 37'$ . Общий тип развития кристаллов тоже совсем иной. Кристаллы имеют пирамидальное развитие. Оба измеренные кристаллика, повидимому, являются двойниками. Проекция обоих кристаллов ложатся одна на другую, но кристаллики плохо образованы, обломаны, и сигналы, получаемые от граней чрезвычайно слабы или намечаются лишь лучами. Для сравнения результатов полученных измерений на фиг. 8<sup>а</sup> приведена гномоническая проекция измерений обоих кристаллов 3-го цирка Кукисвумчорра, на которой нанесена сетка, принятая нами для лампрофиллита других месторождений. Мы видим здесь развитие зоны  $[(111) \dots (111)]$ , причем она несколько смещена по отношению к той же зоне принятой нами сетки, что вполне соответствует различию углов основной призмы. Отметим еще близкое совпадение некоторых точек проекции

использован при дальнейшем кристаллографическом изучении лампрофиллита.

Причина такого кристаллографического отличия лампрофиллита из 3-го цирка Кукисвумчорра пока нам не ясна. Оптические свойства его нормальные, повидимому и в химическом составе существенного различия нет. Несомненно, лишь новый кристаллографический материал лампрофиллита из данного месторождения и вообще из разных жил массивов позволит окончательно разобраться в его кристаллах и даст возможность с уверенностью говорить о кристаллографических константах лампрофиллита.

### Химические свойства

Первые пробы химического состава лампрофиллита сделали Ramsay и Naskmann; они указывали на содержание в нем Na, Mn, Fe, Ti и Si.

Первые химические анализы минерала из коллекций, собранных экспедициями акад. Ферсмана были сделаны К. Ф. Белоглазовым, однако последний ограничился лишь предварительными анализами, не имея возможности проверить результаты своих первоначальных определений, и поэтому незаконченные анализы лампрофиллита, к сожалению уже опубликованные в работах акад. Ферсмана (6, 7 и 9), не являются вполне надежными и отвечающими действительности.

Полные химические анализы лампрофиллитов различных месторождений затем были произведены в Геохимической лаборатории при Минералогическом музее Академии Наук И. Д. Старынкевич-Борнеман и Н. И. Влодавцем.

Лампрофиллит при прокаливании чернеет и легко сплавляется. По данным Белоглазова соляная кислота и смесь ее с азотной легко разлагают порошок минерала, оставляя скелет кремнезема. Крепкая серная кислота при кипячении медленно разлагает порошок минерала. Прозрачный сернокислый раствор, вылитый в воду, дает осадок  $BaSO_4$ . Смесь плавиковой кислоты с серной легко растворяет лампрофиллит уже при легком подогревании; получившийся раствор при стоянии мутнеет и дает осадок  $BaSO_4$ .

Все данные химических анализов лампрофиллита приведены в двух следующих таблицах. В таблице 2 анализы I, II и III являются анализами лампрофиллита из Ловозерских месторождений: анализ I и II относятся к месторождению Сенгисчорра, анализ I — незаконченный анализ К. Ф. Белоглазова (опубликованный в иностранных работах акад. Ферсмана), анализ II — Н. И. Влодавца; анализ III — лампрофиллита из Чинглусуайя произведен И. Д. Старынкевич-Борнеман. В графе IV приведен предварительный анализ К. Ф. Белоглазова лампрофиллита из 3-го цирка Кукисвумчорра (Хиб. Тундры); как видим он резко отличается от всех

Таблица 2

	Сенгисчорр Sengisčorr (Lujavrurt)		Чингдус- уай Tschin- glusuj (Lujavrurt)	3-й цирк Кукисвум- чорра Kukiswum- čorr (Chibina- Tundren)
	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub> . . . . .	31.76	30.80	31.75	27.66
TiO <sub>2</sub> . . . . .	30.33	31.26	25.26	20.83
ZrO <sub>2</sub> . . . . .	0.42	0.05	—	12.40
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.79	—	—	0.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .		—	—	0.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .		0.37	0.29	2.89
FeO . . . . .	3.16	5.21		
MnO . . . . .	2.92	3.21	3.29	1.99
CaO . . . . .	4.85	1.20	1.72	1.81
SrO . . . . .	7.46	14.49	16.76	8.40
BaO . . . . .	1.44	1.09	0.56	6.75
MgO . . . . .	0.18	0.53	0.26	0.20
Na <sub>2</sub> O . . . . .	12.15	12.70	10.83	14.00
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.73	—	1.50	1.42
H <sub>2</sub> O . . . . .	0.75	0.39 *	0.36 **	0.67 ***
F . . . . .		1.65	1.83	1.39
Cl . . . . .		0.27	0.62	—
		101.17	100.24	101.43
— O = F <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> . . .		— 0.76	— 0.91	— 0.59
		100.41	99.33	100.84

\* Из этого количества 0.09% гигроскопической воды.  
 \*\* При 110°.  
 \*\*\* Потеря при прокаливании.

Таблица 3

	Кукисвумчорр, жила на высоте 580 м Kukiswumčorr				Жила Черника Jidčwum- čorr	Среднее Mittelwert
	Va	V	VI	VII		
SiO <sub>2</sub> скел. . . . .	28.46	30.30	} 29.84	}	} 30.82	30.40
SiO <sub>2</sub> раств. . . . .	0.22	0.24				
TiO <sub>2</sub> скел. . . . .	1.44	1.54	} 33.76	} 27.33	} 33.76	27.48
TiO <sub>2</sub> раств. . . . .	24.43	26.09				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.62	3.87				3.87
FeO . . . . .	1.85	1.97				1.97
MnO . . . . .	2.53	2.70	2.22		2.23	2.33
CaO . . . . .	1.37	1.46			1.36	1.41
SrO . . . . .	13.95	14.89	17.29		14.28	14.58
BaO . . . . .	1.16	1.24			1.27	1.25
MgO . . . . .	0.21	0.22	0.29		0.26	0.25
Na <sub>2</sub> O . . . . .	11.57	12.35				12.35
K <sub>2</sub> O . . . . .	2.16	2.31				2.31
H <sub>2</sub> O . . . . .	0.60		0.60			0.60
F . . . . .	1.70	1.82				1.82
Эгирин . . . . .	6.35					
	101.62					100.62
— O = F <sub>2</sub> . . . . .	— 0.72					— 0.77
	100.90					99.85

остальных высоким содержанием окиси циркония (свыше 12%), однако при проверке оказалось, что это ошибка и минерал данного месторождения ZrO<sub>2</sub> совершенно не содержит; к сожалению не было возможности полностью проверить все данные этого анализа, поэтому мы не можем при дальнейших рассуждениях принимать его во внимание.

В таблице 3-й помещены результаты исследования хибинских лампрофиллитов И. Д. Старынкевич-Борнеман. Анализы Va, V, VI и VII относятся к лампрофиллиту из жилы южного склона Кукисвумчорра.



(на высоте 580 м над оз. Имандра), VIII — из жилы Черника на склоне Иидичвумчорра, IX — является средним из этих анализов. В месторождении Кукисвумчорра трудно было выделить весь эгирин из лампрофиллита и анализ Va относится к материалу, загрязненному эгирином. Благодаря тому, что лампрофиллит растворяется в соляной кислоте, а эгирин остается в осадке с кремнеземом, можно было кремнезем растворить в едком натре и взвесить оставшийся эгирин. Анализ V перечислен из анализа Va на чистый лампрофиллит. При растворении лампрофиллита в HCl оставался совершенно белый скелет кремнезема, пронизанный тонкими иглами темного эгирина. В скелете удерживалась часть  $TiO_2$ , как видно из чисел анализа.

Из всех этих данных мы примем во внимание три имеющихся достоверных полных анализа: II анализ Н. И. Влодавца из Сенгисчорра и анализы И. Д. Старынкевич-Борнеман, III из Чинггусуайя и IX средний из ее Хибинских анализов. Если перейти от процентных отношений к эквивалентам, то получим следующее:

Таблица 4

	Хибинь Chibina-Tundren		Сенгисчорр Sengischorr		Чинггусуай Tschinglusuaj	
	IX		II		III	
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.5061		0.5128		0.5286	
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.3439	.8500	0.3913	.9045	0.3161	.8447
ZrO <sub>2</sub> . . . . .	—		0.0004		—	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.0242	.0242	0.0023	.0023	0.0018	.0018
FeO . . . . .	0.0274		0.0439		0.0725	
MnO . . . . .	0.0328		0.0453		0.0464	
CaO . . . . .	0.0251	.2402	0.0214	.2706	0.0306	.3214
SrO . . . . .	0.1407		0.1398		0.1618	
BaO . . . . .	0.0080		0.0071		0.0037	
MgO . . . . .	0.0062		0.0131		0.0064	
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.1992	.2235	0.2048	.2048	0.1747	.1906
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.0243		—		0.0159	
F . . . . .	0.0958		0.0368		0.0963	
Cl . . . . .	—		0.0076		0.0175	
H <sub>2</sub> O . . . . .	0.0333		0.0116		0.0199	

Если мы сравним все эти три анализа, то увидим достаточно близкое соответствие, особенно между Хибинами и Чингисуайем. Сенгисчоррский минерал отличается большим содержанием  $TiO_2$  и является вообще более кислым. Отметим, что в хибинских анализах Старынкевич содержится 0.0242 окиси железа при пониженном содержании закиси железа; в остальных содержание  $Fe_2O_3$  ничтожно, поэтому для сравнения анализов мы пересчитаем  $Fe_2O_3$  на  $FeO$  и при этом получим следующие соотношения:

	$SiO_2$	$(Ti, Zr)O_2$	$R''O$	$R'_2O$	$R^{IV}O_2$	$(R''O + R'_2O)$	$(F, Cl)$	$[R''O + (R'_2O - F_2, Cl_2)]$
Хибины . . . . .	506	344	294	224	850	518	096	470
Сенгисчорр . . . . .	513	391	276	205	905	481	094	434
Чингисуай . . . . .	529	316	325	191	845	516	114	459

отсюда получаем:

$$R^{IV}O_2 : (R''O + R'_2O) = \begin{cases} \text{Хибины . . . . .} & 1.64:1 \\ \text{Сенгисчорр . . . . .} & 1.88:1 \\ \text{Чингисуай . . . . .} & 1.64:1 \end{cases}$$

если же мы примем, что часть  $Na$  связана с фтором (частично замещенным хлором), то получим:

$$R^{IV}O_2 : [R''O + (R'_2O - F_2)] = \begin{cases} \text{Хибины . . . . .} & 1.80:1 \\ \text{Сенгисчорр . . . . .} & 2.08:1 \\ \text{Чингисуай . . . . .} & 1.84:1 \end{cases}$$

Мы видим, что отношения эти близки к 2:1, иными словами наш минерал приближается к бисиликату, не отвечая однако простой формуле. Если от эквивалентов переходить к формуле, то приходится встретиться с некоторыми затруднениями, и расхождения в анализах не позволяют все три анализа удовлетворительно свести к одной формуле. И. Д. Старынкевич на основании своего анализа чингисуайского лампрофиллита выводит следующие соотношения:

$$\begin{aligned} [(Na, K)_2O - (F, Cl)_2] : SiO_2 &= 1 : 3.96 \\ (Fe, Mn, Mg, Ca, Ba, Sr)O : TiO_2 &= 1 : 0.97 \end{aligned}$$

отсюда

$$\begin{aligned} (Na, K)_2O \cdot 4 SiO_2 : R''O \cdot TiO_2 : Na (F, Cl) &= 1 : 2.43 : 0.85 \\ Na_2Si_4O_9 : RTiO_3 : NaF &= 7 : 17.01 : 5.95 \quad \text{или} \quad 7 Na_2Si_4O_9 \cdot 17 RTiO_3 \cdot 6 NaF. \end{aligned}$$

Если мы попробуем два других анализа разбить на такие же группы, то получим для хибинского лампрофиллита вполне удовлетворительное соответствие; сенгисчоррский же довольно значительно разнится.

Хибинский анализ Старынкевич укладывается в указанную формулу  $p \text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9 \cdot q \text{RTiO}_3 \cdot r \text{NaF}$  лишь при условии, что в титанате часть  $R''$  замещена  $R'_2$ , тогда мы имеем:

$$(R'_2\text{O} - \text{F}_2) : \text{SiO}_2 = 1 : 4.03$$

$$(R'', R'_2)\text{O} : \text{TiO}_2 = 1 : 1$$

$$\text{R}_2\text{O} \cdot 4 \text{SiO}_2 : \text{RO} \cdot \text{TiO}_2 : \text{NaF} = 1 : 2.74 : 0.76.$$

Анализ Н. И. Влодавца (Сенгисчорр), как указано, отличается повышенным содержанием окиси титана; если попробовать и его пересчитать по типу Чинглусуайского лампрофиллита, то приходится допустить, что в формуле  $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9$  часть кремнезема замещена титаном.

$$[\text{R}_2\text{O} - (\text{F}, \text{Cl})_2] : (\text{Si}, \text{Ti})\text{O}_2 = 1 : 3.99$$

$$\text{RO} : \text{TiO}_2 = 1 : 1$$

$$\text{R}_2\text{O} \cdot 4 (\text{Si}, \text{Ti})\text{O}_2 : \text{RO} \cdot \text{TiO}_2 : \text{Na} (\text{F}, \text{Cl}) = 1 : 1.75 : 0.60.$$

Как видно, соотношения эти значительно отличаются от предыдущих.

На основании вышеизложенного можно сказать, что анализы хотя и не укладываются точно в какую-либо формулу, однако лучше всего соответствуют выражению:

где 
$$p (\text{Na}, \text{K})_2 (\text{Si}, \text{Ti})_4\text{O}_9 \cdot q \text{R}''\text{TiO}_3 \cdot r \text{Na} (\text{F}, \text{Cl})$$
  

$$\text{R} = \text{Sr}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Ba}, \text{K}_2,$$

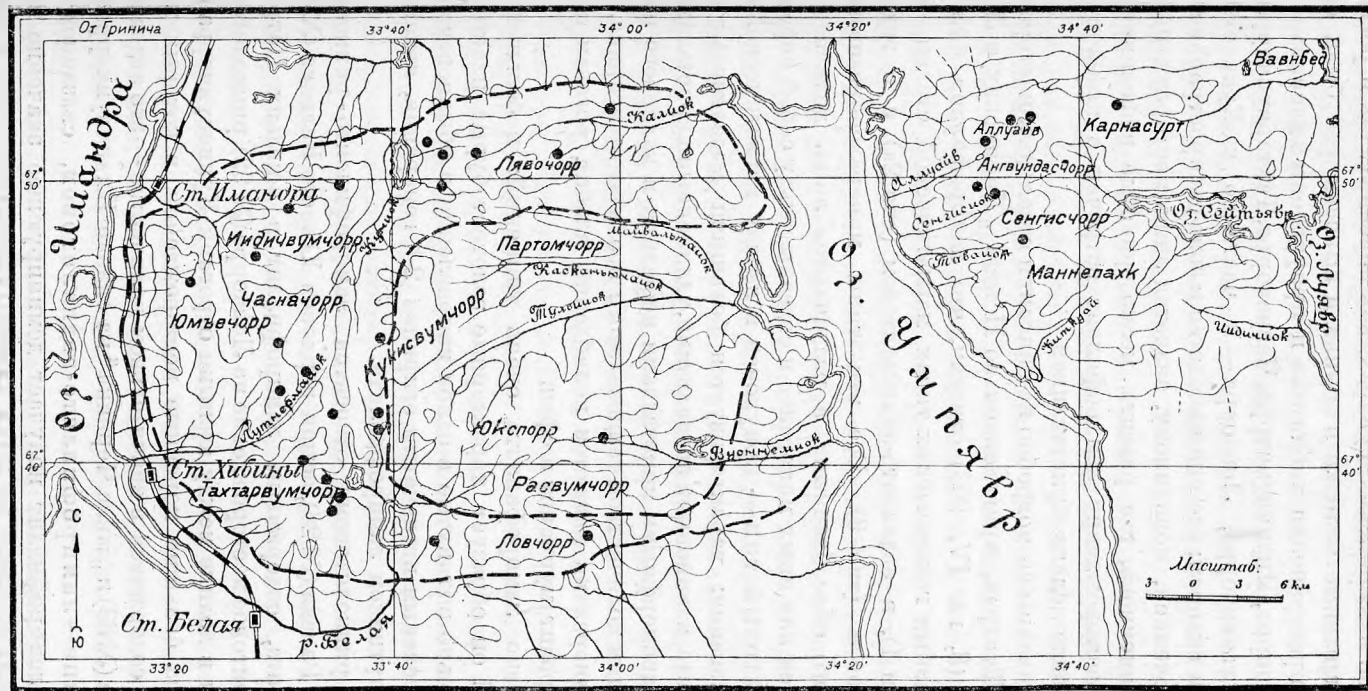
причем отношение  $p : q : r$  колеблется:

для Чинглусуайя . . .	1:2.43:0.85	1.18:2.86:1
„ Сенгисчорра . . .	1:1.75:0.60	или 1.66:2.92:1
„ Хибин . . . . .	1:2.74:0.76	1.30:3.58:1

### Месторождения и парагенезис

Хибинские и Ловозерские Тундры являются единственными в мире месторождениями лампрофиллита. Это один из самых типичных минералов наших массивов; однако, характер его выделений, парагенезис минералов, в том и другом массиве различны, но, как мы знаем, вообще типы минеральных ассоциаций обоих массивов существенно различаются между собой.

В *Хибинских горах*, как второстепенная составная часть, лампрофиллит входит в состав хибинитов, образуя небольшие пластинчатые и столбчатые выделения. Но, главным образом, он является типичным минералом всех пегматитовых выделений связанных, с хибинитами и характеризует все генетические типы минералообразования магматической фазы. Как мы



● Месторождения лампрофиллита ----- Граница распространения хибинита.

Фиг. 9. Схематическая карта распространения лампрофиллита в Хибинских и Ловозерских Тундрах.

видим на приводимой схематической карте, все типичные месторождения лампрофиллитов в Хибинских Тундрах как коренные, так и россыпного характера и отдельные находки в осыпях и выносах рек были сделаны в районах распространения хибинитов и приурочены к массивам—Ляво-чорра, Путеличорра, Идичвумчорра, Часначорра, Тахтарвумчорра, Поав-вумчорра, Вудъяврчорра, Ловчорра—и частично к Кукисвумчорру, к его западным склонам; все они находятся в зоне распространения хибинитов, и исключением, повидимому, является лишь месторождение ферманита у Буоннемиока, где развиты мелкозернистые нефелиновые слениты. В этом месторождении лампрофиллит встречен в незначительном количестве, в виде мелких кристалликов.

Не останавливаясь подробно на описании отдельных месторождений в Хибинских Тундрах, приведенном во II томе „Хибинских и Ловозерских Тундр“ (8, гл. IV, 203) отметим, что лампрофиллит был встречен в трех главных генетических типах магматической стадии—в ринколитовом (тип 1), в эвдиалито-энигматитовом (тип 2а) и в эвдиалито-лампрофиллитовом (тип 3). Все эти типы минералообразования не являются строго обособленными, а различаются лишь количественным содержанием тех или иных минералов и связаны между собой переходами

Ринколитовый тип—приурочен к началу магматической стадии минералообразования; характеризуется большими выделениями желто-бурого ринколита, малиновыми эвдиалитами, удлинненными кристаллами лампрофиллита, идиоморфными кристаллами нефелина и калиевого полевого шпата и большим количеством темнозеленого игольчатого эгирина. Второстепенными минералами являются молибденит, альбит, роговая обманка, энигматит, натролит, мурманит и сфен.

Парагенезис лампрофиллита очень типичный: в большей части месторождений он образует характерные золотистобурые пластинчатые выделения, сильно вытянутые в одном направлении и обыкновенно окруженные темнозеленым игольчатым эгирином 2-й генерации, являющимся повсеместно спутником лампрофиллита.

К типу ринколитовому относятся лампрофиллито-ринколитовые осыпи ущелья Рамвая (№ 26), осыпи верховья Южного Калиока (№ 36), образцы ринколита, содержащие лампрофиллит в ущельях Петредлиуса (№ 20), ловчорритовое месторождение на Ловчорре (№ 92), ринколито-эвдиалитовые осыпи в долине между южными отрогами Кукисвумчорра (№ 70) и, наконец, два большие коренные месторождения, в которых местами лампрофиллит содержится в значительном количестве—это эвдиалитовая жила Лявоиока (№ 33) и „жила Черника“ на склоне Идичвумчорра (№ 15).

В 3-м типе—лампрофиллито-эвдиалитовом, связанном переходами с 1-м, лампрофиллит получает доминирующее значение и образует характерные крупные (до 20 см длиной) блестящие бурые выделения,

чрезвычайно красиво выделяющиеся подле красноватых эвдиалитов на фоне темнозеленого эгирина. В выделениях этого типа главными спутниками лампрофиллита являются зеленый эгирин 2-й генерации и эвдиалит, в меньшем количестве содержатся нефелин и микроклин, и второстепенными являются черный эгирин 1-й генерации, роговая обманка, натролит, сфен и апатит; в том или ином месторождении кроме того наблюдались незначительные количества сернистых минералов, флюорита, энigmatита и содалита.

К этому типу выделений, из наиболее существенных, относятся коренные месторождения Кукисвумчорра № 65—на южном склоне на высоте 580 м (так наз. „жила 580 м“) и № 58—в 3-м западном цирке; № 31—осыпи Медвежьей лощины Лявочорра, № 32—отдельные куски в 4-м северном цирке Лявочорра и № 11—коренная жила Ущелья Географов, которая сближает данный тип с выделениями 2-го, Часначоррского, типа.

В месторождениях Часначоррского типа (тип 2а), состоящих по преимуществу из энigmatита, эвдиалита и эгирина, лампрофиллит имеет лишь второстепенное значение и образует неправильно разбросанные пластинки или звездчатые выделения, незначительные на Часначорре, но характерные для Тахтарвумчорра и представляющие переход к типичным лампрофиллито-эгириновым выделениям 3-го типа.

Лампрофиллито-пектолитовые выделения. Своеобразными являются два месторождения лампрофиллита, где он встречается совместно с пектолитом. Пектолит в Хибинах характеризует последние моменты магматической стадии и вообще не типичен для лампрофиллитовых выделений. Особенно интересно месторождение 1-го восточного цирка Тахтарвумчорра, обнаруженное А. Н. Лабунцовым в 1929 г.—коренная жила в хибините мощностью до 30 см, состоящая по преимуществу из типичного зеленого игольчатого эгирина, к которому присоединяется ринколит в виде сильно удлинённых зеленоватых призмочек. Лампрофиллит, совместно с пектолитом, а отчасти и эгирином, заполняют среднюю часть жилы, являясь повидимому более молодыми частями жилы. Лампрофиллит образует призматические кристаллы, заключенные в более поздний пектолит; последний местами сильно изменен и перешел в красноватобурое землистое вещество, из которого удается извлекать свежие призмочки лампрофиллита.

Вторым лампрофиллито-пектолитовым месторождением является перевал Обманный на Лявочорре (№ 35). Лампрофиллит образует пластинчатые выделения, окруженные пектолитом и мелковолокнистым эгирином; сопровождается полевым шпатом, нефелином, канкринитом, эвдиалитом и апатитом.

Отметим еще незначительное содержание лампрофиллита в эндоконтактной зоне Хибинского массива.

Минералы магматической фазы Хибинского массива по времени выделения очень близки, выделялись почти одновременно и нередко прорастают друг друга. В общем, бесцветные минералы — нефелин и полевой шпат образовались первыми, одновременно с ними выделялся эгирин 1-й генерации, который образует мелкие игольчатые кристаллики в нефелине и полевоом шпате или крупные кристаллы в других минералах. Еще до конца выделения бесцветных минералов начинают кристаллизоваться: роговая обманка, эвдиалит, энigmatит, затем ринколит и последними лампрофиллит и эгирин 2-й генерации, с которым, как указывалось, связаны все Хибинские месторождения лампрофиллита. Эгирин прорастает лампрофиллит, окружает его и заполняет все промежутки.

Лампрофиллит иногда образует чрезвычайно мелкие игольчатые кристаллики, разбросанные в эгирине и совместно с ним окружающие крупные выделения лампрофиллита.

Тонкие иглы эгирина часто располагаются по спайной плоскости пластинчатых кристаллов лампрофиллита и очень часто при разбивании последнего и раскалывании его по спайности от него отделяются тонкие темнозеленые как бы прослойки из сросшихся мелких иголок эгирина.

Необходимо указать еще на срастание лампрофиллита с ринколитом, встреченное в жиле Черника и описанное А. Е. Ферсманом (б). Лампрофиллит нарастает на пластинчатые кристаллы ринколита таким образом, что плоскости спайности обоих, плоскости (100), совпадают, а длинные оси — оси Z располагаются взаимно перпендикулярно.

Лампрофиллит часто механически деформирован, кристаллы его бывают изогнутыми, надломленными, причем в местах разлома отлагается эгирин и иногда натролит (Ущелье Географов).

При выветривании лампрофиллит становится матовым, неоднородным, на спайной поверхности его появляются светложелтоватые пятна.

В *Ловозерских Тундрах* выделения лампрофиллита приурочены к верхним частям массива, выше 500 м. Лампрофиллитовые луювриты встречены в различных местах на плато Ангвундасчорр и на Маннепахке и образуют пластовые жилы в эвдиалитовом луюврите, или перекрывают его. Лампрофиллит в лампрофиллитовых луювритах образует бурые пластинчатые выделения или игольчатые кристаллики, группирующиеся в виде звезд и наравне с зернами эвдиалита, с листочками мурманита погруженные в плотную массу темнозеленых иголочек эгирина.

Все минералогически интересные находки лампрофиллита, за исключением одной, были, к сожалению, сделаны в осыпях. Лишь в югозападном цирке Ангвундасчорра (№ 111) была встречена пластовая жила с большим количеством лампрофиллита, все остальные месторождения представляют собой осыпи, некоторые более случайные, но частью, видимо, коренные осыпи. Нет возможности судить о взаимоотношении

этих выделений с окружающими луавритами, характерно лишь, что на плато лампрофиллитовые выделения встречены не были, они приурочены к верхним частям склонов — к высотам 500—700 м.

По характеру выделений лампрофиллита месторождения его разнятся. Наиболее типичные и свойственные именно лишь Луаврурту — звездчатые скопления мелких кристалликов лампрофиллита. Такие лампрофиллитовые звездочки встречены в большом количестве в цирке Сенгисчорра (№ 115) и в югозападном цирке Ангвундасчорра (№№ 111, 132).

Розетки лампрофиллита состоят из тончайших кристалликов — иголок, достигающих до 2 см в длину. В Сенгисчоррском месторождении куски состоят из содалита, полевого шпата и эгирина, образующих плотную светлую породу. Розетки лампрофиллита обычно сгруппированы вместе, иногда располагаются одна позади другой, образуя как бы прожилки. Эгирин и здесь является верным спутником лампрофиллита: он заполняет промежутки между отдельными кристалликами — лучами. Кристаллы эвдиалита и пластинки мурманита содержатся в значительном количестве. Полевые шпаты и натролит располагаются по перефирии звезд лампрофиллита. Звездчатые лампрофиллиты Ангвундасчорра вполне соответствуют Сенгисчоррским, с той лишь разницей, что на Сенгисчорре тонкие кристаллики обнаруживают хорошее развитие граней призматического пояса, на Ангвундасчорре же этого наблюдать не приходилось.

Иного характера выделения Чингласуайя (№ 118), обоих северных цирков Раслака (№№ 121, 116), Мотчисуайя и др. Здесь лампрофиллит образует пластинчатые выделения на подобие хибинских, правда меньших размеров и лишь на Чингласуайе достигающие в длину 7—8 см. Грани призматического пояса часто бывают хорошо развиты, кристаллы большею частью группируются вместе, пересекая друг друга, иногда образуя пачки параллельно ориентированных плоских кристалликов. Отчасти и в месторождениях этого типа встречаются радиальнолучистые скопления лампрофиллита, и несомненно существуют переходы между обоими типами. Спутниками лампрофиллита являются полевые шпаты, эгирин, роговая обманка, эвдиалит, нефелин, содалит, мурманит, рамзаит и натролит. Незначительно присутствие молибденита, апатита, сфена, ближе неопределенного черного минерала, напоминающего лопарит, канкринита и нептунита. Пластинки лампрофиллита содержат идиоморфные кристаллы роговой обманки, и тонкие иглы эгирина. Наиболее интересны взаимоотношения между лампрофиллитом и мурманитом. Для мурманита характерны фиолетовые и бледные, почти белые, пластинчатые выделения, которые как самые молодые окружают все прочие минералы. Кристаллы лампрофиллита часто прорастают мурманит и расположены в нем в различных направлениях. Но интересны более редкие случаи взаимного



прорастания обоих минералов. При этом иногда плоскости совершенной спайности их совпадают. При микроскопическом изучении шлифов, какой-нибудь закономерной ориентировки, помимо совпадения плоскостей спайности обоих минералов, при этом подметить не удалось.

Мурманит обычно в шлифах в сростании с лампрофиллитом бесцветен или бледнобуроватый, лампрофиллит же окрашен в бледножелтый цвет. Надо сказать, что общий облик обоих минералов при параллельных николях очень сходный, и часто трудно бывает сразу сказать, которому из двух минералов принадлежит тот или иной участок. Для мурманита тоже характерна хорошая спайность по одному направлению, на разрезах параллельных спайности также видна зигзагообразная слабо выраженная спайность, но более высокий показатель преломления, большая величина двупреломления и отрицательный оптический знак являются существенным отличием мурманита (см. табл. на стр. 64, 65).

Из остальных месторождений упомянем еще лишь об интересных кусках, найденных на плато Карнасурт (№ 128) и состоящих почти нацело из кристаллического эвдиалита, пластинчатого лампрофиллита и небольшого количества эгирина, заполняющего промежутки. Интересно то, что пластинчатый лампрофиллит весь пронизан эвдиалитом. Лампрофиллит на первый взгляд даже незаметен, куски кажутся состоящими только из кристаллов эвдиалита, и лишь при известном повороте, когда заблестит спайная пластинка лампрофиллита, убеждаешься, что лампрофиллит окружает все это большое количество зерен эвдиалита; этим куски напоминают мурманитовые выделения, только здесь роль мурманита играет лампрофиллит.

### Заключение и сравнение лампрофиллита с другими минералами

Перед тем, как переходить к сравнению лампрофиллита с рядом сходных с ним минералов, сведем, на основе предыдущего, его краткую характеристику.

Мы относим его к моноклинной системе, хотя повторяем, что на основании одного лишь кристаллографического изучения, можно было бы его отнести и к ромбической системе, так как кристаллы его, имеющие ромбическое развитие, приняты нами за двойниковые кристаллы моноклинного минерала.

Отношение осей  $a : b : c = 0.9231 : 1 : 0.6052$ ,  $\beta = 102^\circ 43'$ ;  $(100) : (110) = 42^\circ 00'$ . Кристаллы вытянуты по оси Z, с сильно развитым передним пинакOIDом. Хорошо развит лишь призматический пояс. Иногда мелкие кристаллики группируются в звездчатые скопления. Двойники по (100) весьма обычны. Спайность по (100) совершенная, слабо выраженная по (010) и по двум направлениям, вероятно, отвечающим (011).

Твердость между 2 и 3. Удельный вес 3.48 — 3.53. Блеск полуметаллический. Цвет золотистобурый, бурый, золотистожелтый. Черта бледно буроватожелтая. В тонких осколках просвечивает. Плеохроизм у хибинского минерала сильный  $n_g$  — оранжевожелтый,  $n_m$  — соломенножелтый,  $n_p$  — желтый;  $n_g > n_p \geq n_m$ ; у ловозерского в шлифах окраска значительно менее яркая и плеохроизм слабый.

Оптически +. Угол оптических осей у хибинского в среднем  $+41^\circ$ , у ловозерского  $23^\circ 30'$ , сильная дисперсия  $\rho > \nu$ . Плоскость оптических осей  $\perp$  плоскости симметрии,  $n_g \wedge Z$  до  $8^\circ$ ,  $n_p \parallel Y$ ,  $n_{g_{Na}} = 1.779$ ,  $n_{p_{Na}} = 1.747$ ,  $n_{g_{Na}} - n_{p_{Na}} = 0.032$ .

По химическому составу это фторосодержащий титаносиликат натрия и стронция с изоморфным замещением калием, железом, марганцем, кальцием, магнием и барием. Перед паяльной трубкой легко сплавляется в черный шарик. В HCl растворяется.

Спутниками его в хибинских Тундрах являются эгирин, полевые шпаты, ривколит, эвдиалит, арфведсонит, энigmatит, реже апатит, сфен и натролит; в Ловозерских Тундрах — эгирин, содалит, нефелин, полевой шпат, эвдиалит, рамзаит, арфведсонит, мурманит, натролит, нештунит. Лампрофиллит является типичным минералом магматической стадии минералообразования.

Необходимо добыть еще новый материал по лампрофиллиту, чтобы окончательно разобраться в его свойствах. Сейчас, как указывалось, перед нами остается еще ряд невыясненных вопросов: 1) чем вызвано различие в угле оптических осей минерала Хибинских и Ловозерских месторождений; 2) чем объяснить отклонение от типичного угла призмы и иной облик кристаллов в месторождении 3-го западного цирка Кукисвум-чорра; 3) результаты химических анализов не совпадают, и, как указывалось, нет возможности вывести с несомненностью химическую формулу минерала. Необходимы новые анализы, которые позволили бы выяснить природу лампрофиллита, а также разрешить указанные выше неясности.

В виду того, что до настоящего времени были известны лишь оптические свойства лампрофиллита, остальные же его свойства не были изучены, его считали минералом близким к астрофиллиту, и в минералогических руководствах о нем обычно кратко упоминалось в связи с описанием астрофиллита. По внешнему облику оба минерала действительно необыкновенно похожи, и лишь при известном навыке, при более близком знакомстве с хибинскими минералами удастся различать эти два столь характерные для наших массивов минерала. Надо сказать, что при наших

первоначальных сборах в Хибинах, мы неоднократно путали лампрофиллит с астрофиллитом.<sup>1</sup>

Однако, при более близком знакомстве с обоими минералами, внешне различать их не трудно: цвет минералов похож, но спайность у астрофиллита слюдоподобная, у лампрофиллита хотя и совершенная, но значительно хуже. У астрофиллита на спайной поверхности никогда не наблюдается столь характерной для лампрофиллита зигзагообразной спайности. К сожалению, мы еще не имеем химических анализов Хибинских астрофиллитов и потому сравнение обоих минералов пока проводить трудно, но по имеющимся в литературе анализам астрофиллита мы видим, что по своему составу он существенно отличается, так как содержит значительные количества железа и марганца при небольшом содержании щелочных земель и меньшем, чем у лампрофиллита количестве щелочей и окиси титана. Оптически, отличается более низким показателем преломления, обратным плеохроизмом и иной ориентировкой эллипсоида упругостей. Более детальное сравнение обоих этих минералов нам удастся провести лишь после изучения хибинских астрофиллитов, здесь укажем лишь на чрезвычайно интересное явление, что лампрофиллит и астрофиллит в Хибинских Тундрах совместно не встречаются (в Ловозерских Тундрах астрофиллит вообще не был встречен). Для лампрофиллита весьма характерно, что его выделения приурочены к хибинитам; на карте на стр. 53 отчетливо видно, что хибиниты слагают наружные части массива, располагаясь в виде подковы; выделения же астрофиллита главным образом приурочены к мелкозернистым нефелиновым сиенитам, развитым в центральных и восточных частях массива, по возрасту более молодым. Лампрофиллит характерен для магматической стадии минералообразования, астрофиллит — типичный минерал пегматоидной фазы процесса.

Если мы обратимся к литературным данным и попробуем провести сравнение лампрофиллита с рядом сложных титаносиликатов, то мы увидим, что наибольшее сходство несомненно имеется с моленграфитом, из нефелиновых сиенитов Трансвааля, описанным впервые Н. Groenewald (17 и 18). Моленграфит встречен им в эвколитовых лувритах в виде желто-бурых призматических выделений. Он обладает сильным блеском и совершенной спайностью по одному направлению. Под микроскопом обнаруживает идиоморфные очертания в зоне призм; Groenewald принимает хорошо развитую форму, параллельно которой проходит спайность, за  $\{100\}$ , кроме того наблюдается узкий боковой пинакоид  $\{010\}$  и призма, угол для которой

<sup>1</sup> Ср. Е. Е. Костылева и Э. М. Бонштедт. (10). В жилах Юмьечорра упоминаются выделения лампрофиллита, которые при дальнейшем изучении оказались астрофиллитом и только на вершине Кудрявцева найден был типичный лампрофиллит.

к сожалению не указан; но на основании рисунка Vroouwer, а также шлифов моленграфита, мы можем судить, что угол призмы близкий углу лампрофиллита. Плеохроизм слабее, нежели у ловенита и астрофиллита,  $n_g > n_p \geq n_m$ ; по нашим наблюдениям по цвету напоминает лампрофиллит Луэврурта;  $n_g = 1.770$ ,  $n_p = 1.735$ . Плоскость оптических осей почти совпадает с плоскостью спайности; оптически положительный, с малым углом оптических осей  $2E = 50^\circ$ , иными словами  $2V = +28^\circ$ . Полисинтетические двойники по (100) очень распространены. На спайных листочках наблюдается слабо выраженная перекрещивающаяся спайность под углом около  $35^\circ$ . Минерал моноклинный, но весьма мало отклоняется от ромбической симметрии. Как видно, описание это почти в точности отвечает нашей характеристике лампрофиллита. Vroouwer сравнивает его с целым рядом минералов из Лангезундфиорда, с ловенитоподобными минералами, описанными Ramsay и Naskmann, но сравнения его с лампрофиллитом не проводит. Это и понятно, так как оптическая ориентировка лампрофиллита, данная Naskmann, ошибочна; если принять для лампрофиллита правильную оптическую ориентировку, то мы получаем полное тождество оптических и внешних морфологических свойств обоих минералов. Если же обратиться к химическим анализам, то сходство их тоже очень велико (табл. 5, стр. 62). Содержание кремнекислоты, окиси титана, полуторных окислов, одинаково; несколько меньшее количество щелочей в моленграфите компенсируется повышенным содержанием щелочных земель, и, как мы видим, главными различиями их является наличие в моленграфите  $Al_2O_3$ , отсутствие фтора и содержание 19% CaO, тогда как в лампрофиллите содержится около 14% SrO и небольшие количества BaO и CaO, при чем общая сумма их составляет 17%. Как любезно сообщил нам в письме профессор S. J. Shand из Stellenbosh по его сведениям при анализе моленграфита стронций и барий не определялись, и поэтому возникает вопрос, не содержит ли и моленграфит Sr, подобно лампрофиллиту. Судя по мелким образцам моленграфита, присланным нам Shand, внешнее сходство обоих минералов не полное, в шлифах же он очень похож на ловозерский лампрофиллит; к сожалению в нашем распоряжении слишком мало материала чтобы сделать спектроскопическую пробу на содержание Sr, Ba и Ca. Так или иначе, приходится рассматривать оба минерала как чрезвычайно близкие, несомненно принадлежащие к одной группе, если не идентичные. При пересчетах анализов замена CaO значительным количеством SrO конечно имеет существенное значение, поэтому переходя к эквивалентам, мы наталкиваемся уже на различие, и оба минерала не укладываются в одну общую формулу. При сравнении их с целым рядом других минералов мы не находим им аналогов.

Shand (19) считает, что моленграфит и ловенит по всей вероятности члены одного изоморфного ряда, в котором, подобно ряду эвколит —

	Л а м п р о ф и л л и т Lamprophyllit			Моленгра- фит Molengraaffit	Ловени- т Lohleit
	I	II	III	IV	VI
SiO <sub>2</sub> . . . . .	30.40	30.80	31.75	28.90	30.12
TiO <sub>2</sub> . . . . .	27.48	31.26	25.26	27.70	0.42
ZrO <sub>2</sub> . . . . .	—	0.05	—	—	16.11
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	—	—	12.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	3.75	—
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	—	—
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	—	0.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.87	0.37	0.29	0.95	0.48
FeO . . . . .	1.97	3.16	5.21	2.07	1.26
MnO . . . . .	2.33	3.21	3.29	2.72	1.00
CaO . . . . .	1.41	1.20	1.72	19.00	26.95
SrO . . . . .	14.58	14.49	16.76	—	—
BaO . . . . .	1.25	1.09	0.56	—	—
MgO . . . . .	0.25	0.53	0.26	2.38	0.12
Na <sub>2</sub> O . . . . .	12.35	12.70	10.83	10.30	7.50
K <sub>2</sub> O . . . . .	2.31	—	1.50	0.60	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	0.60	0.39	0.36	1.00	0.74
F . . . . .	1.82	1.65	1.83	—	2.93
Cl . . . . .	—	0.27	0.62	—	—
	100.62	101.17	100.24	99.37	101.19
— 0 . . . . .	— 0.77	— 0.76	— 0.91	—	— 1.24
	99.85	100.41	99.33	99.37	99.95

- I. Лампрофиллит. Хибинь. Анализ И. Д. Старынкевич.  
 II. Лампрофиллит. Сенгисчорр. Анализ Н. И. Влодавца.  
 III. Лампрофиллит. Чингисуай. Анализ И. Д. Старынкевич.  
 IV. Моленграфит. Pilansberg. Анализ M. Pisani, Brouwer (17, p. 179).  
 V. Ловенит. Лангезундфьорд. Анализ P. Cleve, Brögger (16, p. 347).  
 VI. Велерит. Лангезундфьорд. Анализ P. Cleve (16, p. 360).  
 VII. Розенбушит. Лангезундфьорд. Анализ P. Cleve (16, p. 383).

Таблица 5

серия	Розенбушит Rosenbuschit	Астрофилл. минерал Astrophyllit- ähnl. Mineral	Астрофил- лит Astrophyllit	Эвколит- титанит Eukolit- Titanit	Ферсманит Fersmannit.	Мурманит Murmanit	
V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.2	30.12	31.44	44.87	33.02	30.22	22.30	30.06
2.0	0.42	7.22	10.36	11.11	34.78	37.34	38.24
2.0	16.11	19.40	следы	3.65	0.18	—	2.08
2.2	12.65	—	—	—	—	—	—
—	—	—	следы	0.98	—	—	—
—	—	—	—	—	0.59	—	—
—	0.66	0.33	—	—	2.57	—	—
1.8	0.48	1.07	34.25	2.53	—	0.45	2.33
1.4	1.26			21.76	3.84	0.30	0.30
1.5	1.00	1.62	1.38	11.96	—	0.25	2.30
1.9	26.95	25.12	2.12	1.26	24.38	26.16	2.56
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.12	—	следы	0.92	0.50	0.08	0.35
—	7.50	10.04	2.16	2.77	0.86	9.88	10.38
—	—	—	3.50	5.78	0.27	—	0.33
—	0.74	—	3.57	3.47	0.31	1.26	10.20
—	2.98	5.83	—	0.97	—	3.61	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	101.19	102.07	102.21	100.18	98.50	101.63	99.63
—	-1.24	-2.45	—	-0.41	—	-1.52	—
—	99.95	99.62	102.21	99.77	98.50	100.11	99.63

VIII. Минерал группы астрофиллита. Урма-варака. Анализ Б. Тищенко. В. Kupletskij (20, p. 246).  
 IX. Астрофиллит. Лангезундфьорд. Анализ Н. Räckstrom, Brögger (16, p. 209).  
 X. Эвколит-титанит. Анализ G. Lindström (16, p. 516).  
 XI. Ферсманит. Хибинь. Анализ Н. И. Влодавца (14, стр. 298),  
 XII. Мурманит. Лууврурт. Анализ И. Д. Старынкевич.

Минерал Mineral	Кр. система Kristall-system	Угол призмы Prismenwinkel	Спайность Spaltbarkeit	Уд. в. Sp. Gew.	Питт иен и Ori
Лампрофиллит . . . (Lamprophyllit)	мон. (mon.)	(100) : (110) = 42°00' (100) : (530) = 28°28'	хор. (100) (gut) пл. (010) (undeutl.)	3.48— 3.53	304. он бсеи з (010) р =
Моленграфит . . . . . (Molengraafit)	мон. (mon.)	—	хор. (100) (gut)	—	34. он бсеи gel (010) р =
Ловенит . . . . . (Lävenit)	мон. (mon.)	(100) : (110) = 45°48' (100) : (210) = 27°12'	хор. (100) (gut) пл. (010) (undeutl.)	3.51— 3.55	37. он бсеи gel (010) m =
Велерит . . . . . (Wöhlerit)	мон. (mon.)	(100) : (110) = 44°54' (100) : (210) = 26°29'	пл. (010) (undeutl.)	3.41— 3.44	34. он бсеи (010) г =
Розенбушит . . . . . (Rosenbuschit)	мон. (mon.)	(100) : (540) = 42°28'	хор. (001) (gut) несов. (100) unvollk.	3.30— 3.32	37. он бсеи а (010) bel, р =
Астрофиллит . . . . . (Astrophyllit)	ромб. (rhomb.)	—	хор. (100) (gut)	3.3 — 3.4	304. он р = г = g =
Астрофиллитоподоб- ный минерал с Урма- вараки . . . . . (Astrophyllit-ähnliches Mineral von Urma- Waraka)	мон. (mon.)	—	—	3.24	37. он бсеи   (010) gel, m =
Мурманит <sup>1</sup> . . . . . (Murmanit)	мон. (mon.)	—	хор. (100) (gut)	2.84	фви сепи vici

<sup>1</sup> По неопубликованным данным Н. Н. Гутковой.

Таблица 6

Знач. ориент.	Угол затемн. Auslöschungswinkel	Знак Opt. Char.	$2V$	$n_g$	$n_m$	$n_p$	$n_g - n_p$	Плеохроизм Pleochroismus	Двойн. Zwill.
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_g \wedge Z = 8^\circ$	+	41° или 23°	1.779	1.76 вычисл.	1.747	0.082	$n_g > n_p \geq n_m$	по (100)
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_g \wedge Z$ мал. [klein]	+	28°	1.770		1.735	0.035	$n_g > n_p \geq n_m$ слабый	по (100)
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_g \wedge Z = 20^\circ$	-	80°		1.75		0.03	$n_g > n_m > n_p$	по (100)
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_p \wedge Z = 43^\circ$	-	78°	1.726	1.716	1.700	0.026	$n_g < n_m = n_p$	по (100)
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_g \wedge Z = 13^\circ$	+	58°	1.712	1.688	1.683	0.029	$n_g > n_m > n_p$ слабый	
$n_p = X$ $n_m = Z$ $n_g = Y$	$0^\circ - 3^\circ$	+	75°	1.733	1.703	1.678		$n_g < n_m < n_p$	
дл. опт. осей (010) $= Y$	$n_g \wedge Z = 19^\circ$	+	80°	1.765	1.746	1.740	0.025	слабый $n_g > n_p$	
		-	63°	1.839	1.765	1.735 вычисл.	0.104	$n_g > n_m > n_p$	



эвдиалит, происходит изменение оптического знака минерала. Он высказывает даже сомнение, действительно ли в моленграфите отсутствует окись циркония. Однако различие с ловенитом довольно большое, и если мы примем во внимание сходство моленграфита с лампрофиллитом, в котором несомненно  $ZrO_2$  отсутствует или содержится в очень незначительных количествах, то весьма вероятно предположить, что и моленграфит содержит лишь  $TiO_2$ . Быть может мысль Shand и правильна, об этом судить трудно, пока не разобрана детально вся эта сложная группа; несомненно есть некоторое сходство между этими тремя минералами, но сходство не столь близкое, как это мы видим у эвдиалита и эвколита.

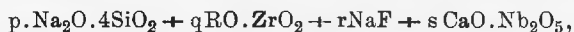
Сравнительные характеристики лампрофиллита с рядом сходных с ним минералов приведены в таблицах на стр. 62—65.

Как говорилось, сходство с ловенитом, после моленграфита, наибольшее. Если попытаться анализ ловенита разбить на такие же группы, как мы это сделали для лампрофиллита, считая, что цирконий изоморфно замещает титан, и выделив ниобий, который в лампрофиллите отсутствует, то получаем соотношения, которые хотя бы и не полностью отвечают, но все же указывают на известную близость этих минералов.

Для ловенита мы можем сделать следующий пересчет, если окисное железо пересчитать на закисное:

$SiO_2$	0.505	
$TiO_2$	} 0.260	$Na_2O : SiO_2 = 1 : 3.7$
$ZrO_2$		$RO : (Zr, Ti)O_2 = 1 : 0.94$
$Nb_2O_5$	0.016	
$FeO$	} 0.289	
$MnO$		
$CaO$		
$Na_2O$	0.188	
$NaF$	0.101	

Если условно разбить анализ на следующие группы:



то получаем соотношение:

$$\begin{aligned} \text{для ловенита } p : q : r : s &= 1 : 1.98 : 0.78 : 0.012 \\ \text{„ лампрофиллита} &= 1 : 2.76 : 0.77 : 0 \end{aligned}$$

как видим есть известное сходство.

Сравнивая указанные в таблицах минералы, мы видим, что все они имеют друг с другом ту или иную общую черту, но и соответствующие различия. Интересна находка Куплетским (20) астрофиллитоподобного минерала в центральной части Кольского полуострова на Урма-вараке.

Минерал этот, как видно, занимает промежуточное положение между лампрофиллитом и астрофиллитом, приближаясь по оптике к лампрофиллиту и отчасти к ловениту, а по химическому составу ближе стоит к астрофиллиту.

К сожалению, вся эта группа минералов еще мало изучена, и поэтому трудно проводить сравнение между ними. Отметим, что в Лангезунд-фьорде в ряде близких лампрофиллиту минералов — ловените, велерите, розенбушите значительно преобладает цирконий над титаном, мы же имеем дело с титановым минералом. С этим фактом преобладания титана в Кольских массивах мы встречались уже неоднократно: например в Ловозерских, а отчасти и в Хибинских Тундрах, мы встречаем рамзант —  $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{Ti}_2\text{O}_9$  (11), чрезвычайно близкий гренландский минерал лоренценит отличается от него частичной заменой титана цирконием. Гренландскому эльпидиту соответствует титановый эльпидит в Хибинах (13). Хибинский ринколит (12) содержит 11.15%  $\text{TiO}_2$  при 0.35%  $\text{ZrO}_2$ , в норвежских мозандрите и ионструпите — содержание  $\text{TiO}_2$  5.33 и 7.57%, а  $\text{ZrO}_2$  7.43 и 2.84%.

В связи с наличием в лампрофиллите Sr и Ba необходимо упомянуть, что это тоже весьма типичное для Кольских массивов явление: мы встречаем в ринколите более 3% SrO и следы BaO, в полевых шпатах ив пегматитовых жил Хибинского массива от 0.20 до 0.80% BaO; наконец, в апатитах Хибинского массива по наблюдениям В. И. Влодавца (15) содержится до 2.26% SrO и 0.07% BaO.

Минералогический Музей  
Академии Наук  
Ленинград. Сентябрь 1929.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ <sup>1</sup>

1. W. Ramsay. Petrographische Beschreibung der Gesteine des Lujavr-urt. Fennia, 1890, 3, № 7, 45, 51. (Предварительно описан как неизвестный минерал № 2; угол призмы, оптика, химический состав.)
2. V. Hackmann. Petrographische Beschreibung des Nephelinsyenits vom Umptek. Fennia, 1894, 11, № 2, 119. (Оптическая характеристика, угол призмы, указание на химический состав.)
3. W. Ramsay. Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola. Fennia, 1897—99, 15, № 2, 9. (Звездчатые скопления в лувэритах.)
4. С. С. Смирнов. Некоторые результаты оптического исследования лампрофиллита и астрофиллита из Хибинских Тундр. Сб. под ред. А. Е. Ферсмана. Хибинский массив. Т. Сев. Н.-Пром. Экспед. 1923, вып. 16, 58. (Изучение шлифов федоровским методом, некоторые константы.)

<sup>1</sup> Литература специально по лампрофиллиту указана в №№ 1—9.

5. А. Е. Ферсман. Закономерные сростания минералов в Хибинских и Ловозерских Тундрах. ИАН, 1923, 279. (Сростание с ринколитом.)
6. A. Fer smann. Die Mineralien der Chibina u. Lujavr. Tundren auf der Halbinsel Kola. N. Jb. f. Min., 1926, Beil.-Bd. 55, Abt. A, 42. (Физические признаки, химический анализ.)
7. A. Fer smann. Minerals of the Kola Peninsula. Am. Min., 1926, 11, № 11, 294. (То же.)
8. А. Е. Ферсман (под. ред.). Хибинские и Ловозерские Тундры, 2. Т. Инст. по Изуч. Севера, 1923, вып. 39. (Описание месторождений.)
9. A. Fer smann. Geochemische Migration der Elemente. Teil I. Abhandl. Z. prakt. Geol., 1929, 18, 37. (Парагенез, общая характеристика, химический анализ.)
10. Е. Е. Костылева и Э. М. Бонштедт. Предварительный отчет минералогической экспедиции в Хибинские Тундры. Т. Сев. Н.-Пром. Эксп., 1921, вып. 10, 19.
11. Е. Е. Костылева. Рамзаит из Хибинских и Ловозерских тундр. ИАН, 1925, № 9—11, 363.
12. Э. М. Бонштедт. О новых минералах группы мозандрита из Хибинских тундр. ИАН, № 12, 1926, 118.
13. А. Н. Лабунцов. О титановом эльпидите из Хибинских тундр. ДАН-А, 1926, март, 39.
14. А. Н. Лабунцов. Ферсманит — новый минерал Хибинских тундр. ДАН-А, 1929, № 12, 297.
15. В. И. Влодавец. Результаты исследования апатитовых месторождений в Хибинских Тундрах. ДАН-А, 1929, № 5, 109.
16. W. Brögger. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. Krist., 1890, 16.
17. H. A. Brouwer. Oorsprong en Samenst. der Transv. Nephelinsyen. Haag. Mouton & Co, 1910, 125, 179.
18. H. A. Brouwer. Molengraaffit, ein neues Mineral aus Transvaal. Cbl. Min., 1911, 129.
19. S. J. Shand. The Geology of Pilansberg. Trans. of Geol. Soc. of South Africa, 1928, 31, 138.
20. B. Kupletskij (B. Kupletsky). Ein Mineral der Astrophyllitgruppe. ДАН-А, 1929, № 14, 343.

### **E. Bohnstedt. Lamprophyllit der Chibina-Tundren und des Lujavrurt (Halbinsel Kola)**

#### Résumé

Lamprophyllit ist eines der typischen Minerale in den Nephelinsyenitmassiven der Kola-Halbinsel. In den Chibina-Tundren kommt es als ein accessorisches Mineral des Chibinits vor, doch hauptsächlich ist es in den Pegmatitbildungen der Chibinite verbreitet. Lamprophyllitführende Pegmatite gehören zur magmatischen Phase der Mineralienbildung und enthalten ausser Lamprophyllit noch Aegirin Arfvedsonit, Aenigmatit, Rinkolith,

Eudialyt, Feldspat und Nephelin. Ausnahmsweise kommt Lamprophyllit mit Pektolith vor. Im Lujavurrut kommt Lamprophyllit in Lujavrit und in Pegmatitbildungen vor — mit Aegirin, Arfvedsonit, Eudialyt, Ramsayit, Murmanit, Neptunit, Sodalith, Nephelin, Feldspat und Natrolith.

Farbe goldig-braun, braun. Strich blass bräunlich-gelb. Härte zwischen 2 und 3. Spezifisches Gewicht 3.48—3.53. Halbmattglanz. Bruch uneben, spröde. In dünnen Splintern durchscheinend. Monoklin, Kristalle meist tafelig nach (100) und gestreckt nach der Vertikalaxe Z. (Bis 20 cm lang und 5 cm breit). Vertikale Prismenzone gut entwickelt, {100} vorherrschend. Zwillinge nach (100) sehr verbreitet (Fig. 2, 3, 6, 7, SS. 41 u. 45). Endbegrenzung verhältnissmässig selten; meistens Y-Prismen entwickelt, Pyramidalflächen seltener. Die Messungen, am zweikreisigen Goniometer V. Goldschmidt's ausgeführt, sind in Tab. S. 43 zusammengefasst. Prismenflächen glänzend und gut messbar, Endflächen schlecht entwickelt und Messungen wenig zuverlässig. Deshalb ist das berechnete Axenverhältnis  $a:b:c=0.9231:1:0.6052$ ;  $\beta=102^{\circ}43'$  nicht vollkommen sicher, und neues kristallographisches Material sehr erwünscht.

Spaltbarkeit nach (100) gut, nach (010) unvollkommen; auf Spaltfläche (100) sind noch zwei unvollkommene Spaltungsrichtungen zu sehen (Fig. 1, S. 36), einen Winkel von ca.  $65^{\circ}$  miteinander bildend.

Optisch positiv. Bestimmungen des Axenwinkels und der optischen Orientierung wurden auf dem Universaldrehtisch von Fedorow bei Na- und Ta-Licht vollzogen. Resultate auf SS. 37, 38 angeführt. Für die Lujavurrutvorkommen beträgt  $2V_{Na}=+23.5^{\circ}$ , für die Chibina-Tundren  $2V_{Na}=+41^{\circ}$ . Starke Dispersion der Axen und Bisektrizen.

$n_{gNa}=1.779$ ,  $n_{pNa}=1.747$ ,  $n_{gNa}-n_{pNa}=0.032$ . Pleochroismus stark, besonders beim Chibinaer Lamprophyllit,  $n_g$  — orangegelb,  $n_m$  — strohgelb,  $n_p$  — gelb,  $n_g > n_p \geq n_m$ . Optische Axenebene  $\perp$  (010),  $n_p \parallel Y$ ,  $n_g \wedge Z$  bis  $8^{\circ}$ .

Auf S. 48 Tab. 2 u. S. 49 Tab. 3, sind verschiedene chemische Analysen gegeben. Analyse I ist nicht abgeschlossen. Analyse IV, die in den Arbeiten von A. Fersmann mehrmals angeführt wurde (6, 7, 9, auf S. 67) ist fehlerhaft; zu berücksichtigen sind die Analysen II — vom Sengistschorr-Lujavurrut von N. Wlodavetz ausgeführt, III — Tschinglusuaj-Lujavurrut und IX — Chibina-Tundren — beide von I. Starynkevitch ausgeführt. Die Übereinstimmung der Analysen ist nicht vollkommen. Starynkevitch fand für Analyse III die Formel  $7Na_2Si_4O_9 \cdot 17RTiO_3 \cdot 6NaF$ . Wie man aus den Gleichungen SS. 51 u. 52 ersieht, lassen sich die vorliegenden Analysen durch keine gemeinsamen Formeln in einigermaßen befriedigender Weise wiedergeben.

Beim Vergleich des Lamprophyllit mit verschiedenen Titano- und Zirkonosilikaten sieht man die meiste Ähnlichkeit mit Molengraaffit aus

dem Transvaal, wobei die physikalischen und optischen Eigenschaften die gleichen sind, und die beiden Minerale in chemischer Beziehung nur durch einen Gehalt von F u. SrO in Lamprophyllit und demgegenüber von CaO und  $Al_2O_3$  in Molengraffit zu unterscheiden sind. Da augenscheinlich im Molengraffit SrO und BaO nicht gesucht wurden, bleibt die Frage offen ob die beiden Minerale nicht identisch sind.

---

**Б. А. Гаврусевич**

## **К минералогии и геохимии пегматитов Волыни**

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 19 декабря 1929 года)

В течение нескольких лет мне пришлось работать вместе с проф. С. В. Бельским по детальному геологическому исследованию Волыни. Во время этих работ нами был собран довольно богатый материал по пегматитовым жилам Волыни, минералогия которых выделяет волынскую часть кристаллического массива Украины в особую минералогическую провинцию, с явно выраженным пневматолитическим характером. Подобная же минералогическая провинция на Украине намечается в последнее время в Мариупольском округе.

Минералы пегматитовых образований Волыни интересны как со стороны генетических проблем, во многих случаях не вполне ясных и разгаданных, так и со стороны намечающихся их минеральных ассоциаций или парагенезиса,<sup>1</sup> изучение которого дает возможность подойти к такому важному и интересному вопросу как геохимические типы пегматитов.

До последнего времени литература по пегматитам Волыни очень малочисленна, носит исключительно описательный характер, дает характеристику отдельных минералов, а также петрографические очерки для отдельных районов.

Так, имеются описания отдельных минералов из пегматитов проф. Л. Л. Иванова (13, 14),<sup>2</sup> совершенно не касающиеся вопросов генетического, парагенетического и геохимического характера. Затем имеются краткие предварительные работы по отдельным районам Волыни, описательно-петрографического характера, Н. К. Ненадкевич (17, 18) и М. И. Рубан (21).

<sup>1</sup> Главнейшую литературу по парагенезису гранитных пегматитов указывает А. Е. Ферсман в работе: „Парагенезис минералов Мурзинки“. ИАН, 1922, 463.

<sup>2</sup> Цифры в скобках после фамилий авторов указывают на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

В последнее время появилась работа проф. Н. И. Безбородько (1) о месторождениях полевых шпатов Волыни, имеющая общий петрогенетический характер, и небольшая работа инж. С. П. Нечипоренко (19) о пегматитах окрестностей м. Троянова на Волыни. В своей работе С. П. Нечипоренко на основании петрографического изучения пытается наметить определенные петрографические типы пегматитовых гранитов Волыни, в результате чего он получает такие группы:

1) Адамелит-пегматиты; 2) красные пегматиты; 3) гранит-пегматиты и 4) диорит- и тоналит-пегматиты.

Намечаемая на основании частичного петрографического исследования С. П. Нечипоренком группировка особого значения иметь не может, хотя бы уже потому, что на Волыни мы имеем пегматиты исключительно гранитной магмы,<sup>1</sup> а их различие имеет совершенно другие причины.<sup>2</sup>

Таким образом до сих пор не имелось очерка минералогии волыньских пегматитов, не говоря уже об их геохимии.

В настоящей небольшой работе я даю только краткую сводку минералогии пегматитовых жил Волыни на основании как своих личных наблюдений, так и литературных данных, а также краткий очерк их геохимии и характеристику тех геохимических типов, которые намечаются благодаря изучению парагенезиса.

Пегматитовые жилы на Волыни имеют очень большое распространение. Во время наших исследований было встречено свыше 1500 жил на пространстве около 5000 кв. км, причем выходы их в южной части Волыни наблюдались исключительно в долинах рек, а в северной части Волыни — на вершинах оригинальных сопок, вроде „останцев“, получившихся благодаря выветриванию кристаллического массива, оставшегося обнаженным, между тем как остальная и большая часть массива скрыта под четвертичными отложениями. Пегматитовые жилы пронизывают в различных направлениях то одиночными жилами, то целой сетью различные кристаллические породы, разного типа и разного возрастного взаимоотношения, как-то: серые, красные и роговообманковые граниты, диориты, гнейсы, динамограниты или гранитогнейсы и т. д. С гнейсами пегматиты пластуются по сланцеватости или их секут, что отмечается также проф. Н. И. Безбородько, С. В. Бельским, Н. К. Ненадкевич и др. Что же касается взаимоотношения пегматитосодержащих пород, то до последнего времени оно укладывалось в такую схему:<sup>3</sup> к самым ран-

<sup>1</sup> Мы пока оставляем в стороне своеобразные пегматитовые тела, габбро-норитов, которые были открыты в с. Горбылеве И. Ф. Матковским и в с. Каменном Бродке мной и Н. И. Бурчак-Абрамовичем и сейчас обрабатываются мной.

<sup>2</sup> Типам пегматитов Волыни и их генетическим причинам мной будет посвящена отдельная работа.

<sup>3</sup> Более подробно рассматривается в работах С. В. Бельского (2, 3, 4, 5).

ним образованиям относились серые граниты чудновского типа, гнейсы и красные граниты. Во время первой дислокации, гуронского возраста (с направлением СВ—ЮЗ: 50°), происходит интрузия серых гранитов житомирского типа, а во время второй — каледонского возраста (с направлением СЗ—ЮВ: 40°), интрузия роговообманковых гранитов и диоритов. Образование пегматитов связано со всеми интрузиями и поэтому характерно для петрогенезиса всего кристаллического массива Волыни. Последние работы немецких ученых Н. Cloos, L. zur Mühlen, Bubnoff и др., устанавливающие новые методы исследований тектоники, уже вносят большие поправки и изменения в эти представления.

По отношению пегматитов к тем породам, в которых они находятся, мы выделяем следующие две группы: 1) пегматиты в виде гнезд или штоков и прожилок в кристаллических породах, образование которых тесно связано с образованием данного кристаллического тела без влияния боковых стенок. Пегматиты этой группы минералогически малоинтересны, имеют небольшое распространение и географически связаны главным образом с распространением гранитных пород, и 2) пегматиты, в большинстве носящие характер жил, мощность которых достигает нескольких десятков метров, прорезывающих кристаллические породы и являющиеся образованиями, внедренными в породы, их содержащие и носящие на себе следы влияния боковых стенок. Эта группа связана с гнейсами и гранитогнейсами, а также с контактами гранитных интрузий в эти породы. Это отмечает и проф. Н. И. Безбородько (1), привязывающий главные месторождения волынских пегматитов к инъекционным гнейсам. В пегматитах этой группы чаще явление зонарной структуры пегматитовых жил, ясно показывающих порядок и характер кристаллизации породообразующих минералов.<sup>1</sup> Эта группа пегматитов, имеющая большое распространение, очень интересна и минералогически.

Интересно также отметить чрезвычайно разнообразие по габитусу волынских пегматитов, благодаря различному сочетанию и различной окраске породообразующих минералов, главным образом полевого шпата. Благодаря этому, каждая пегматитовая жила имеет свои индивидуальные особенности.

Главными породообразующими и наиболее распространенными минералами волынских пегматитов являются полевые шпаты, кварц и слюды. Они составляют всю массу жилы, и расположение их следующее. В зальбандах они образуют мелкозернистые агрегаты аллитового, гранитового и иногда грейзенового характера, ближе к центру крупнозернистые

<sup>1</sup> Это явление, чрезвычайно характерное для гранитных пегматитов, наблюдалось мной также в пегматитах рр. Кок-джара и Улана в горах Центрального Тянь-Шаня.



агрегаты в виде пегматитового гранита как такового, так и письменного пегматита, и в центре жилы эти минералы выделяются в чистом виде. Хорошо окристаллизованные разновидности этих минералов, а также и другие минералы, как-то: турмалин, гранат, апатит, топаз, ортит и др. или бывают включены в породообразующие минералы или же выполняют микроролитовые пустоты, с последним продуктом пегматитового процесса образования — буроватокрасной глиной.<sup>1</sup>

Перейдем теперь к рассмотрению отдельных минералов.

**Полевые шпаты.** Во всех волынских пегматитах полевые шпаты представлены главным образом микроклин-пертитом, иногда дающими макропертитовую и макроклиновую структуры. Макроклиновое строение очень хорошо выражено в пегматитовой жиле с Слободки-Сельца и др., а вторая — в пегматитах р. Каменки в г. Житомире. Нередко к микроклину присоединяется ортоклаз или плагиоклаз-олигоклаз.<sup>2</sup> Микроклины в пегматитовых жилах находятся в виде индивидуализированных масс, достигающих иногда в поперечнике нескольких метров, как например в пегматитовых жилах с Быстров на р. Тетерева и хут. Головинки на р. Гнилопяди. Обладает совершенной спайностью по (001) и менее совершенной по (010). В микроклине пегматитов с Быстров, на плоскости спайности по (010) и реже по (001) наблюдается волнистая поверхность. Причину ее до последнего времени усматривали в процессах динамометаморфизма. Между тем в других пегматитах Волыни нигде это явление не наблюдается. Более верным объяснением будет то, что эта волнистая поверхность является результатом сложной двойниковой структуры по периклиновому закону.

Чрезвычайно интересной является окраска полевых шпатов. Цвет их самый разнообразный и самых разнообразных оттенков: молочно-белый, желтый, кремовый, коричневый, розоватый, красный, мясокрасный, голубоватый, синеватый, серый и даже черный. Оригинальной также является пестрая окраска полевых шпатов в некоторых жилах сс. Быстров и Шумска, в виде чередующейся смены цветов синеватого и желтого, красного и черного и т. д. Вопрос о причинах окраски полевых шпатов до сих пор еще не разрешен.

В кристаллических формах полевые шпаты как микроклин так и ортоклаз встречаются часто. Наиболее богатый материал дали разработки пегматитовых жил в м. Чуднове, в окр. Токаровки и т. д. Изучением кристаллов из м. Чуднова занимался проф. Л. Л. Иванов (14). Кристаллы остальных месторождений находятся в стадии обработки.

<sup>1</sup> А. Е. Ферсман. Драгоценные и цветные камни СССР, Л. 1926, 2.

<sup>2</sup> Иногда полевым шпатом пегматитовой жилы бывает плагиоклаз, и С. П. Нечипоренко (19) называет такие пегматиты диорит-пегматитами. Такие пегматиты очень редки.

Описанные проф. Л. Л. Ивановым кристаллы микроклина из м. Чуднова вполне отвечают по форме кристаллам ортоклаза из ile de Batz в Бретани, описанным А. Lascoix (16). Так как идентичные по форме кристаллы из Бретани, представлены ортоклазом, то проф. Л. Л. Иванов ставит вопрос о том, не являются ли наши волынские калиевые полевые шпаты параморфозой вторичного микроклина по первичному ортоклазу. Эта же мысль, только для всех полевых шпатов пегматитовых жил Волыни, высказана была и Н. К. Ненадкевич (17). Между тем массовое распространение микроклина в волынских пегматитах и преобладание ортоклаза над микроклином в гранитах, содержащих пегматитовые жилы, где полевой шпат ортоклаз-микропертит, заставляет сомневаться в этом предположении и искать причину в физико-химических условиях застывания и кристаллизации пегматитов Волыни.<sup>1</sup>

Химические анализы полевых шпатов волынских пегматитов приводятся у И. И. Гинзбурга (8).

Место- нахождение	Состав в процентах						Потери при про- каливании	Сумма	Ана- литик
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O			
С. Ульха . .	65.50	18.70	1.15	0.62	0.20	13.23	0.27	99.67	Фарфор- трест
„ Поляны . .	65.20	21.12	0.64	0.72	0.11	11.89	0.32	100.00	
Ст. Гута . .	65.00	21.15	1.00	1.24	0.08	10.99	0.44	100.00	
С. Перевезня.	61.46	20.44	1.60	0.32	следы	15.86	—	99.68	Лабор. Моск. высш. техн. учил.
С. Быстры . .	63.80	19.96	0.12	0.13	0.10	00 16	—	99.17	

В м. Чуднове, в ур. Катюха,<sup>2</sup> был встречен ортоклаз в виде адуляра или лунного камня.

Из полевых шпатов, кроме выше описанных, встречен также и альбит, в миаролитовой пустоте пегматитов с. Усолус, в виде сильно изъеденных кристаллов, что свидетельствует о позднейшем воздействии на него пневматолитических и гидротермальных процессов. Интересен также его парагенезис с циннвальдитом и прекрасными кристаллами мориона в аметиста.

<sup>1</sup> Микроклин преобладает над ортоклазом вообще в пегматитовых жилах, и последние работы А. Е. Ферсмана вполне объясняют это физико-химическими условиями кристаллизации.

<sup>2</sup> См. работы проф. Л. Л. Иванова (14).

Группа кварца. Кварц подобно полевым шпатам, также играет доминирующую роль в составе пегматитов Волыни. Он бывает разных цветов, причем наиболее преобладает дымчатый, разных размеров, и находится во всех без исключения пегматитовых жилах. Различие окраски кварцев, по А. Е. Ферсману, зависит от различного времени образования и им для целого ряда месторождений с такой точки зрения изучен кварц пегматитов. Интересно это было бы сделать и для пегматитов Волыни. Очень часты эвтектические сростания его с полевым шпатом в виде красивых масс еврейского камня, самого разнообразного вида.<sup>1</sup> В окристаллизованном виде кварц встречается в волынских пегматитах, в виде мориона и аметиста.

Морион и аметист главным образом приурочиваются к пустотам миаролитового характера, заполненным буроватокрасной глиной. Кристаллы мориона призматического габитуса, на концах являются как бы основанием для друз мелких кристалликов полисинтетического сростания. Часто также встречаются кристаллы правильной формы. Аметист — в виде кристалликов короткостолбчатого габитуса с хорошо развитыми головками и слабой окраской.

Размер кристаллов мориона, по главной оси достигает 30—40 см. Наиболее интересными месторождениями их являются с. Усолузы и кол. Францевка. В 1928 г. геологом Украинского отделения Геологического комитета М. И. Ожеговой были найдены прекрасные кристаллы дымчатого горного хрусталя, в пегматитах горы Малина.

Образование морионов и аметистов относится нами к гидротермальной фазе процесса пегматитообразования. См. А. Е. Ферсман (24).

Слюды. Из слюд в волынских пегматитах имеются мусковит, биотит, циннвальдит, лепидолит и вторичный серицит. Биотит и мусковит наравне с полевыми шпатами и кварцами являются пороодообразующими минералами, но часто встречаются и бесслюдистые или малослудистые пегматиты.

Мусковит встречается главным образом пачками размером пластинок до  $20 \times 25$  см. Иногда встречаются кристаллы оригинального ромбического и гексагонального габитуса, полученного благодаря комбинации пинакоидов. Кроме того, для всех мусковитов волынских пегматитов характерна перистолучистая структура. Это отмечает А. Е. Ферсман (26) и для мусковитов Адуя. П. И. Грищинский (9, 10) ставит ее образование в связь с явлениями скольжения. Из оптических констант мусковита можно отметить отрицательный знак, маленький угол оптических осей  $2V = 4,1^\circ$  и угол острый биссектрисы с плоскостью (001) равный  $4^\circ$ .<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Образцы „еврейского камня“ волынских пегматитов обрабатывает сейчас А. Е. Ферсман.

<sup>2</sup> Проф. Л. Л. Иванов (14).

Присутствие в огромном количестве мусковита в некоторых пегматитах Волыни является очень интересным и говорит о большой минерализации пегматитов  $H_2O$  (в виде газа), благодаря чему полевоый шпат превращался в мусковит.

Биотит в пегматитах Волыни находится по большей части в виде узких длинных пластинок до 20—30 см длиной и 2—5 см шириной, черного, иногда зеленоватого цвета, имеет довольно большое распространение. Приурочен к центральным частям пегматитовых жил. Очень часты переходы биотита в серицит, благодаря процессам зоны гипергенеза.

Циннвальдит и лепидолит небольшими пластинками встречены вместе с альбитом, морионом и амethystом в пегматитах с. Усолус, и его образование мы относим к пневматолитической фазе пегматитообразования.

Турмалин. На Волыни турмалин (исключительно шерл) кроме пегматитов встречен также в гнейсах — в контактах их с пегматитами. В пегматитах турмалин находится большими черными призматическими кристаллами, достигающими в длину 20—25 см и в поперечнике 5 см. Очень часто кристаллы образуют красивые лучистые скопления, так называемые „турмалиновые солнца“, как например на Соколовой горе в окр. Житомира, в с. Романовке и т. д.

В большинстве случаев, турмалин очень некрепкий, благодаря сильной механической деформации, и поэтому хороших кристаллов выбить из породы нельзя. Очень часты псевдоморфозы серицита по турмалину. По габитусу волынский турмалин вполне подходит к турмалинам Мурзинки, Монголии и т. д.

Что же касается времени выделения турмалина, то по видимому, он относится к минералам наиболее ранней генерации.<sup>1</sup> Это подтверждается также данными и проф. С. В. Бельского.<sup>2</sup>

Из наиболее интересных минералогически местонахождений турмалинов в волыньских пегматитах является Соколова Гора в окр. Житомира, с. Быстров,<sup>3</sup> с. Романовка в окр. Новоград-Волыньска, м. Городница,<sup>4</sup> в окр. Полонного и Токаревки и др.

<sup>1</sup> Мною встречены кристаллы турмалина, пронизывающие кварц и полевые шпаты.

<sup>2</sup> Проф. С. В. Бельский указывает для окр. Левкова нахождение в кристалле граната кристалла турмалина.

<sup>3</sup> Весной 1928 г. в гнейсах с. Быстров мною были найдены жилы пегматита с массой кристаллов турмалина, благодаря чему самый пегматит может быть даже назван турмалиновым. Эта порода находится в Минералогическом музее Академии Наук СССР.

<sup>4</sup> Здесь в 1926 г. экспедицией проф. Бельского встречены великолепные кристаллы турмалина, находящегося в Геологическом отделе Волынского музея.

Литературы о волынских турмалинах почти не имеется.<sup>1</sup>

Гранат. Гранат в пегматитах Волыни глиноземожелезистый — альмандин, в виде кристаллов комбинации форм  $\{110\}$  и  $\{211\}$ , реже в виде форм  $\{211\}$  и очень редко  $\{110\}$ . Размер кристаллов от очень мелких до 10 см в поперечнике. Гранаты полупрозрачные, на краях просвечивают. От выветривания делаются совершенно непрозрачными и покрываются сверху буровато-черною коркой „загара“, вероятно от окислов Fe и Mn.

Химический анализ для граната р. Гнилопяди, произведенный К. Д. Глинкой, дается П. Н. Чирвинским (22). Результаты его таковы:  $\text{SiO}_2$  — 36.59;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 19.40;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 4.26; FeO — 32.86; CaO — 1.04; Mg — 5.40; MnO — следы; сумма 99.91. Встречается в бассейне рр. Тетерева и Случа.

На р. Каменке в г. Житомире, ниже польского кладбища, мной были встречены в большом количестве очень красивые кристаллы благородного альмандина, вполне просвечивающего, густо кроваво-красного цвета, величиной до 1 см.<sup>2</sup> Кроме того, единичные находки благородного граната-альмандина были и в других местах р. Каменки. Образование граната можно отнести к более поздним генерациям, чем турмалина, полевошпата, мусковита и кварца.<sup>3</sup>

Топаз.<sup>4</sup> На Волыни топаз был открыт проф. С. В. Бельским в двух местах, находящихся в 0,5 км расстояния одно от другого, и оба раза не *in situ*, а в россыпи пегматитовых жил, кол. Остроны и Писаревской Гуты. Первая находка относится к 1911 г., а вторая к 1924 г. Описаны обе находки были проф. Л. Л. Ивановым. Эта находка топаза представляет собой большой научный интерес, так как волынское месторождение единственное не только для Украины, но и для всей Европейской России, исключая конечно Урал.<sup>5</sup> Найден он был в виде совершенно чистых и прозрачных спайных кусков по (001), иногда с окатанными матовыми гранями. Только в одном куске был участок голубоватого цвета. Вес кусков до 145 г. Удельный вес — 3.59. Для топаза он несколько высок, но по Church свойствен бесцветным топазам.<sup>6</sup> Спайность по основному пинакoidу (001).

<sup>1</sup> О турмалинах недавно вышла интересная работа: W. Kunitz. Die Mischungsreihe in der Turmalin-Gruppe und die genetischen Beziehungen zwischen Turmalin und Glümmern. *Chemie der Erde*, 1929, где даются химические формулы турмалинов и их конституция.

<sup>2</sup> Находятся они в Волынском музее и Геологическом музее Украинской Академии Наук.

<sup>3</sup> Проф. Л. Л. Иванов (14) отмечает напр. прорастание альмандина икhtiоглином кварца.

<sup>4</sup> Описание топаза дается в работе проф. Л. Л. Иванова (14). См. также работу Б. А. Гаврусевича (7).

<sup>5</sup> А. Е. Ферсман (24). 1923, 1.

<sup>6</sup> См. Hintze (11).

к которому перпендикулярна биссектриса.  $2E = 120^{\circ}17'$ ,  $2V = 64^{\circ}30'$ , показатели преломления  $n_m = 1.62$  и  $n_p = 1.61$ . По оптическим свойствам волынский топаз подходит к бразильским топазам, топазу из Альтенберга в Саксонии, из Нерчинска в Сибири и из страны Дамар в Африке, а по удельному весу только к африканскому. Интересен также и парагенезис волынского топаза, отличающийся от парагенезиса топазов Урала, Монголии, Забайкалья и т. д. Парагенезис намечается такой: топаз, аметист, морион, циннвальдит и лепидолит. А. Е. Ферсман (24) связывает с топазом бериллы. В старой работе Kreuzt (20) есть указания на находки Г. Оссовским прекрасных аквамарин и топазов в теперешнем районе нахождения топаза, при чем эти минералы были переданы в Краковскую Академию Наук. Таким образом мы можем ожидать в пегматитах, содержащих топаз, нахождение и минералов группы берилла. Дальнейшие находки топаза на Волыни будут иметь огромное научное и практическое значение.<sup>1</sup>

**Апатит.** Апатит в виде небольших зерен желтоватозеленого и зеленоватоголубого цвета довольно распространен в пегматитах Волыни. В некоторых местах встречен в виде кристалликов, с гранями призм в бипирамид, например в м. Чуднове 2 на 4 мм, хут. Вчельске 3 на 6 см<sup>2</sup> на р. Каменке в г. Житомире и т. д.

**Пирит.** Пирит был встречен мной на р. Каменке в ур. Церковщина в окр. Житомира, в парагенезисе с магнетитом и флюоритом, в виде кристалликов пентагондодекаэдра размером до 5 мм, а также в виде корочек. Найден также С. В. Бельским (2) у с. Быстров.

**Флюорит,** так же как и пирит, встречается в волыньских пегматитах редко. Найден С. В. Бельским (2) в с. Шумске и мной в окр. Житомира в ур. Церковщина в виде голубоватых прожилок.

**Магнетит** распространен главным образом в пегматитах р. Гнилопяди, в виде небольших октаэдров, в парагенезисе с цирконом и ортитом. Кроме того встречен был мной в виде зернистого агрегата на р. Каменке в окр. Житомира, и С. В. Бельским (3) на р. Случе. Интересно отметить, что парагенезис магнетита с редкоземельными элементами отмечается для Ильменских гор Д. С. Белянкиным (6), для Байкала К. Ф. Егоровым (12), для Монголии Е. Е. Костылевой (15) и т. д. Последние работы А. Е. Ферсмана вполне подтверждают это явление и его обобщают. Это дает надежду на дальнейшие находки редкоземельных минералов в пегматитах Волыни.

**Циркон**<sup>3</sup> в виде небольших кристалликов встречается в пегматитах р. Гнилопяди от хут. Вчельска до с. Шумска. Кристаллы в среднем

<sup>1</sup> О волыньском топазе мной подготавливается к печати отдельная статья.

<sup>2</sup> Описан проф. Л. Л. Ивановым (14).

<sup>3</sup> Описан проф. Л. Л. Ивановым (14).

5—6 мм в длину и 2—3 мм в поперечнике представляют комбинацию квадратной призмы с диквадратной и квадратной бипирамидой того же рода. Цвет минерала темнобурый до смоляночерного. Блеск между стеклянним и алмазным.

Ортит встречен небольшими зернами в среднем около 1 см в поперечнике как в пегматитах, так и в кварцево-диоритовых породах хут. Вчельскы и Коротенки. Ортит смоляночерного цвета, со смоляным блеском, округлой или линзовидной формы. Вокруг зерен ортита ясно видны полихромические оболочки. Под микроскопом ортит темнобурой окраски со слабым плеохроизмом. При скрещенных николях, зерно ортита распадается на участки с довольно яркой поляризационной окраской. Показатель преломления = 1.81. Других оптических констант благодаря сильной дисперсии и густой окраске проф. Л. Л. Иванову определить не удалось.<sup>1</sup> Проба на радиоактивность, произведенные Н. К. Лещенко в 1924 г. и проф. Е. С. Бурксером в 1927 г. дали положительные результаты. Ортит находится в парагенезисе с цирконом, магнетитом и др. Как относительно ортита, так и вообще редкоземельных минералов, необходимы дальнейшие детальные исследования.

Роговая обманка — зелеными и черными зернами, встречена в очень небольшом количестве в пегматитах с. Шумска (17).

Графит, вместе с турмалином, отмечается Л. Л. Ивановым (13) для пегматита с. Романовки в окр. Новоград-Волинска. Несомненно, его образование относится к пневматолитической фазе.

Рутил встречен микроскопическими тончайшими кристалликами по р. Гнилопяди. Принадлежит к числу наиболее ранних генераций (17).

Эпидот встречается редко в виде прожилок в полевом шпате как вторичное образование.

Таким образом для волинских пегматитов намечается 24 минерала. Из них:

1	относится к группе элементов
1	” ” ” сернистых соединений
1	” ” ” галондных ”
5	относятся ” ” окислов
15	” ” ” силикатов
1	относится ” ” фосфорных солей

Переходя к парагенезису минералов волинских пегматитов, мы должны отметить, что для них пока еще нельзя дать таких исчерпывающих схем как взаимного отношения минералов, так и последовательности их выделения, какие даются А. Е. Ферсманом (25) в последней работе.

<sup>1</sup> Физиографическое описание заимствовано у Л. Л. Иванова (14) для ортита из кварцево-диоритовых пород.

подготавливаемой к печати, для минералов пегматитовых жил целого ряда месторождений. Мы можем пока только разбить их на те природные ассоциации, в которых они находятся.

Такие минералы как полевые шпаты, слюды и кварц, характерны для всех пегматитовых жил. Остальные минералы образуют следующие три группы:

I. Турмалин, апатит, гранат, пирит, графит, мусковит.

II. Топаз, циннвальдит, лепидолит, альбит, морион, аметист и, проблематично, берилл.

III. Магнетит, ортит, циркон, рутил, роговая обманка и флюорит.

Этот парагенезис является довольно своеобразным и не похожим на парагенезис Урала, Забайкалья, Карелии, Монголии и т. д.<sup>1</sup>

Перейдем теперь к краткой геохимической характеристике волынских пегматитов. В состав их входят следующие элементы:

H, Li, F, O, Na, Mg, Al, Si, K, Fe, P, S, Cl, C, B, Ca, Ti, Ce, TR, Th, Zr.

Распределяя эти элементы в таблицу элементов Менделеева, мы видим, что главная часть элементов входит в обыкновенное поле и меньшая часть — в правое поле.<sup>2</sup>

Ряды	I	II	III	IV	V	VI	VII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Ряды
1	H								Li	Be	B	C		O	F		2
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		K	Ca		Ti				Fe	4
5											Y	Zr					6
7												TR					8
9										Ba		Th					10

Кроме того, в волынских пегматитах, из элементов, характерных для гранитной магмы, отсутствуют Sr, Ba, Mo, Sn, W, As, Sb, Pb и Zn.<sup>3</sup>

Какую же роль играют вышеупомянутые элементы в геохимии пегматитов Волыни? Такие элементы как Na, Mg, Al, Si, K, Fe и Ca входят в состав твердой фазы магматического расплава, и несомненно каждый элемент имеет свою интереснейшую историю в процессе пегматитообразования. Благодаря малоисследованности, пока трудно даже наметить роль каждого отдельного элемента.

<sup>1</sup> См. выше цитированную литературу.

<sup>2</sup> См. А. Е. Ферсман (23).

<sup>3</sup> См. А. Е. Ферсман (27).



H, Li, C, F, Cl, Ti, и, повидимому, P, являясь „agents minéralisateurs“<sup>1</sup> играют огромную роль при образовании минералов пегматитов и обуславливают интересную минерализацию (появление топаза, турмалина, апатита, флюорита, циннвальдита и др.).

Присутствие группы редких земель (цериевой) с Th, TR и Zr, определенно связанных с кислыми магмами,<sup>2</sup> обуславливает присутствие ортитов и циркона, и обещает дальнейшее нахождение редкоземельных минералов.

Данные парагенезиса, а также геохимии, позволяют нам разделить волынские пегматиты на определенные геохимические типы, которые вполне совпадают с парагенетическими ассоциациями минералов пегматитов Волыни и являются лишь различными фазами общего процесса пегматитообразования. Намечаются следующие три основных типа, из которых в дальнейшем можно будет выделить еще несколько типов:

1. Турмалиново-мусковитовые пегматиты, с характерными элементами В, Р, F, Cl и С. Пегматиты этого типа имеют очень большое распространение. Находятся по рр. Тетереву, Случу, Каменке, Гуйве, Хоморе и др. Относятся к пневматолитическим фазам пегматитообразования, без дальнейших фаз, так как наблюдается отсутствие пустот и заполнение середины жилы кварцем. Дальнейшее нахождение интересных минералов маловероятно.

2. Топазо-литиевые пегматиты с характерными элементами Li, H, Cl и Be? распространены в северной части Волыни, в области развития красных гранитов. Минералогический состав указывает, что в данных пегматитах наиболее развиты были гидротермальные фазы, но частично имеются и другие фазы. Имеется и пшчменный гранит и мларолитовые пустоты, заполненные бурокрасной глиной и окристаллизованные с двух концов кристаллы мориона и т. д.

Этот тип пегматитов обещает дальнейшие находки интересных минералов и в первую очередь берилла.

3. Ортито-магнетитовые пегматиты с характерными элементами Ce, Li, TR, Zr, F и Th. Распространены эти пегматиты по р. Гнилояди, главным образом в районе с. Шумска. Относятся к первым фазам пегматитового процесса. Обещают дальнейшие находки редкоземельных минералов, а также элементов Ta и Nb. Возможно, что эти пегматиты окажутся аналогичными пегматитам Карелии, Иттерби в Норвегии и др.

Остается еще последний вопрос, связанный с геохимической характеристикой волынских пегматитов. Почему волынские пегматиты сравнительно бедны геохимически? С одной стороны может быть благодаря

<sup>1</sup> Роль и значение „agents minéralisateurs“ хорошо рассмотрены в работах французских ученых Sainte-Claire Deville, Fouqué, Michel Lévy, de Lapparent, Lacroix Niggli и др.

<sup>2</sup> См. А. Е. Ферсман (28).

малоисследованности мы не знаем всей минерализации волынских пегматитов, с другой, можно выдвинуть ту интересную и оригинальную мысль, которая была высказана А. Е. Ферсманом (23) в общих чертах, об элементарно-генетических эпохах и провинциях.<sup>1</sup>

Дальнейшие исследования, намечаемые Минералогическим музеем Академии Наук СССР, может быть разрешат все интересные проблемы, связанные с волынскими пегматитами.

Ленинград, Минералогический музей  
Академии Наук СССР.

### СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородько Н. И. — Главные типы месторождений полевых шпатов на Волыни. М. Совец. по пол. шпату. Л., Геол. ком., 1928.
2. Бельский С. В. — Отчет о геологических работах 1921 г. в Волынской губ., Житомир, изд. Волгубсовнархоза, 1923.
3. — Т. Вол. геол. партии за 1923 год. Житомир, изд. Геол. партии, 1925.
4. — Нове до геології Волині. З. Вол. Інст. нар. освіти, Житомир, 1926, вып. 1.
5. Belsky S. W. — Entstehung der Gneisse und Granitgneisse Wolhyniens. Збірн. Вол. Н.-дослідч. музею, Житомир, 1928, 1.
6. Белянкин Д. С. — Петрографическая карта Ильменских гор. Т. Рад. эксп. АН, 1915, № 3.
7. Гаврусевич Б. А. — Геологические исследования на Волыни. И. Центр. бюро краев., Л. 1927, № 4.
8. Гинзбург И. И. — Полевой шпат. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1927, 2.
9. Грицинский П. И. — Местонахождение мусковита в окрестностях м. Чуднова Волынской губ. Рудн. В., 1916, № 1.
10. Грицинский П. И. — Структурные формы мусковита и вывод из них возможных плоскостей разлома. З. Киевск. общ. ест., Киев, 1928, 27.
11. Hintze. — Handbuch der Mineralogie.
12. Егоров К. Ф. — О находке радиоактивных минералов на Байкале. ИАН, 1914.
13. Иванов Л. Л. — К минералогии Волыни, вып. 1, 2, 3. Т. Общ. иссл. Волыни, Житомир, 1911—1914, 4, 7, 11.
14. Иванов Л. Л. — К минералогии Волыни, вып. 4. Т. Вол. геол. партии, 1923.
15. Костылева Е. Е. и Прокопенко Н. М. — Пегматитовые жилы Приурганского района Северной Монголии. Сев. Монголия, изд. АН, 1926, вып. 1.
16. Lacroix A. — Minéralogie de la France.

<sup>1</sup> В 1923 г., А. Е. Ферсман, давая в „Геохимии России“ геохимическую характеристику Кольского полуострова, указывал, что пегматиты Карелии геохимически бедны потому, что остались пегматиты глубинных фаз, бедные минерализацией, в то время как пегматиты с фазами более богатой минерализацией снесены абразионной и эродирующей деятельностью ледника. Когда в дальнейшем эти пегматиты начали разрабатываться, то в них оказалось целый ряд интереснейших урановых минералов с принадлежностью их образования к глубинным фазам, как это устанавливал и А. Е. Ферсман. Возможно, что так же будет и с волынскими пегматитами.

17. Ненадкевич Н. К. — Пегматитовые граниты и полевые шпаты. Отчет о геологических работах на Волыни в 1921 г., Житомир, 1923.
18. Ненадкевич Н. К. — Река Случь в среднем течении и ее изверженные породы Т. Вол. геол. партии за 1923 г., Житомир, изд. Геол. партии, 1925.
19. Нечипоренко С. П. — Пегматити з окол. м. Трояніва, в їх відношенню до типу пегматитів Волині. Збірн. Вол. нар. дома музею, Житомир, 1928, 1.
20. Kreuzt. — Graphit im granitartigen Gestein von Józefówka und Samczyk in Wolhynien. Bull. Ac. d. Sc. Cracovie, 1890.
21. Рубан М. И. — Изверженные породы притоков среднего течения р. Случь. Т. Вол. геол. партии за 1923 г., Житомир, 1925.
22. Tschirwinsky P. — Beiträge zur Mineralogie Russlands. Z. Krist., 1929, 70.
23. Ферсман А. Е. — Геохимия России. Л. Хим.-тех. изд., 1922, вып. 1.
24. — Драгоценные и цветные камни СССР., изд. КЕПС, Л. 1923, 1, 1926, 2.
25. — Парагенезис минералов Мураинки. ИАН, 1922.
26. — Пегматитовые жилы Адуя. Т. Рад. эксп. АН, Л. 1914, № 2.
27. — Строение и состав земли как космического тела. Научное слово, 1928, № 6-7.
28. — Химические элементы земли и космоса. Л. Хим.-тех. изд., 1923.

## B. G a v r u s e v i c (B. Gavroussevitch). Zur Mineralogie und Geochemie der Pegmatite von Wolhynien

### Résumé

Während der letzten geologischen Arbeiten in Wolhynien, die unter der allgemeinen Leitung von S. Belskij ausgeführt werden, ist ein bedeutendes Material, die Pegmatitgänge betreffend, gesammelt worden. Ihre Mineralogie ist sehr interessant, was sowohl die genetischen Probleme betrifft, als auch die Paragenese, deren Studium es uns ermöglicht bestimmte Typen für die Pegmatite Wolhyniens aufzustellen. In Wolhynien haben die Pegmatitgänge eine grosse Verbreitung, in grossen Mengen durchdringen sie den komplizierten, aus verschiedenen Gesteinen gebildeten Komplex des kristallinischen Massivs. Die in den Pegmatitgängen Wolhyniens enthaltenen Mineralien lassen sich nach ihren natürlichen Assoziationen in drei Gruppen einteilen. Feldspat, Quarz und Glimmer trifft man in allen Gruppen als gesteinsbildende Mineralien. Die übrigen Mineralien werden wie folgt eingeteilt:

1) Turmalin-Schörl, Apatit, Granat-Almandin, Pyrit, Graphit, Muskowit.

2) Topas, Zinnwaldit, Lepidolith, Albit, Rauchtopyas, Amethyst und problematisch Beryll, und braunroter Ton.

3) Magnetit, Orthit, Zirkon, Rutil, Hornblende und Fluorit.

In geochemischer Hinsicht werden die Pegmatite Wolhyniens durch folgende Elemente charakterisiert; H, Li, F, O, Na, Mg, Al, Si, K, Fe, P, S, Cl, C, B, Ca, Ti, Ce, TR, Th und Zr.

Auf Grund unserer paragenetischen und geochemischen Daten stellen wir folgende Typen der Pegmatite Wolhyniens auf:

1) B, P, F, Cl und C-haltige Pegmatite. Verbreitet an den Flüssen Teterew, Slutsch, Kamenka, Gujwa, Chomorei u. a. Sie beziehen sich auf die ersten Phasen der Pegmatitbildung. Eine weitere Bereicherung an interessanten Mineralien ist wenig wahrscheinlich.

2) Li, H, Cl und Be? -haltige Pegmatite. Im nördlichen Teil Wolhyniens verbreitet.

Die mineralogische Zusammensetzung zeigt, dass sie verschiedenen aufeinanderfolgenden Phasen der Pegmatitbildung entsprechen. Die Pegmatite dieses Types gleichen denen von Mursinka und lassen weitere Funde interessanter Mineralien vermuten.

3) Ti, TR, Zr, Th und F-haltige Pegmatite. Am Flusse Gnipopjad verbreitet. Sie ähneln dem Typus aus dem Kareljen, Ytterby u. a. und lassen weiteres Auffinden von Elementen seltener Erden erwarten.

Für die verhältnismässige Armut der Pegmatite Wolhyniens in geochemischer Hinsicht sucht der Verfasser eine Erklärung im Anschluss an die von Prof. A. Fersmann vertretenen Anschauungen über die Existenz von besonderen Epochen und Gebieten, welche für die Genesis gewisser Elemente bestimmend sind.

Leningrad

Mineralogisches Museum

Akademie d. Wissenschaften USSR.

Е. Е. Костылева

## Энигматит Хибинских Тундр<sup>1</sup>

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 14 мая 1929 года)

### Общие сведения о положении энигматита в систематике

Энигматит в минералогических сводках помещается обыкновенно в группу триклинных роговых обманок<sup>2</sup> или выделяется как минерал неопределенной химической формулы.<sup>3</sup> В основе изучения энигматита лежат следующие 2 крупные работы: с одной стороны, работы W. Brögger,<sup>4</sup> описавшего в 1890 г. энигматит из нефелиновых сиенитов Гренландии (собранных Giesecke и Steenstrup из месторождения Kangerdluarsuck и Nujakasick) и с другой, Soellner<sup>5</sup> от 1909 г. относительно коссирита из липаритов о. Пантеллерии в Италии. На основании этих двух работ можно сделать следующие выводы: энигматит и коссирит являются по составу очень близкими, почти тождественными и эти два названия могут считаться синонимами; состав обоих минералов, согласно анализам, близок к щелочным роговым обманкам, главным образом к арфведсониту, отличаясь от последнего присутствием около 8% TiO<sub>2</sub>, за счет

<sup>1</sup> Сокращения: ДАН — Доклады Академии Наук; КЭИ — Комиссия экспедиционных исследований; ОКИСАР — Особый комитет по исследованию Союзных и Автономных Республик; Б. — Бюллетень; Н. — Научный; Cbl. — Centralblatt; Jb. — Jahrbuch; N. Jb. — Neues Jahrbuch; Z. — Zeitschrift.

<sup>2</sup> C. Hintze. Handbuch der Mineralogie, 1892, 2, Н. 2, 1268. — E. Dana. A System of Mineralogie, 1911, 403. — V. Goldschmidt. Atlas der Kristallformen, 1913, 1, Taf. 22.

<sup>3</sup> H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der Mineralien, 1926.

<sup>4</sup> W. Brögger. Die Mineralien der südnorwegischen Augitsyenite u. s. w. Z. f. Krist., 1890, 16, 423.

<sup>5</sup> I. Soellner. Beitrag zur Kenntnis des Cossyrits von Pantelleria. Z. Krist. 1909, 46, 518.

меньшего содержания  $\text{SiO}_2$ , значительно меньшим количеством полуторных окислов и гораздо большим количеством  $\text{FeO}$ . По кристаллографическим своим свойствам энigmatит и коссирит сильно отличаются от группы роговых обманок. Энigmatит кристаллизуется в триклинической системе кристаллографические его константы при установке, возможно близкой к амфиболам, согласно определению Soellner для прекрасных кристаллов коссирита, таковы:  $a:b:c = 0.66856:1:0.35173$ ;  $\alpha = 90^\circ 4' 45''$ ;  $\beta = 77^\circ 30'$ ;  $\gamma = 90^\circ 18' 30''$ . Угол спайности около  $66^\circ$ .

Brögger объясняет отклонения от арфвельсонитов в кристаллографических свойствах заменой части  $\text{SiO}_2$ — $\text{TiO}_2$  и повышенным содержанием закиси железа и считает энigmatит триклинной роговой обманкой. Soellner, возражая Brögger приводит целый ряд роговых обманок, содержащих  $\text{TiO}_2$  до 6.75% (напр. Kaersutit из Гренландии) с кристаллографическими свойствами роговой обманки. Soellner считает, что энigmatит в кристаллографическом отношении так же близок к амфиболам, как и к пироксенам, например диопсиду, поэтому он находит, что правильнее принять для энigmatита самостоятельный ряд, промежуточный между пироксенами и амфиболами, плеоморфный с ними, но не подчиненный им. Энigmatит и коссирит являются близкими членами этого ряда; к этому же ряду Soellner относит рёнит, описанный им ранее,<sup>1</sup> богатый полуторными окислами.

В 1929 г. В. Gossner<sup>2</sup> производит рентгеноскопическое исследование энigmatита Гренландии; сравнивая параметры для роговой обманки и энigmatита при прежней установке, Gossner находит, что близкой связи между роговой обманкой и энigmatитом не существует. Для энigmatита Гренландии он придает новую установку, принимая прежний пинакоид (110) за (100) и  $(\bar{1}\bar{1}0)$  за (010). Вычисляя элементарную ячейку энigmatита при новой установке, Gossner также не находит сходства с роговой обманкой, поэтому энigmatит, по мнению Gossner, должен быть отделен от группы роговых обманок, как это было им сделано по отношению к родониту, отделенному от группы пироксенов. Выяснение состава энigmatита и принадлежность его к той или иной группе должно идти по мнению, Gossner, вместе с изучением структуры и состава всей группы роговых обманок.

Изложенный выше краткий обзор показывает, что состав энigmatита и его положение в систематике является далеко не установленным. С этой точки зрения изучение энigmatита Хибинских Тундр является особенно интересным, так как дает новый материал для суждения о его составе.

<sup>1</sup> I. Soellner. N. Jb. Min., 1907, Beil.-Bd. 24, 475.

<sup>2</sup> В. Gossner u. T. Mussgnug. Über den Aenigmatit u. seine Stellung im System der Silikate. Cbl. f. Min., Geol. u. Pal., 1929, Abt. A, 5—11.

## Общие свойства энigmatита Хибинских Тундр

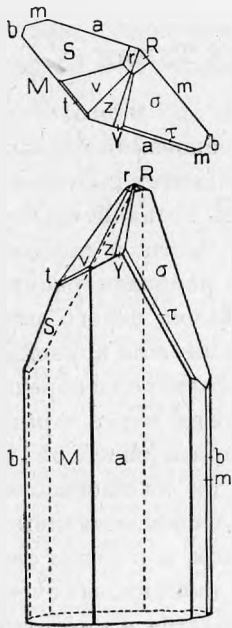
Материалом для настоящей работы послужили сборы многолетних экспедиций в Хибинские и Ловозерские Тундры.<sup>1</sup> На основании полевых наблюдений и изучения материала выяснено, что энigmatит в Ловозерских Тундрах почти не встречается, если не считать незначительного его выделения в качестве второстепенной составной части в породах. В Хибинских Тундрах энigmatит является одним из наиболее распространенных минералов. Он является главным минералом целого ряда месторождений, образующих нередко мощные элювиальные или коренные осыпи; выделения в них энigmatита достигают крупных размеров и нередко носят характер крупных глыб. Энigmatит характеризуется густо черным цветом, непрозрачностью даже в тонких осколках, призматической не очень хорошей спайностью, с сильным жирным блеском на плоскостях спайности. Местами он является очень хрупким, легко раскалывающимся по спайности, местами же с трудом разбивается молотком, и в таком случае на отколотых кусках ясно видна полисинтетическая двойниковая очень мелкая штриховка. Твердость  $5\frac{1}{2}$ —6; частично растворяется в кислотах, разлагается легко плавиковой кислотой; перед паяльной трубкой легко сплавляется в черный магнитный шарик.

С поверхности и по трещинам выделения энigmatита матовы, с побелалостью или с буроватыми железистыми налетами. Макроскопически энigmatит даже в кристаллах содержит мелкие включения нефелина, полевого шпата и обильное вращение эгирина по трещинкам.

## Кристаллографические свойства

Энigmatит часто дает очень крупные кристаллы, до нескольких десятков сантиметров в длину, но кристаллы эти с матовыми гранями и большей частью без головок, лишь с гранями вертикального пояса. Мелкие хорошо образованные кристаллики, годные для измерения на отражательном гониометре, являются большой редкостью, и из всего большого материала энigmatита возможно было выискать лишь 3 кристалла (фиг. 1, 2 и 3) для измерения на двукружном гониометре Гольдшмидта; на остальных

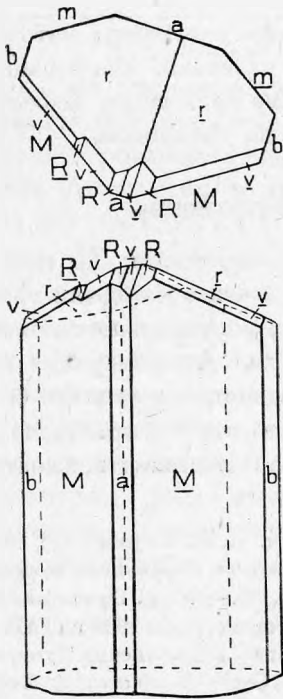
<sup>1</sup> Хибинские и Ловозерские Тундры (под ред. А. Е. Ферсмана), тт. I и II. Т. II. Иссл. инст. Севера, 1925 и 1928 г. — А. Н. Лабунцов. Результаты командировки в Хибинские Тундры в 1925 г. ДАН-А, 1926, № 1, 15. — Н. Н. Гуткова. Краткий отчет о минералогических работах в Ловозерских Тундрах летом 1926 г. ДАН-А, 1927, № 10, 147. — А. Н. Лабунцов. Отчет о командировке в Хибинские Тундры летом 1926 г. ДАН-А, 1927, № 1, 5. — Е. Е. Костылева. Отчет о работах в Хибинских Тундрах летом 1926 г. ДАН-А, 1927, № 1, 3. — А. Н. Лабунцов. Минералогические исследования в Хибинских Тундрах. Осв. Б. ОКИСАР, 1927, № 19.



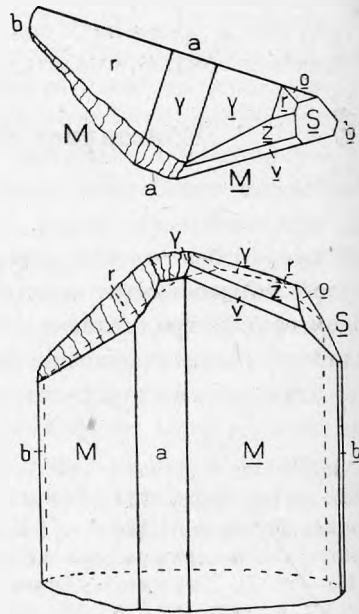
Фиг. 1.

крупных кристаллах измерение производилось прикладным гониометром. Общий тип кристаллов выражен на фиг. 2 и 3 (месторождение Часначорра), кристалл, изображенный на фиг. 1 (месторождение № 75 перевала Лопарского), отличается от остальных кристаллов как в отношении прекрасных рефлексов от граней, так и по общему типу развития. При выборе установки кристаллов принята старая установка Чермака для амфиболов, т. е. хорошо развитые пинакоиды, по которым идет спайность, приняты за (110) и  $(\bar{1}\bar{1}0)$ ; наилучше развитой пинакоид а — за (100) и слабо развитой b — за (010); за (001) принята грань с, дающая с гранью (100) двугранный угол  $= 77^\circ 30'$ , за  $(\bar{1}\bar{1}1)$  грань R с координатами:  $\varphi = 316^\circ 12'$ ;  $\rho = 25^\circ 12'$ .

Аналогичная установка принята Brögger для энigmatита Гренландии и Soellner для коссирита о. Пантеллерии. Всего для энigmatита Хибинского Тундра найдены пинакоиды следующих индексов



Фиг. 2.



Фиг. 3.



a {100}; b {010}; m {110}; M {110}; r {111}; R {111}; v {131}; ζ {021};  
 ε {151}; ρ {151}; σ {151}; о {331} и новые для энигматита формы t {351};  
 τ {351}; y {212}; x {322}; z {332}.<sup>1</sup>

Кристаллы почти всегда являются двойниками, нередко сложными; двойниковой плоскостью срастания является пинакоид (010). Кристаллы, изображенные на фиг. 2 и 3 являются двойниками; кристалл на фиг. 1, содержа многочисленные полисинтетические вростки, является одним индивидуумом, не двойником. Как видно из чертежей, из граней вертикального пояса наилучше развитыми являются пинакоиды a {100}, m {110} и M {110}; b {010} очень слабо развит или отсутствует. Благодаря сильному развитию указанных пинакоидов в форме горизонтального сечения наблюдается аналогия с кристаллами эгирина Хибинских Тундр, но не с роговыми обманками [в последних преобладает по развитию второй пинакоид b {010}, а первый пинакоид a {100} слабо развит или отсутствует]. Описание остальных наблюдаемых форм дается подробно ниже:

- r {111} Хорошо развитая и очень обычная форма, встреченная на нескольких крупных кристаллах и на всех измеренных мелких. Рефлексы дает хорошие.
- R {111} Хорошо развитая форма, наблюдается довольно часто.
- v {131} Хорошо развитая грань, встреченная на кристаллах фиг. 1 и 2. Рефлексы при измерении хорошие.
- ρ {151} Очень обычная и хорошо развитая форма, встречалась при измерении прикладным гониометром на крупных кристаллах и в количестве одной грани с хорошими рефлексами на кристалле фиг. 1.
- σ {151} Очень хорошо развитая форма с прекрасными рефлексами, встреченная на кристалле фиг. 1.
- ζ {021} Довольно хорошо развитая форма, встречалась не часто на крупных кристаллах.
- z {021} Обнаружена лишь на одном кристалле фиг. 3.
- y {212} Встречена лишь на кристалле № 3, очень плохо ложится в проекции; возможно, что эта грань иного индекса, может быть {101}.
- о {331} Небольшая форма с неясными рефлексами, встречена лишь на одном кристалле фиг. 8.
- t {351}  
τ {351} Узкие формы с хорошими рефлексами, измерены на кристалле фиг. 1.
- θ {551} Рефлексы в сильном луче роста в зоне {111}: {110} от одной искривленной и k {771} закругленной грани.
- x {322} Хорошо развитые формы, встреченные и изображенные на кристалле фиг. 1;
- z {332} рефлексы дают неясные и плохо ложатся в проекции. Полисинтетические вростки, идущие через эти грани вероятно искажают их положение.

<sup>1</sup> Обозначения форм взяты те же, что и для коссирита. См. I. Soellner. N. Jb. Min., 1907, Veil.-Bd. 84, 475. Для новых форм обозначения введены автором.

Полярные координаты приведены лишь для измеренного кристалла месторождения перевала Лопарского (табл. 1 и фиг. 1), так как лишь один этот кристалл, величиной в 3—4 мм длины, дает прекрасные рефлексии

Таблица 1

Индексы	Число измерений	$\varphi$	$\rho$
a (100)	2	89°43'30''	90°01
b (010)	2	0 01 30	90 03
m (110)	2	56 33	90 03
M (110)	2	122 52	90 00
v ( $\bar{1}\bar{3}1$ )	1	144 18	52 17
$\sigma$ (151)	1	23 25	62 31
$\rho$ ( $\bar{1}\bar{5}1$ )	1	190 15	60 43
r ( $\bar{1}\bar{1}1$ )	1	237 04	38 30
R ( $\bar{1}\bar{1}1$ )	1	316 22	25 12
t ( $\bar{3}\bar{5}1$ )	1	133 31	68 52
$\tau$ (351)	1	44 54	67 53
z ( $\bar{3}\bar{3}2$ )	1	126 02	48 41
x ( $\bar{3}22$ )	1	107 33	47 20
$\theta$ ( $\bar{5}\bar{5}1$ )	1	234 00	71 42
K ( $\bar{7}\bar{7}1$ )	1	236 56	77 30

лучи роста с усилениями в точках данных индексов.

мог быть установлен с большой точностью. Второй кристалл из месторождения Часначорр обладает матовыми гранями с туманными рефлексиями, которые не приводятся в таблице координат в виду их небольшой точности; третий, кристалл также месторождения Часначорра, величиной в 2 см по длинной оси дает еще более матовые грани, с еще более туманными и неясными рефлексиями.

К сожалению, небольшое количество встреченных форм, в частности полное отсутствие форм пояса  $\{001\}$ , не дает возможности вычислить элементы кристалла и сравнить их с таковыми для коссирита. Но по видимому кристаллографические постоянные этих обоих минералов являются очень близкими, что можно видеть из сравнения граничных углов вертикального пояса, измеренных на гониометре.

	Энигматит хибинский	Коссирит
(100) : (010)	89°42'	89°40'
(010) : (110)	56 31 30''	56 38
(010) : (110)	57 09	57 06
(110) : (110)	66 19	66 16

Таким образом, в кристаллографическом отношении энигматит Хибинских Тундр не представляет никаких особенностей по сравнению с энигматитом Гренландии и коссиритом, если не считать нескольких новых форм, что видно из сравнительной таблицы (табл. 2).

Таблица 2

Коссирит <sup>1</sup> Cossyrit	Энигматит гренландский Aenigmatit v. Grönland	Энигматит хибинский Aenigmatit v. Chibina-Tun- dren
a {100}	a {100}	a {100}
b {010}	b {010}	b {010}
m {110}	m {110}	m {110}
M {110}	M {110}	M {110}
e {180}	e {180}	e {180}
E {180}	—	—
c {001}	c {001}	—
z {021}	z {021}	—
ζ {021}	ζ {021}	ζ {021}
k {111}	—	—
r {111}	r {111}	r {111}
R {111}	R {111}	R {111}
x {113}	—	—
o {331}	—	o {331}
f {133}	—	—
u {133}	—	—
—	φ {133}	—
i {131}	i {131}	—
v {131}	—	v {131}
ρ {151}	ρ {151}	ρ {151}

<sup>1</sup> I. Soellner, loc. cit.

Таблица 2 (продолжение)

Коссириат Cossyrit	Энигматит гренландский Aenigmatit v. Grönland	Энигматит хибинский Aenigmatit v. Chibina-Tundren
$\sigma$ {151}	—	$\sigma$ {151}
—	$\xi$ {151}	$\xi$ {151}
$\lambda$ {171}	—	—
$g$ {311}	—	—
$p$ {511}	—	$t$ {351}
		$\tau$ {351}
		$\theta$ {551}
		$K$ {771}
		$y$ {212}
		$x$ {322}
		$z$ {332}

В заключение кристаллографического описания необходимо привести новую установку кристаллов энигматита, которую Gossner принимает для кристалла энигматита Гренландии. За (100) и (010) он принимает направления спайности (110) и (110) прежней установки, оставляя прежними положения с (001) и г (111); при новой установке кристаллографические константы энигматита получаются следующие:  $a:b:c = 1.00:1:0.58$ ;  $\alpha = 96^\circ 38'$ ;  $\beta = 96^\circ 35'$ ;  $\gamma = 113^\circ 21'$ .

Преимущество этой установки Gossner находит в том, что индексы получают более простое обозначение и выступает псевдогексагональный характер, выраженный на кристаллах. Ниже приводится сравнительная таблица индексов (табл. 3) для кристаллов энигматита Хибинских Тундр при старой и новой установках. Последняя установка не принята в настоящей работе, во-первых, для удобства сравнения встреченных форм с кристаллами энигматита Гренландии и коссирита, с другой стороны, на следующих основаниях: 1) столь обычное полисинтетическое двойникование по (010) по установке Gossner должно быть принято по (110), т. е. двойниковой плоскостью является грань более сложного индекса, и 2) оптическая ориентировка эллипсоида по установке Gossner является сложнее, так как направление  $n_m$  должно быть принято почти перпендикулярно к (110) [при прежней установке  $n_m$  почти совпадает с осью  $b$ , т. е. плоскость оптических осей почти параллельна (010)].

Т а б л и ц а 3

Название форм	Прежняя уста- новка	Установка Gossner <sup>1</sup>
a	{100}	{110}
b	{010}	{110}
m	{110}	{010}
M	{110}	{100}
r	{111}	{011}
R	{111}	{101}
v	{131}	{211}
z	{021}	{111}
σ	{151}	{231}
ξ	{151}	{321}
ρ	{151}	{231}
o	{331}	{031}
t	{351}	{411}
τ	{351}	{141}

<sup>1</sup> В. Gossner. Cbl. f. Min., 1929, Abt. A, 5. 11.

### Оптические свойства

Энигматит представляет большие трудности для оптического изучения вследствие чрезвычайно густой окраски и сильной абсорбции. Оптическое изучение велось на возможно тонких препаратах при сильном электрическом освещении. Таким путем можно было определить лишь приблизительно оптическую ориентировку и выяснить характер абсорбции. Углы погасания не могли быть определены с большой точностью.

В шлифе  $\parallel (100)$  наблюдается полисинтетическое прорастание параллельных тонких пластинчатых индивидуумов, уходящих симметрично в обе стороны. Спайность по  $(110)$  и  $(\bar{1}\bar{1}0)$  выражена ясно лишь при большом увеличении; угол погасания по отношению к спайности около  $4^\circ$ . В сходящемся свете наблюдается смещенный выход оптической оси, с небольшим  $2v$ , около  $20-30^\circ$ . Оптический знак  $+$ . Плеохроизм  $\parallel n_p$  светлокоричневый, в  $\perp$  направлении  $\parallel n_m$  темнокоричневый. Абсорбция таким образом в этом сечении  $n_m > n_p$ .

В шлифе  $\parallel (010)$  в сходящемся свете наблюдается выход оптической нормали очень слабо смещенный. Плоскость оптических осей таким образом

почти  $\perp$  к (010). Углы погасания:  $n_g$  делает угол около  $40^\circ$  в косом углу  $\beta$ . Плеохроизм  $\parallel n_g$  черный,  $\parallel n_p$  светлорыжий. Схема абсорбции энigmatита таким образом  $n_g > n_m > n_p$ , т. е. аналогичная энigmatиту Гренландии и коссириту о. Пантеллерии.

Иммерсионным методом Larsen в сплаве иодидов с пиперином был определен средний показатель преломления  $n_m = 1.80$ . Larsen приводит следующие константы для энigmatита Гренландии месторождения Nuja-kasik:<sup>1</sup>  $n_m = 1.80 \pm 0.01$ ;  $n_g - n_p = 0.006$ ;  $2v = +32^\circ$ .

### Химические свойства

Для энigmatита и коссирита в литературе имеется очень немногие анализы:

1) В 1881 г. анализ Förstner<sup>2</sup> коссирита о. Пантеллерии, произведенный без пробы на содержание  $TiO_2$ ; анализ вследствие этого не полный и неверный в отношении содержания  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ .

2) В 1890 г. анализ Forsberg в работе Brögger<sup>3</sup> для энigmatита Гренландии (см. табл. 4). Анализ очень близок к анализам энigmatита Хибинских Тундр. Brögger пересчитывает анализы, связывая  $Al_2O_3$  с  $Na_2O$  и  $SiO_2$  по формуле  $Na_2 Al_2 Si_4 O_{12}$  и  $Fe_2O_3$  с  $FeO$  и  $SiO_2$  по формуле  $Fe_2 (Fe''')_2 Si_2 O_{12}$ . Остаток<sup>4</sup> выражается формулой  $(Na_2, K_2, Fe, (Si, Ti)_4 O_{12})$ .

3) В 1909 г. анализ Dittrich в работе Soellner<sup>5</sup> для коссирита о. Пантеллерии (табл. 4). Анализ также очень близок к энigmatитам Хибинских Тундр. Soellner пересчитывает анализ коссирита по формуле молекул соли  $R_2''(R_2''')_2 Si_2 O_{12}$  и ортосиликата  $(R_2'')_3 (SiO_4)_3$ , замещая одну часть группы  $(SiO_4)$  группой  $(Si_3O_8)$ . Анализ энigmatита Гренландии из работы Brögger, Soellner пересчитывает таким же образом и дает следующие формулы энigmatита и коссирита:

Коссирит  $6 R_2''(R_2''')_2 Si_2 O_{12} \cdot 15 [(R''R_2')_2]_3 [SiO_4]_3 \cdot 23 [(R''R_2')_2]_3 [Si_3O_8]$

Энigmatит  $6 R_2''(R_2''')_2 Si_2 O_{12} \cdot 18 [(R''R_2')_2]_3 [SiO_4]_3 \cdot 12 [(R''R_2')_2]_3 [Si_3O_8]$

<sup>1</sup> E. Larsen. The microscopic determination of the nonopaque minerals. Bull. U. S. Geol. Surv., 1921, 679, 71, 233.

<sup>2</sup> H. Förstner. Über Cossyrit, ein Mineral aus den Liparitlaven der Insel Pantelleria. Z. Krist., 1881, 5, 348—362.

<sup>3</sup> W. Brögger. Die Mineralien der südnorwegischen Augitsyenite... Z. Krist., 1890, 16, 423.

<sup>4</sup> При пересчете анализа Brögger не верно подсчитывает коэффициенты, на что позже указывает Soellner; формула Brögger для энigmatита Гренландии поэтому здесь не приводится.

<sup>5</sup> I. Soellner. N. Jb. Min., 1907, Beil.-Bd. 24, 475.

4) В 1925 г. Gossner<sup>1</sup> пересчитывает анализы энigmatита Гренландии и коссарита по формуле молекул 3 энigmatит + 1 нефелин, давая им иную молекулярную группировку, чем арфведсонитам.

5) В 1927 г. Г. П. Черник<sup>2</sup> приводит анализ энigmatита Хибинских Тундр вершины Миддендорфа. Анализ близок к приводимым ниже анализам энigmatита Хибинских Тундр, но отличается меньшим количеством закиси FeO (28,57%).

Г. П. Черник высчитывает следующую формулу:  $2 [R_2'O \cdot (Si, Ti) O_2] 8 [R''O \cdot (Si, Ti) O_2 R_2'''O_3 \cdot 3 (Si, Ti) O_2 + Aq]$ .

Для энigmatитов Хибинских Тундр в распоряжении автора имелись анализы следующих месторождений:

- 1) Путеличорра, анализ И. Д. Курбатова, 1922 г.<sup>3</sup> (анал. I, мест. № 13);
- 2) Часначорра, анализ И. Д. Старынкевич, 1922 г. (мест. № 18).<sup>4</sup> Анализ был повторен для того же месторождения тем же аналитиком в 1928 г. на новом материале, отобранном автором; этот анализ и приводится в таблице (анал. II);
- 3) Партомчорра, анализ Н. И. Влодавца, 1929 г. (анал. III, мест. № 40/22);
- 4) эвдалито-энigmatитовые жилы 4-й Северной речки, анализ И. Д. Курбатова, 1929 г. (анал. IV, мест. № 10);
- 5) Жилы Черника, анализ И. Д. Курбатова, 1929 г. (анал. V, мест. № 15);
- 6) энigmatит 5-й Западной речки, анализ И. Д. Курбатова, 1929 г. (анал. VI маршр. СХХII).<sup>5</sup>

Эти анализы приводятся в таблице 4, где для сравнения указаны также анализы энigmatита Гренландии и коссарита о. Пантеллерии.

Рассмотрение всех перечисленных выше анализов приводит к следующим выводам: 1) Наибольшим колебаниям подвержено содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, количество которого колеблется от 1,6% до 9,97%; 2) повышение в содержании Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обычно компенсируется понижением в содержании FeO (анал. II, III); количество последнего, вместе с содержанием второстепенных окислов типа RO — как MgO, CaO, MnO является в общем постоянным в анализах с одинаковым, в среднем, содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3) количество Na<sub>2</sub>O подвержено незначительным колебаниям и не стоит в связи с колебанием в содержании Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, так же как и содержание SiO<sub>2</sub> и TiO<sub>2</sub>, которое в сумме также является довольно постоянным. Эти выводы указывают, что наличие полуторных окислов R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, главным образом Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, не является следствием вхождения в состав энigmatита алюмоферриспликата

B. Gossner. Die chemische Zusammensetzung von Crossit, Arfvedsonit, Aenigmatit, Rhönit. Z. f. Krist., 1925, 61, 538—544.

Г. П. Черник. Горн. Ж., 1927, 740.

<sup>3</sup> Хибинский массив. Т. Сев. Н.-Пром. эксп., 1923, вып. 16, стр. 60, 72, 73.

<sup>4</sup> Хибинский массив. Т. Сев. Н.-Пром. эксп., 1923, вып. 16, стр. 60, 72, 73.

Анализы IV, V и VI выполнены в Радиологической лаборатории I Моск. Гос. Унив. И. Д. Курбатовым при участии Л. И. Игнатовой и Л. В. Лукошкиной.

Тр. ММ, т. IV.

7

	Коссирит о. Пантел- лерии Cossyrit Ins. Pantelleria	Энигматит Гренландии Aenigmatit Grönland	Энигматит Путели- чорра Aenigmatit Puteliçorr	Энигматит Часначорра Aenigmatit Çasnaçorr	Энигматит Партом- чорра Aenigmatit Partomçorr	Энигматит 4-й Сев. речки Aenigmatit Mannepachk	Энигматит жилы Чер- ника Aenigmatit Jidiçwum- çorr	Энигматит 5-й Западн. речки Aenigmatit Tjocksolum- jun
			I	II	III	IV	V	VI
SiO <sub>2</sub> . . . . .	40.80	37.92	40.88	38.59	39.96	40.33	40.15	40.28
TiO <sub>2</sub> . . . . .	8.22	7.57	7.86	10.11	11.71	8.22	8.51	7.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.20	3.23	2.27	1.20	1.00	0.96	1.39	0.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.31	5.81	3.94	9.97	1.60	6.77	6.73	5.55
FeO . . . . .	34.69	35.88	34.94	29.32	33.59	31.36	30.60	31.59
MnO . . . . .	1.39	1.00	0.99	2.26	2.05	2.30	2.16	3.25
MgO . . . . .	0.57	0.33	0.60	2.23	1.42	1.54	2.75	1.33
CaO . . . . .	0.77	1.36	1.23	0.74	0.36	0.99	0.40	0.96
Na <sub>2</sub> O . . . . .	6.61	6.58	6.25	6.07	6.85	7.47	7.53	8.36
K <sub>2</sub> O . . . . .	сл.	0.51	0.61	0.16	0.08	0.16	0.08	0.04
H <sub>2</sub> O . . . . .	1.29	—	0.24	не опр.	1.54	—	—	—
Уд. вес (Spec.-Gew.) .	99.85%	100.19%	99.74%	100.65%	100.16%	100.10%	100.30%	100.02%
	—	—	3.732	3.758	—	—	—	—



той или иной формулы, как это установлено для группы амфиболов и пироксенов, так как для алюмоферросиликата увеличение в содержании  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$  вызывает увеличение в содержании и оснований. Присутствие в анализах энигматита  $Fe_2O_3$  в том или ином количестве может быть объяснено следующими причинами: 1) Окислением  $FeO$  в  $Fe_2O_3$  в минерале как первичным, вскоре после выкристаллизации, так и позднейшим;<sup>1</sup> возможность позднейшего окисления подтверждается

Таблица 5

	Косириг о. Пантеллерия	Энигматит Гренландии	Энигматит Путелдюрра	Энигматит Часачорра	Энигматит Партолюрра	Энигматит 4-й Сев. речки	Энигматит Жилы Чер- вика	Энигматит 5-й Зап. речки
			I	II	III	IV	V	VI
$SiO_2$ . . . . .	0.6761	0.632	0.6774	0.6425	0.6653	0.6677	0.6637	0.6662
$TiO_2$ . . . . .	0.1024	0.095	0.0991	0.1265	0.1465	0.1026	0.1062	0.0982
$Al_2O_3$ . . . . .	0.0020	0.031	0.0211	0.0117	0.009	0.009	0.0196	0.038
$FeO$ . . . . .	0.5571	0.566	0.4876	0.4081	0.4275	0.5293	0.4250	0.4387
$FeO$ (пересчет) . . .	—	—	0.0557	0.1400	0.0490	0.0940	0.0946	0.0778
$MnO$ . . . . .	0.0197	0.014	0.0126	0.0318	0.029	0.0324	0.0304	0.0457
$MgO$ . . . . .	0.0142	0.024	0.0215	0.0560	0.0352	0.0381	0.0071	0.0329
$CaO$ . . . . .	0.0137	0.008	0.0146	0.0125	0.007	0.017	0.0681	0.017
$Na_2O$ . . . . .	0.1062	0.106	0.1016	0.0978	0.1105	0.120	0.1212	0.1346
$K_2O$ . . . . .	сл.	сл.	0.0068	0.0016	0.0008	0.0016	0.0008	0.0004
$H_2O$ . . . . .	0.0708	—	0.013	—	0.0355	—	—	—

очень обычным присутствием в энигматите бурых налетов по трещинам и с поверхности; 2) окислением  $FeO$  в  $Fe_2O_3$  в процессе анализа; 3) присутствием примеси эгирина, богатого окисью железа. Присутствие во всех анализах  $Al_2O_3$ , в общем незначительное, или является результатом

<sup>1</sup> W. Kunitz допускает, что роговые обманки, как глаукофан, базальтические роговые обманки и др. подвергаются в изверженных породах окислению при высокой температуре, чем и объясняется присутствие в них  $Fe'''$ , образовавшегося из  $Fe''$ ; на этом основании все железо в них он принимает для вывода формулы как двухвалентное (W. Kunitz. Die Isomorphieverhältnisse in der Hornblendegruppe. N. Jb. Min., 1929, Beil.-Bd. 60, Abt. A, 209—210).

загрязнения минерала полевым шпатом и нефелином, или, по последним данным,<sup>1</sup> группа  $Al_2O_3$  может изоморфно замещать метасиликаты как  $MgSiO_3$ , реже  $CaSiO_3$  и входить в молекулу минерала в виде окиси.

Исходя из этих предположений при выводе возможной формулы энigmatита, количество  $Al_2O_3$  не принимается в расчет, а  $Fe_2O_3$  пересчитывается на  $FeO$ . Титан предполагается существующим в минерале в виде  $TiO_2$ , изоморфно замещающей  $SiO_2$ . Пересчет анализов на молекулярные отношения приводится в таблице 5.

Если суммировать, с одной стороны,  $SiO_2$  и  $TiO_2$  как кислотную часть, а с другой, все основания типа  $RO$  и  $R_2O$ , то анализы укладываются в простую формулу метасиликата (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

	$Si(Ti)O_2$	$RO+R_2O$	Избыток или недостаток $SiO_2$
Коссирит . . . . .	0.780	0.782	— 0.002
Энigmatит Гренландии . . . . .	0.727	0.722	+ 0.007
Энigmatит:			
Путеличорра. Анализ I . . . . .	0.776	0.713	+ 0.063
" Часначорра. Анализ II . . . . .	0.769	0.747	+ 0.021
" Партомчорра. Анализ III . . . . .	0.812	0.785	+ 0.027
" 4-й Северной речки. Анализ IV . . . . .	0.770	0.7387	+ 0.031
" Жилы Черника. Анализ V . . . . .	0.7699	0.747	+ 0.022
" 5-й Западной речки. Анализ VI . . . . .	0.7643	0.747	+ 0.017

Для прежних анализов энigmatита Гренландии и коссирита результаты пересчета очень хорошие, для новых анализов энigmatита Хибинских Тундр несколько хуже, но все же вполне удовлетворительные, за исключением анализа I.

Приведенная выше общая формула метасиликата  $R(R_2')Si(Ti)O_3$  может быть написана так:  $p RSi(Ti)O_3 \cdot q R_2'SiO_3$ , где  $R = Fe, Mn, Ca, Mg$ ,  $R_2' = Na_2, K_2, H_2$ .

B. Gossner. Die chemische Konstitution der monoklinen Pyroxene u. der Amphibole. Z. Krist., 1924, 60, 363. — N. Winchell. Isomorphous relations of  $MgSiO_3$  and  $AlAlO_3$  in silicates. Am. Min., 1928, 13, 52. — W. Kuntz, loc. cit., p. 192.

В виду того, что количество  $TiO_2$  значительно и часто превосходит количество  $Na_2O$ , вероятнее всего предположение, что  $TiO_2$  изоморфно замещает  $SiO_2$  в метасиликате  $RSiO_3$ .

Взаимоотношения между метасиликатами  $RSiO_3$  и  $R_2SiO_3$  может отвечать или понятию двойной соли, т. е. определенного химического соединения с кратным отношением коэффициентов  $p$  и  $q$  или твердого раствора метасиликата  $Na_2SiO_3$  в преобладающем по количеству растворителе  $RSiO_3$ . Отношения между коэффициентами  $p$  и  $q$  приводятся в таблице 7, где содержание  $Al_2O_3$  предполагается изоморфно замещающим метасиликат  $RSiO_3$  и потому суммируется с  $RSiO_3$  для подсчета цифрового значения коэффициентов  $p$  и  $q$ .

Таблица 7

	$RSi(Ti)O_3$	$Al_2O_3$	$RSi(Ti)O_3 +$ $+ Al_2O_3$	$R_2SiO_3 \times p$	$p$	$q$
Коссирит . . . . .	0.6047	0.0020	0.6067	$0.1770 \times 3.5 = 0.6195$	7	2
Энигматит Гренландии . . . . .	0.608	0.031	0.639	$0.106 \times 6 = 0.636$	6	1
Энигматит Путеличорра. Анализ I . .	0.592	0.021	0.613	$0.121 \times 5 = 0.605$	5	1
Энигматит Часначорра. Анализ II . .	0.648	0.011	0.659	$0.099 \times 7 = 0.693$	7	1
Энигматит Партомчорра. Анализ III .	0.587	0.009	0.596	$0.196 \times 3 = 0.588$	3	1
Энигматит 4-й Сев. реки. Анализ IV .	0.616	0.009	0.625	$0.121 \times 5 = 0.605$	5	1
Энигматит жилы Черника. Анализ V . .	0.635	0.013	0.648	$0.122 \times 5 = 0.640$	5	1
Энигматит 5-й Западной реки. Анализ VI	0.6121	0.008	0.620	$0.135 \times 5 = 0.675$	5	1

Отношения между цифровыми значениями коэффициентов  $p$  и  $q$  являются таким образом различными в различных анализах, причем в некоторых анализах это отношение очень хорошо отвечает значению кратных целых чисел, в других анализах имеется лишь довольно приближенное кратное отношение. Таким образом трудно определенно сказать, является ли энигматит соединением характера двойной соли или лишь твердого раствора. Приняв энигматит за двойную соль метатитано-силикатов  $Fe''$  и  $Na_2$ , нужно было бы признать для него различные формулы для различных месторождений, как например  $5 FeSi(Ti)O_3 \cdot Na_2SiO_3$ ;

$7 \text{ FeSi(Ti)O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3$ ;  $3 \text{ FeSi(Ti)O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3$  и т. д. Этот вопрос вероятно сможет разрешиться экспериментальным изучением диаграммы плавкости соответствующих метатитаносиликатов. Во всяком случае, ряд новых анализов энigmatита Хибинских Тундр заставляет смотреть на энigmatит как на минерал, стоящий особо от группы амфиболов и пироксенов. С этим хорошо согласуются и особые его кристаллографические и оптические свойства. Конечно, приводимый способ пересчета анализов, возможно, не является окончательным для выяснения формулы энigmatита, но определенно вопрос о положении группы энigmatита в систематике будет выяснен, как указывает Gossner,<sup>1</sup> лишь совместно с дальнейшим исследованием структуры и химического состава как самого энigmatита, так и группы пироксенов и амфиболов.

Это исследование структуры щелочных амфиболов и энigmatитов Gossner,<sup>2</sup> было у нас получено, когда настоящая работа была уже набрана. Давая новые анализы энigmatитов Гренландии и Кольского полуострова (вероятно Хибинских Тундр), а также и коссирита, Gossner приходит к выводу, что энigmatит является простым метасиликатом главным образом железа. Пересчет анализов Gossner производится таким образом, что  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  просто суммируются со всеми метасиликатами, часть Al вводится в состав компонента  $\text{Si}_2\text{O}_6 \text{ Al Na}$ , также изоморфно замещающего  $\text{FeSiO}_3$ . Состав энigmatита, по мнению Gossner, ближе отвечает понятию двойной соли типа  $6 \text{ FeSiO}_3 \cdot \text{FeTiO}_3$ . Для вывода этой формулы, недостающее для указанного кратного отношения 6:1 количество компонента  $\text{FeTiO}_3$  Gossner дополняет, взяв частично от компонента  $\text{FeSiO}_3$  и подбирая для этого искусственно коэффициенты.

Приведенные выше анализы энigmatита Хибинских Тундр не все допускают такого рода пересчет. Анализы II и III таблицы 1 содержат по сравнению с приводимыми у Gossner излишек компонента  $\text{FeTiO}_3$  и для вывода формулы  $6 \text{ FeSiO}_3 \cdot \text{FeTiO}_3$  часть  $\text{FeTiO}_3$  приходится причислять к другому компоненту. Относительно структуры и положения энigmatита в систематике Gossner приходит к следующим выводам: энigmatит принадлежит к самостоятельной группе; близость его к роговым обманкам заключается в размерах основной частички типа  $\text{Me}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ , лежащей в составе обеих групп; разница заключается в различной их группировке и количестве в элементарной молекуле.

### Месторождения и парагенезис энigmatитов в Хибинских Тундрах

Помимо незначительного выделения в породах, главное количество энigmatита связано в Хибинских Тундрах с пегматитовыми выделениями. Территориально, месторождения, содержащие энigmatит, относятся главным образом к периферической полукольцевой зоне массива, где развиты

<sup>1</sup> Gossner u. Mussgnug. Über den Aenigmatit... Cbl. f. Min., Geol. u. Pal., 1923, Abt. A, 5—11.

<sup>2</sup> B. Gossner u. T. Spielberger. Chemische u. röntgenographische Untersuchungen an Silikaten. — Z. f. Krist., 1929, 72, 111—142.

наиболее ранние по возрасту породы: крупнозернистый нефелиновый сиенит — хибинит и крупнозернистый трахитоидный или лейстовый нефелиновый сиенит. В центральной кольцевой части массива, сложенной мелкозернистым нефелиновым сиенитом, роговообманковыми и слюдяными его разностями, энигматит наблюдался редко.

На основании парагенетических соотношений жильные типы, содержащие энигматит, можно сгруппировать следующим образом:

#### А. Месторождения энигматита во внешней кольцевой зоне массива, связанные с хибинитом

Сюда относятся следующие крупные типы:

Эвдиалито-энигматитовый тип (2а).<sup>1</sup> В количественном отношении является главным типом, содержащим энигматит. Принадлежащие сюда жильные выделения образуют часто мощные коренные и элювиальные осыпи или жилоподобные выделения характера линз и гнезд до 1—2 м длиной, 0,5 м мощности в хибините. Главные минералы: энигматит, мезодипалит,<sup>2</sup> эгирин 1-й и 2-й генераций, полевой шпат, нефелин. Энигматит образует очень крупные выделения, часто сплошные, до нескольких килограмм весом, глыбы; очень часто энигматит образует правильные крупные кристаллы, окруженные более поздним эвдиалитом и волокнистым эгирином. Из включений энигматит содержит: мелкие включения полевого шпата, нефелина, блестки астрофиллита, редкие кристаллы сфена, многочисленные прожилки волокнистого эгирина.

Данный тип распространен главным образом на массиве Часначорра, почему при полевых работах назывался также Часначоррским типом. Главные его месторождения: эвдиалит-энигматитовые жилы Южного Часначорра (№ 18), Северного Часначорра и его западных отрогов (№ 17), Тахтарвумчорра (№ 9), Айкуайвентчорра и Ловчорра (№ 93), восточных склонов Поачвумчорра (№ 21), жилы 4-й речки северных контактов (№ 101), выделения восточных склонов Путеличорра и наконец наиболее крупное месторождение на южном склоне горы Петрелиуса, найденное в 1929 г.,<sup>3</sup> а также осыпи эвдиалито-энигматитовых жил на склонах Поачвумчорра у западного конца ущелья Рамзая (№ 22), энигматитовые осыпи южного склона Валенахка (№ 37).

<sup>1</sup> Подразделение месторождений на типы, так же как и №№ месторождения — см.: Хибинские и Ловозерские Тундры (под ред. А. Е. Ферсмана), т. II, гл. V. Т. Инст. из. Сев., М. 1928, вып. 89.

<sup>2</sup> Промежуточный член в изоморфном ряде эвдиалит-эвкалит. Е. Е. Костылева. Изоморфный эвдиалито-эвкалитовый ряд в Хибинских и Ловозерских Тундрах. Т. Мин. муз., 1929, 3, 169—222.

<sup>3</sup> А. Н. Лабунцов. Б. КЭИ, 1929 г., № 21.

Ринколито-эвдиалито-эгириновый тип (1) представлен 2 крупными месторождениями: эвдиалитовая жила Лявоюока (№ 38) и ринколито-эвдиалитовое месторождение югозападного склона Иидичвумчорра (№ 15). Парагенезис главных минералов близок к предыдущему типу, отличается от него присутствием минералов ринколита и лампрофиллита, заключенных в эгирине, в полевом шпате, эвдиалите и энigmatите. Энigmatит, как и в Часначоррском типе, образует крупные выделения очень ранней кристаллизации до эгирина 2-й генерации и эвдиалита.

Помимо приведенных типов, энigmatит, как второстепенная составная часть, встречается еще в нижеследующих типах, близких по времени выделения и по парагенезисным соотношениям к приведенным выше типам 1 и 2а.

Эгирино-амазонитовый тип (14). Минералогически очень бедный тип, сильно распространенный в хибините. Главные минералы: эгирин, амазонит. Второстепенные: эвдиалит, роговая обманка, энigmatит. Последний встречается в незначительном количестве или отсутствует.

Буро-сфеновый тип (9). Очень распространенный в виде выделений в хибините жильный тип. Выделения этого типа можно характеризовать как сфеновые нефелиновые сиениты, сложенные полевым шпатом, нефелином и сфеном и меньшим количеством эгирина и эгирин-авгитом. Вместе с эвдиалитом, апатитом, биотитом, энigmatит встречается в сильно подчиненном количестве.

Лампрофиллит-эвдиалитовый тип с эгирином 2-м. В данном типе энigmatит не встречается. Лишь в одном месторождении лампрофиллитовой жилы Ущелья Географов (№ 11) находится энigmatит. Ближе к зальбандам жилы, в парагенезисе с эвдиалитом, нефелином, эгирином, энigmatит образует не крупные неправильные выделения.

В хибините несколько особо от перечисленных выше типов стоят месторождения, в которых энigmatит сопровождается астрофиллитом; это месторождения двух типов: эвдиалито-энigmatитовые с оторочками астрофиллита (тип 2в) и астрофиллитовые с эвдиалитом и роговой обманкой (тип 4).

Парагенезис энigmatита в обоих типах: астрофиллит, эгирин 2-й генерации, полевой шпат, мало эвдиалита. По времени выделения, эвдиалито-энigmatитовые месторождения с оторочками астрофиллита относятся к концу магматической стадии, астрофиллитовые — к стадии пегматитовой. Энigmatит в обоих этих типах является ранним по своему выделению, заключен или в эгирин или астрофиллит; последний, очень близкий по составу к энigmatиту, носит характер замещения энigmatита, образуя оторочки вокруг энigmatита, псевдоморфозы обрастания по энigmatиту или неправильные включения листоватых агрегатов с ясным характером замещения энigmatита иногда нацело. Объяснение этого процесса<sup>1</sup> дано

<sup>1</sup> А. Е. Ферсман. Закономерные сростания минералов в Хибинских и Ловозерских Тундрах. ИАН, 1923, 285—290.

А. Е. Ферсманом для коронитов, оно связано с усиленной деятельностью  $O, Na$ , отчасти  $H_2O$  и  $F$  в стадию пегматоидную, которая характеризуется обильным выделением эгирина 2-го, появлением астрофиллита, эвдиалита, альбита и т. д. Энигматит, близкий по составу к астрофиллиту, является неустойчивым в условиях пегматоидной стадии и перегруппировывается в астрофиллит. Подробное описание относящихся к этим типам месторождений сделано во II томе „Хибинских и Ловозерских Тундр“.<sup>1</sup> Главное месторождение типа 2в: Астрофиллитовые оторочки западных отрогов Партомчорра (№ 40), представляющего собой богатую элювиальную россыпь на югозападном склоне гребня. Случайные находки коронитов встречены: на склонах Маннепахка, в верховьях Индицока, во второй северной ложине Партомчорра и др.

К типу 4-му относятся месторождения: Астрофиллитовая жила Хибинпахчорра (№ 4), Астрофиллитовая россыпь перемычки между Большим и Малым Маннепахком (маршр. 1926 г.), Астрофиллитовое месторождение западного ущелья Ньоркпахка (№ 85), Перевала Лопарского (маршр. 1926 г., где как случайная находка в осыпи, найден кристалл энигматита, обрастающий со всех сторон пластинчатым астрофиллитом). Повидимому, примеры обрастания энигматита астрофиллитом являются довольно обычными, и астрофиллит во многих месторождениях в хибините является вторичным по энигматиту.

#### В. Месторождения энигматита, находящиеся в эндоконтактной зоне

Сюда относятся месторождения следующих типов: полевошпатовый с эгирином и лопаритом (16), полевошпатово-анальцимовый с нептунитом и эльпидитом (21а), полевошпатово-эгириновый с рамзаитом (21). Парагенезис энигматита в этой подгруппе в общих чертах: эгирин I и II генерации, полевошпат, лопарит, рамзаит, нептунит, эльпидит, анальцим, содалит, эвдиалит. За исключением типа 26а, месторождения принадлежат к магматической стадии и сильно затронуты гидротермальной стадией; тип 26а, полевошпатово-анальцимовый с эльпидитом.

Энигматит в месторождениях эндоконтактной зоны не является главным минералом, хотя и образует нередко крупные выделения, заключенные в полевошпате и в волокнистый эгирин: в последнем случае выделения энигматита обычно окружены оторочками эгирина. Хорошо образованные крупные кристаллы не наблюдались. Лопарит, рамзаит, нептунит и др. заключены в полевошпате и эгирине, редко в энигматите. Наиболее значительными месторождениями, содержащими энигматит, являются полевошпатовые с эгирином и рамзаитом выделения верхних контактов

<sup>1</sup> Т. Инст. изуч. Сев., 1929, вып. 39.

Маннепахка, югозападных контактов Тахтарвумчорра (№ 90), эгиринолопаритовое месторождение с роговой обманкой и эвдиалитом контактов Маннепахка (1 b), альбито-анальцимовая жила с нептунитом и эльпидитом западных контактов Маннепахка (1 d). Кроме того, энigmatит в приведенном выше парагенезисе встречался в Нептунитовой ложине (маршр. 1926) и др.

Особо от перечисленных выше месторождений стоят месторождения эвколи-альбитовой жилы перевала Лопарского, относящиеся к эвколито-альбитовому типу (тип 5). Здесь энigmatит в тесном парагенезисе с эгирином и астрофиллитом образует не крупные выделения в эвколите и альбите, причем астрофиллит превращается в энigmatит. В этом месторождении был найден прекрасный мелкий кристалл энigmatита, послуживший для измерения.

Во всех упомянутых месторождениях в Хибинских Тундрах энigmatит является минералом магматической стадии образования.

Парагенезис и последовательность его выделения сведены в следующей таблице:

Полевой шпат	_____
Нефелин	_____
Эгирин	_____
Лопарит	_____
Рамзаит	_____
Лампрофиллит	_____
Ривколит	_____
Энigmatит	_____
Эвдиалит	_____
Эвколит	_____
Астрофиллит	_____
Нептунит	_____
Анальцим	_____

### Месторождения энigmatита по литературным данным

В литературе имеется довольно много указаний на нахождение энigmatита и энigmatитоподобных минералов. Большинство месторождений относятся к щелочным породам, реже базальтам. В настоящей статье отмечаются месторождения лишь энigmatитов. Месторождения энigmatитоподобных минералов, отмеченных лишь микроскопически, здесь не перечисляются.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Исчерпывающий список литературы энigmatитоподобных минералов см. I. Soellner. Über Rhönit, ein neues aenigmatitähnliches Mineral. N. Jb. Min., 1911. Beil.-Bd., 24, 478—483.



Гренландия. В содалитовых сиенитах Южной Гренландии, в районе Julianehaab энигматит встречается в большом количестве как породообразующий минерал, так и в пегматитовых жилах в парагенезисе с эгирином, арфведсонитом, полевым шпатом и эвдиалитом.<sup>1</sup> С эгирином и арфведсонитом он дает параллельное срастание по (010). По своему парагенезису, кристаллографическим, химическим и оптическим свойствам очень близок к энигматиту Хибинских Тундр. Вместе с месторождением Хибинских Тундр месторождение Гренландии является самыми крупными месторождениями энигматита.

Мадагаскар. В нефелиновых сиенитах и в содержащих кварц эгириновых сиенитах, в массивах Bezavona и Ambongo встречается энигматит черными мелкими кристалликами, отмечен микроскопически как побочная составная часть в указанных породах.<sup>2</sup> Отмечен кроме того в жилах рибекитового гранита, пересекающего метаморфизованные кварциты в Amprasibitika и в нефелиновых сиенитах с эгирином около Nosy Kivonjy как микроскопические выделения.

Франция: Puy de Dôme. В нефелинах долерита месторождения Saint-Sandoux Lacroix отмечает кристаллики энигматита, в сопровождении титанита, достигающие 2 мм.<sup>3</sup> Кристаллики энигматита показывают в шлифе полисинтетические двойники и оптические свойства, типичные для энигматита.

Италия: о. Пантеллерия. В пантеллеритах описаны Förstner и позже Soellner<sup>4</sup> многочисленные мелкие кристаллики коссирита по химическим (табл. 4 и 5) своим свойствам, оптическим и кристаллографическим близкие к энигматиту. Кристаллы очень хорошо образованы, измерения и вычисления их приводятся как кристаллографические константы всей группы энигматита.

<sup>1</sup> N. Ussing. Mineralogisch-petrographische Untersuchungen von grönländischen Nephelinsyeniten u. verwandten Gesteinen, Kopenhagen, 1893—1894. — W. Brögger, loc. cit.

<sup>2</sup> A. Lacroix. Minéralogie de Madagascar, Paris, 1922, 1, 543.

<sup>3</sup> A. Lacroix. Minéralogie de la France, Paris, 1893—95, 1, 709—710.

<sup>4</sup> I. Soellner, loc. cit.

## E. Kostyleva. Aenigmatit der Chibina-Tundren (Halbinsel Kol

### Résumé

Aenigmatit ist in den Chibina-Tundren sehr verbreitet, er bildet Blöcke und öfters auch grosse Kristalle. Kleine, gut messbare, Kristalle dagegen sind höchst selten und nur an kleinen Kristallen war es möglich Messungen auf dem zweikreisigen Goniometer Goldschmidt's auszuführen (Tab. 1), doch sind die Flächen uneben, erlaubten keine genauen Messungen und war es unmöglich die Axenverhältnisse zu berechnen. An verschiedenen Kristallen wurden folgende Formen beobachtet: a {100}, b {010}, m {110}, M {110}, e {130}, ζ {021}, r {111}, R {111}, o {331}, v {131}, e {151}, σ {151}, ρ {151}, t {351}, τ {351}, θ {551}, k {771}, γ {212}, x {322}, z {331}. Kristalle sind vorwiegend Zwillinge nach (100). In Tab. 2 werden die Formen des Aenigmatit der Chibina-Tundren mit denen des grönländischen Aenigmatits und des Cossyrits der Insel Pantelleria verglichen.

Die optischen Eigenschaften von chibinaer und grönländischem Aenigmatit sind die gleichen.

In d. Tab. 4 u. 5 werden Analysen des Aenigmatits aus 7 verschiedenen Vorkommen der Chibina-Tundren angeführt. Analysen I, IV, V, VI von I. Kurbatov, II—von I. Starynkevič, III—von N. Vlodevec. Man sieht einen im allgemeinen beständigen Gehalt an Oxyden RO und R<sub>2</sub>O, u. einen wechselnden Gehalt an FeO und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Der Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt liegt zwischen 1.6 und 9.97% und ist durch Oxydation von FeO bald nach der Bildung erklärbar.

Deshalb wurde bei der Berechnung der Analysen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu FeO umgerechnet. Der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt ist niedrig, wird im Einklang mit den Messungen von Gossner, Winchell und Kunitz (S. 100), bei der Berechnung nicht in Betracht gezogen und als isomorphe Vertretung der Metasilikate MgSiO<sub>3</sub> und CaSiO<sub>3</sub> angesehen. Aus allen Analysen der chibinaer Aenigmatit kann man die Formel eines einfachen Metasilikats ableiten (Tab. 6). Selbige lautet: p RSi(Ti)O<sub>3</sub>. q R<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, wobei R = Fe, Mn, Ca, Mg; R<sub>2</sub> = Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>. Das Verhältnis p:q ist verschieden (Tab. 7). Demzufolge muss man den Aenigmatit als ein Mineral betrachten, welches einer einfachen Formel entspricht, die von derjenigen der Hornblende unterschiedlich ist. Die Verschiedenheit der kristallographischen und optischen Eigenschaften bestätigt diese Auffassung.

О. М. Шубникова

## Картотека литературы о минералах Союза

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 10 апреля 1929 года)

На 1 Всесоюзном съезде минералогов, бывшем в Ленинграде в январе 1927 г. было признано необходимым приступить к составлению коллективного труда под заглавием „О минералах Союза ССР и сопредельных стран“. Для осуществления этого труда было необходимо собрать литературу о минералах Союза. Эту задачу взял на себя Минералогический музей Академии Наук и приступил к ее осуществлению в мае 1927 г.

В музее хранились записи литературы о минералах, которые вел В. И. Вернадский с 1909—1918 гг., а также пополнял А. Е. Ферсман с 1912—1918 гг. В этих записях были отмечены просмотренные журналы и даны все имевшиеся в литературе указания на минералы и районы их нахождения, независимо оттого, сколько строк уделено автором упоминаемому минералу.

Таким путем можно было составить точную картину распространения минералов в России. Это была подготовительная работа к геохимии России.

Нами были использованы эти записи, они были систематизированы и разнесены на карточки. Затем была продолжена работа по просмотру литературы.

Работа велась следующим образом: в просмотренных статьях отмечалась та страница, на которой впервые упоминается данный минерал и местность, где он встречается; затем заносились на карточку следующие данные: название минерала, губерния, автор статьи, название журнала, год, том, выпуск и страница.

Когда основная журнальная литература до 1925 г. была просмотрена, то следующей задачей было дать исчерпывающий указатель литературы о минералах не только по журнальным статьям, но и по всей выходящей минералогической, геологической и краеведческой литературе.

Эта задача, при отсутствии средств, не могла быть выполнена в всей полноте; пришлось ограничить рамки работы.

Для начала были взяты два года 1925 и 26, и за этот период была просмотрена русская литература — более или менее полно, украинская и белорусская — только журнальная, а из западноевропейской литературы просмотрено несколько журналов (*Z. Krist.*, *N. Jb. Min.*, *Min. Mitt. Cbl. Min.*, *Min. Mag.*, *Bull. Soc. Min. Fr.*).

При пользовании уже готовыми карточками нашего указателя, мы нашли в нем ряд недостатков:

1) Не было дано названия статьи, которое характеризовало бы работу и в значительной мере упрощало бы отыскание нужных справок.

2) Не были выделены те справки, которые касаются подробного описания того или иного минерала, благодаря чему в карточках широко распространенных минералов нельзя было быстро найти наиболее ценных для минералога указаний.

3) Все справки были даны в старых географических границах, а надо было бы сопоставить с новыми.

В виду вышеуказанных соображений запись на карточках литературы с 1925 г. была изменена:

1) Кроме фамилии и инициалов автора заносится и название статьи.

2) Чтобы несколько пояснить справку, если само название статьи не характеризует ее, после указания страниц, в скобках ставятся условные буквы: а — анализ, г — генезис, з — запасы, к — кристаллографическое описание, л — литература, м — минералогическое описание, н — новое месторождение, п — петрографическое описание (шлифы), с — сводный ф — физические константы (температурные кривые и пр.) (?) — сомнительное указание, (—) — отрицательное указание.

Буквой (л) отмечаются те статьи, в которых приводится список литературы, причем это приписывается с той целью, чтобы выделить из большой журнальной и особенно краеведческой литературы статьи, которые этим могут быть интересны. Эта буква (л) не обозначает того, что по данному минералу приведен список литературы — эта литература скорее относится к району. В фундаментальных книгах указания на литературу не даются.

3) Все упоминаемые авторами местности приведены по возможности к административному делению Союза на 1 января 1928 г., и только те места, которые привести к этому делению оказалось невозможным, остались без изменения. Затем выписывается более точное указание месторождения.

Чтобы сделать указатель всем доступным, предполагалось его периодически печатать (раз в 2 года), но оказалось, что, несмотря на все сокращения текста, на замену указаний на авторов цифрами и прочим

сокращения, указатель литературы только за 1925—26 г. достиг размеров 12 печатных листов.

Слишком большая стоимость печатания такого указателя и большой труд, связанный с переработкой карточек для печати, заставил отказаться от мысли печатать указатель, и было решено создать при Минералогическом музее Академии Наук картотеку литературы о минералах Союза.

В данное время картотека имеет около 18.000 карточек литературы о минералах. Так как на карточках литературы до 1925 г. помещалось по несколько справок (до 18), то количество справок, которое можно в данное время получить, достигает 60 тысяч.

Основные журналы просмотрены, кончая 1929 годом, книги более или менее полно просмотрены за 1925 и 1926 гг. и в данное время просматриваются вышедшие в 1927 г.

Карточки в картотеке расположены по алфавиту минералов, а по каждому данному минералу в определенном географическом порядке. Литература до 1925 г. стоит отдельно от более новой и дается в старых географических границах.

Отсутствие средств не позволяет иметь дублетных карточек, которые нужно было бы расположить по районам, что давало бы возможность давать справку и о литературе по тому или иному месторождению.

Считаю нужным подчеркнуть, что на карточках дается указание на первую страницу, на которой упоминается данный минерал и, если после указания страницы стоит какая-нибудь условная буква например (а), то это не значит, что на указанной странице есть анализ, а то, что в этой статье есть анализ данного минерала и ее следует просмотреть с указанной страницы. При указаниях на объемистые книги дается не одна страница, а каждый раз, когда автор от одного района переходит к другому, указывается новая страница.

Для облегчения пользования картотекой, особенно в случаях, когда мы будем посылать требуемые справки,<sup>1</sup> а также для ознакомления с теми журналами, которые мы просматриваем, ниже приводится перечень принятых нами сокращений, причем звездочкой отмечены те журналы, которые просмотрены полностью со дня их основания.

Работа ведется все время по двум основным направлениям: с одной стороны пополняются пробелы в старой минералогической и геологической литературе (до 1925 г.), а с другой просматривается текущая литература.

Ввиду того значения, которое имеют для минералога всевозможные схематические и геологические карты, помещенные в статьях, мы

<sup>1</sup> К сожалению музей не располагает достаточным количеством сотрудников, чтобы выделить специальное лицо для выдачи справок, а потому при запросах иностранных учреждений и лиц о присылке им справок значительных по объему, эта работа выполняется сдельно специально приглашаемым лицом.

составляем попутно их указатель (начиная с литературы 1927 г.). Кроме того ведется указатель просмотренных статей по авторам (начиная с литературы 1925 г.) и указатель месторождений в новых географических районах.

Нами выдвинута еще одна задача: дать возможность минералогу-химику при описании новых минеральных видов сопоставить его данные с уже описанными новыми минералами. С этой целью составлен картонный указатель новых минералов (не вошедших в труд Dana Textbook of Mineralogy 1926). Эти карточки расположены по системе Dana, что дает возможность быстро отыскать минералы определенного химического состава.

Чтобы достигнуть более полной регистрации литературы о минералах Союза, мы обращаемся ко всем минералогам и геологам с просьбой о присылке нам оттисков своих работ, а также указаний на всякие нечеты и пропуски в нашей работе.

1929 г.

Минералогический музей  
Академии Наук

#### СОКРАЩЕННЫЕ НАЗВАНИЯ ЖУРНАЛОВ, ПРИНЯТЫЕ КАРТОТЕКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ О МИНЕРАЛАХ СОЮЗА<sup>1</sup>

- АзрбНефХ — Азербайджанское Нефтяное Хозяйство. Баку. 1921.  
 БГ-МКрЕкслГИ — Бюллетень Геолого-Минералогического кружка при Екатеринбургском Горном Институте им. т. Артема. Екатеринбург. 1926.  
 БЕкслГИ — Бюллетень Екатеринбургского Горного Института. Екатеринбург. 1925.  
 БКН-ИИД-ВУ — Бюллетень Краеведческого Научно-Исследовательского Института при Государственном Дальне-Восточном Университете. Владивосток. 1925.  
 БМОИП(г) — Бюллетень Московского Общества Испытателей Природы. М. 1887 г. новая серия (до 1917 г. иностр. назв.). С 1922 г. отд. геол. I (XXXI).  
 БН-ГидрКр — Бюллетень Научно-Гидротехнического кружка. Новочеркасск. 1926.  
 БгрН-ПИК — Богородский Научно-Педагогический Институт Краеведения. Богородск. 1927.  
 БОАИЭ и ЕС — Бюллетень Общества Археологии, Истории, Этнографии и Естественных Наук при Самарском Государственном Университете. Самара. 1925.

<sup>1</sup> При выработке сокращений мы старались сделать их понятными без специального ключа, а потому отступили от некоторых сокращений, принятых в Книжке летописи и в Академии Наук. Так, во всех наших сокращениях указание на местность мы не сокращали до одной буквы, за исключением Л — Ленинград, М — Москва и У — Урал (в двух общепринятых сокращениях УОЛЕ и УТ). Затем в силу того что университеты, институты и общества много раз меняли свои наименования, следовательно императорский, государственный российский и русский нами в сокращениях вычеркнуты. Сокращения расположены в алфавитном порядке прописных букв. Звездочкой отмечены издания, просмотренные полностью со дня их основания. Приводимые по указанию города годы обозначают время начала издания.

- БОЕВрнжУ — Бюллетень Общества Естествоиспытателей при Воронежском Государственном Университете. Воронеж. 1926.
- БОЛКбнК — Бюллетень Общества Любителей изучения Кубанского Края. Краснодар. 1926.
- БС-ВВК — Бюллетень Северо-Восточного областного Бюро Краеведения. Архангельск. 1925.
- БС-КавБК — Бюллетень Северо-Кавказского Бюро Краеведения. Ростов на Дону. 1926.
- БСр-АзУ — Бюллетень 1-го Средне-Азиатского Государственного Университета. Ташкент. 1923.
- БХркО.ЛП — Бюллетень Харьковского Общества Любителей Природы. Харьков. 1912.
- ВДКав — Вестник Горного Дела и орошения на Кавказе. Тифлис. 1900.
- ВГЕ — Вестник Геологического Комитета. Л. 1925.
- ВГО — Вестник Русского Географического Общества. СПб. 1851—1860.
- ВЕ — Вестник Естествознания. СПб. 1890—1893.
- ВЕН — Вестник Естественных Наук. Изд. Моск. Общ. Испыт. Природы. М. 1854—1860.
- ВЗ — Вестник Золотопромышленности и Горного Дела вообще. Томск. 1892—1909. Далее см. — З и П.
- ВИр — Вестник Ирригации. Ташкент. 1923.
- ВКар-МК — Вестник Карело-Мурманского Края. Л. 1924—1925. Далее см. — Кар-МК.
- ВКиевПИ — Вестник Киевского Политехнического Института. Киев. 1926.
- ВМГА — Вестник Московской Горной Академии. М. 1922.
- ВПвзОЛЕ — Вестник Пензенского Общества Любителей Естествознания. Пенза. 1925.
- ВСіл-ГосН — Вістник сільсько-господарської науки. Київ. 1922. (1). Харьков. 1927 (IV). С добавлением „та досвідної справи“. Харьков. 1928. (V).
- ВСибИнж — Вестник общества Сибирских Инженеров. Томск 1916. Ранее: Журнал общества Сибирских инженеров. 1909.
- ВС-КавЖД — Вестник Северо-Кавказских железных дорог. Ростов на Дону. 1924. Ранее: ВС-Кав. округа Путей Сообщения.
- ВСрПов — Вестник Среднего Поволжья. Самара. 1925.
- ВторфД — Вестник Торфяного Дела (Г. У. З. и З. Отдел Земельных Улучшений. Торфмейстерская часть). П. 1915.
- ГВ — Геологический Вестник. П. 1915.
- ГеогрВ — Географический Вестник. Изд. Геогр. Института. П. 1922.
- ГД — Горное Дело. М. 1920—1921. Ранее см — ГЖ.
- \*ГЖ — Горный Журнал. СПб. П. 1825—1917. Далее: 1) Горное дело. М. 1920—21. 2) Горный журнал. М. 1922.
- Г-ЗГаз — Горнозаводская Газета. СПб. 1900.
- Г и ЗИ — Горные и Золотопромышленные Известия. Томск. 1904.
- Г-ЗЛ — Горно-заводский Листок. Харьков. 1888.
- ГИЗОСибАм-ПрР — Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Амурско-Приморский золотоносный район. СПб. 1900.
- ГИЗОСибЛенР — Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Ленский золотоносный район. СПб. 1901.
- ГИЗОСибЕнисР — Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский золотоносный район. СПб. 1900.
- ГИСибЖД — Геологические исследования и разведочные работы по линии Сибирской железной дороги. СПб. 1896.  
— Геологические исследования в золотоносных областях Сибири:
- ГКАм-ПрЗР(Селем) — Геологическая карта Амурско-Приморского золотоносного района. Река Селемджа. СПб. 1906.
- Тр. ММ, т. IV.

- ГКЕнисЗР — Геологическая карта Енисейского золотоносного района. СПб. 1908.
- ГКЗейЗР — " " Зейского золотоносного района. СПб. 1905.
- ГКЛенЗР — " " Ленского золотоносного района. СПб. 1904.
- \*ДАН-А, ДАН — Доклады Российской Академии Наук. II. 1922 (с 1927 г. ДАН-А).
- \*ЕГ и МР — Ежегодник по Геологии и Минералогии России. Изд. Криштафовича. Ново-Александрия. 1895.
- ЖБур — Журнал Жизнь Бурятии. Верхнеудинск. 1924.
- ЖПХ — Журнал Прикладной Химии. М. 1924.
- ЖФ-ХОЧФ — Журнал Русского Физико-Химического Общества при СПб. Университете. Часть физическая. СПб. 1879. Ранее: Журн. Русск. Хим. Общ. и Физ. Общ. при СПб. Унив. 1873—1878.
- ЖФ-ХОЧХ — Журнал Русского Физико-Химического Общества при СПб. Университете. Часть химическая. СПб.
- ЖХПром — Журнал Химической Промышленности. Изд. Совета Съездов Представителей Основной Химической Промышленности. М. 1924.
- ЗБлрАС-Х — Записки Белорусской Государственной Академии Сельского Хозяйства им. Октябрьской Революции. Горки. 1926.
- ЗБлрИС и ЛХ — Записки Белорусского Государственного Института Сельского и Лесного Хозяйства. Минск. 1925. Ранее см. — ЗБлрИС-Х.
- ЗБлрИС-Х — Записки Белорусского Государственного Института Сельского Хозяйства. Минск. 1923—1924. Далее см. — ЗБлрИС-и ЛХ.
- ЗВ-СибОГО — Записки Восточно-Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Иркутск. 1886—89. Ранее см. ЗСибОГО. Далее — ЗВ-СибОГО по общ. геогр. 1890.
- ЗВрнжС-ХИ — Записки Воронежского Сельско-Хозяйственного Института. Воронеж. 1916.
- ЗемлГаз — Земледельческая Газета. СПб. 1834.
- \*ЗГИ — Записки Горного Института. СПб. Л. 1907.
- ЗГО — Записки Русского Географического Общества. СПб. 1849—64. С добавленным „и по общей географии“ с 1867.
- ЗГООЛЕА и Э — Записки Геологического Отделения Общества Любителей Естественного Знания, Антропологии и Этнографии. М. 1911.
- ЗГрдкС-ХИ — Записки Горьковского Сельско-Хозяйственного Института. Горки. 1926.
- ЗЗ-СибОГО — Записки Западно-Сибирского Отдела Русского Географического Общества. Омск. 1879.
- ЗКиевОЕ — Записки Киевского Общества Естествоиспытателей. Киев. 1870.
- ЗКрымОЕ и ЛП — Записки Крымского Общества Естествоиспытателей и Любителей Природы. Симферополь. 1911.
- \*ЗМО — Записки С.-Петербургского Минералогического Общества. СПб. 1866—1917.
- „ Минералогического Общества. Пгр. 1918—1924.
- „ Российского Минералогического Общества. Л. 1925.
- ЗН-АлИСХиЛ — Записки Ново-Александрийского Института Сельского Хозяйства и Лесоводства. Варшава. 1877.
- ЗНврОЕ — Записки Новороссийского Общества Естествоиспытателей. Одесса. 1873 (1) — 1918 (XLI). Далее см. — ЗОдсОЕ.
- ЗОдсОЕ — Записки Одесского Общества Естествоиспытателей. Одесса. С 1927 г. т. XLIII. Ранее см. — ЗНврОЕ.
- ЗОФМ — Записки Академии Наук по Физико-Математическому отделению. СПб. VIII серия. 1894. Ранее см. — Мém. Acad. Sci. SPb.
- З и П — Золото и Платина. СПб. 1910. Ранее см. — ВЗ.



- ЗС-ЗОГО — Записки Северо-Западного Отделения Русского Географического Общества. Вильно. 1910.
- ЗСмпЛОГО — Записки Семипалатинского подотдела Западно-Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Семипалатинск. 1907.
- ЗСвБОГО — Записки Сибирского Отделения Русского Географического Общества. СПб. 1856—58. Иркутск. 1863—74. Далее см. — ЗВ-СибОГО.
- ЗСмБЕ-ИМ — Записки Симбирского областного Естественно-Исторического Музея. СПб. 1913.
- ЗТО — Записки Русского Технического Общества. СПб. 1867.
- \*ЗУОЛЕ — Записки Уральского Общества Любителей Естествознания. Екатеринбург-Свердловск. 1874.
- ЗФ-МВВ-УкраН — Записки Фізично-Математичного Відділу Всеукраїнської Академії Наук. Київ. 1923.
- \*ИАН,(ИРАН) — Известия Российской (Императорской) Академии Наук. СПб. серия V 1894—1906; серия VI 1907—1927; далее см. ИОФМ. До 1894 см. Bull. Acad. Sci. SPb.
- ИАбхзНО — Известия Абхазского Научного Общества. Сухум. 1925.
- ИАзрбПИ — Известия Азербайджанского Государственного Политехнического Института им. Азибекова. Баку. 1925.
- ИАзрБУ — Известия Азербайджанского Государственного Университета имени Ленина. Отделение Естествознания и Математики. Баку. 1921.
- ИВ-ГН-ИИИркУ — Известия Биолого-Географического Научно-Исследовательского Института при Государственном Иркутском Университете. Иркутск. 1924.
- ИБН-ИИПермУ — Известия Биологического Научно-Исследовательского Института и Биологической станции при Пермском Государств. Университете. Пермь. 1923.
- ИВлгдОСК — Известия Вологодского Общества изучения Северного Края. Вологда. 1914.
- ИВршПИ — Известия Варшавского Политехнического Института. М. 1916.
- ИВ-СибОГО — Известия Восточно-Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Иркутск. 1878 (т. 1X). Ранее см. — ИСибОГО.
- \*ИГК — Известия Геологического Комитета. СПб. Л. 1882.
- ИГО — Известия Русского Географического Общества. 1865—1919. Далее: Известия Государственного Русского Географического Общества. М. Л. 1923.
- ИГрскПИ — Известия Горского Политехнического Института. Владикавказ. 1922.
- ИГрскС-ХИ — Известия Горского Сельско-Хозяйственного Института. Владикавказ. 1926. Ранее см. — ИГрскПИ.
- \*ИДонПИ,(ИАлдПИ) — Известия Алексеевского Донского Политехнического Института в Новочеркаске. Новочеркасск. 1912.
- ИДонУ — Известия Донского Государственного Университета. Новочеркасск. (На обл. Ростов на Дону. 1920). Далее с 1926 г. — ИС-КавУ.
- ИДнпрГИ — Известия Днепропетровского Горного Института им. т. Артема Сергеева. Днепропетровск. 1925. Ранее см. — ИЕкслГИ.
- ИЕкслВГУ — Известия Екатеринославского Высшего Горного Училища, г. Екатеринослав. 1905—1912. Далее см. — ИЕкслГИ.
- ИЕкслГИ — Известия Екатеринославского Горного Института. Екатеринослав. 1912—1916. Ранее см. — ИЕкслВГУ. В 1919 — БЕкслГИ. С 1923 — ИЕкслГИ. С 1924 — ИЕкслГИ им. Артема Сергеева. Далее см. — ИДнпрГИ.
- ИЗ-СибОГО — Известия Западно-Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Омск. 1913.

- ИИПочв и ГСр-АзУ — Известия Института Почвоведения и Геоботаники Средне-Азиатского Государственного Университета. Ташкент. 1925.
- ИИПГеоф — Известия Института прикладной Геофизики. Л. 1925.
- ИИФ-ХАн — Известия Института Физико-Химического Анализа. П. 1919.
- ИКавОГО — Известия Кавказского отдела Русского Географического Общества. Тифлис. 1872.
- ИКрспрОГО — Известия Красноярского подотдела Восточно-Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Красноярск. 1902—1914. Далее: И. Крспр. Отд. Русск. Геогр. Общ. Красноярск. 1923—24. Далее см. — ИСр-СибОГО.
- \*ИЛПИ, ИПрШИ, ИСПБПИ — Известия Ленинградского Политехнического Института. Л. 1925. Ранее — ИСПБПИ 1904—1915. ИЛ-гоПрШИ 1915—1925.
- ИН-ТКрм и ХЛПИ — Известия Научно-Технического кружка металлургов и химиков при Ленинградском Политехническом Институте. Л. 1925.
- ИНжгрУ — Известия Нижегородского Государственного Университета. Нижний Новгород. 1926.
- ИОАзрб — Известия Общества обследования и изучения Азербайджана. Баку. 1925.
- ИОГИнж — Известия Общества Горных Инженеров. СПб. 1892.
- ИОЛКбнК — Известия Общества Любителей изучения Кубанского края. Краснодар 1924. Ранее: Известия Общества Любителей изучения Кубанской области. Екатеринодар. 1899.
- ИОсетН-ИИК — Известия Осетинского Научно-Исследовательского Института Краснодарения. Владикавказ. 1925.
- ИОФМ — Известия Академии Наук СССР. Отделение Физико-Математических Наук. Серия VII. Л. 1928. Ранее см. ИАН.
- ИнжР — Инженерный работник. Днепропетровск (Екатеринослав). 1924.
- ИСр-АзОГО — Известия Средне-Азиатского Отдела Государственного Русского Географического Общества. Ташкент. 1928. (XVIII). Ранее см. — ИТуркОГО.
- ИС-КавУ — Известия Северо-Кавказского Государственного Университета. Ростов на Дону. 1926. Ранее см. — ИДонУ.
- ИСапрК. — Известия Сапропелевого Комитета. П. 1923.
- ИСибОГК — Известия Сибирского Отделения Геологического Комитета. Томск. 1921. Ранее — Известия Сибирского Геологического Комитета. 1919.
- ИСибОГО — Известия Сибирского Отделения Русского Географического Общества. Иркутск. 1870—1877. Далее см. — ИВ-СибОГО.
- ИСр-СибОГО — Известия Средне-Сибирского Отделения Государственного Русского Географического Общества. Красноярск. 1925. Ранее см. — ИКрспрОГО.
- \*ИСибТИ — Известия Сибирского Технологического Института. Томск. 1925. Ранее см. — ИТомТИ.
- ИТеплИ. — Известия Теплотехнического Института. М. 1924.
- ИТуркОГО — Известия Туркестанского Отдела Русского Географического Общества. Ташкент. 1898—1924. (I—XII). Далее: ИСр-АзОГО.
- ИТфлПИ — Известия Тифлисского Государственного Политехнического Института. Тифлис. 1924.
- ИТомТИ — Известия Томского Технологического Института. Томск. 1903—1924. Далее см. — ИСибТИ.
- ИТомУ — Известия Томского Университета. Томск. 1889.
- ИУкрОГК — Известия Украинского Отделения Геологического Комитета. Киев. 1919.
- ИУралГИ — Известия Уральского Горного Института. Екатеринбург. 1918—19.
- ИУралПИ — Известия Уральского Политехнического Института. Свердловск. 1925.

- ИУралУ — Известия Уральского Университета. Екатеринбург. 1920—24. Далее см. — ИУралПИ.
- ИЦГидрБ — Известия Центрального Гидрометеорологического Бюро. Л. 1923.
- ИЮ.УсОГО — Известия Южно-Уссурийского Отделения Приамурского Отдела Русского Географического Общества. Никольск-Уссурийск. 1922.
- ИЯкутОГО — Известия Якутского Отделения Русского Географического Общества. Якутск. 1915.
- Кар-МК — Карело-Мурманский Край. Краеведческий общественно-экономический, иллюстрированный журнал. Л. 1926. Ранее см. — ВКар-МК.
- КурД — Курортное Дело. М. 1923.
- МГКав. — Материалы для Геологии Кавказа. Тифлис. Серия I—1875. Серия II—1887. Серия III—1898.
- МемГООЛЕА и Э — Мемуары Геологического Отделения Общества Любителей Естествознания, Антропологии и Этнографии. М. 1925.
- МГ и ПИД-В — Материалы по Геологии и полезным ископаемым Дальнего Востока. Владивосток. 1920.
- \*МГРос — Материалы для Геологии России. СПб. 1869.
- МГСРос — Материалы к познанию геологического строения Российской Империи. М. 1899.
- М в оцЗНиЖГ — Материалы к оценке земель Нижегородской губ. Естественно-историческая часть. СПб. 1884—1886.
- МскК — Московский Краевед. М. 1927.
- МКЕПС — Материалы Комиссии по изучению естественных производительных сил СССР. Изд. АН. Л. 1915.
- МККВят-ВК — Материалы Краеведческой Конференции по изучению производительных сил Вятско-Ветлужского края. Вятка. 1927.
- МКЭИ — Материалы Комиссии Экспедиционных Исследований. Изд. АН. Л. 1928.
- МКЯР — Материалы Комиссии по изучению Якутской Автономной Советской Социалистической Республики. Изд. АН. Л. 1926.
- МОКНСАР-сер. Туркм. — Материалы Особого Комитета по исследованию Союзных и Автономных Республик. Серия Туркменская. Л. 1926.
- МО и ПГ — Материалы по общей и прикладной геологии. П. 1916.
- МРАзрб — Материалы по районированию Азербайджанской СССР. Баку. 1926.
- МинСыр — Минеральное Сырье и его переработка. М. 1926.
- МХимНХ — Материалы по Химизации Народного Хозяйства СССР. Научное Хим.-Техн. Изд. НТУ. ВСНХ. Л. 1928.
- НефД — Нефтяное дело. Баку. 1899.
- НЗКтелН-ДЕГ — Наукові Записки Катеринославської Науково-дослідчої катедри Геології. Днепропетровськ. 1925.
- НЗКиївН-ДЕ — Наукові Записки. Орган Київських Науково-дослідчих катедр. Киев. 1923.
- НЗХрЬН-ДКГ, (НЗН-ДЕГХрк) — Наукові Записки Науково-дослідчих катедр Геології. Харків. 1927. (1). Ранее см. — Т. ХрЬТДП.
- НИСрГХО — Научные Известия Саратовского Химического Общества. Саратов. 1924.
- НИСмлаУ — Научные Известия Смоленского Государственного Университета. Смоленск. 1923.
- НТОВСНХ — Научно-Технический Отдел Высшего Совета Народного Хозяйства. М. 1923.
- НарХ — Народное Хозяйство. СПб. 1900.

- НарХКаз — Народное хозяйство Казакстана. Кзыл-Орда 1926.
- НефХ (Неф и СлХ) — Нефтяное и сланцевое Хозяйство. Пгр. 1920. Далее — Нефтяное хозяйство. Л. 1925.
- ОсвБАН — Осведомительный Бюллетень Академии Наук. Л. 1926.
- ОсвВГК — Осведомительный Бюллетень по полезным ископаемым. Изд. Геологического Комитета. Л. 1929.
- ОбаМРес — Обзор Минеральных Ресурсов ССР. Изд. Геологического Комитета. Л. 1926.
- Прир — Природа. Популярный Естественно-Исторический Журнал. М. 1912. П. 1912.
- П и Н — Поверхность и Недра. Л. 1916.
- ПротОЕКазУ — Протоколы Заседаний Общества Естествоиспытателей при Казанском Университете. Казань. 1869. С приложениями.
- ПротОЕТомУ — Протоколы Общества Естествоиспытателей и Врачей при Томском Университете. Томск. 1892—1914.
- ПротОИПХркУ — Протоколы Общества Испытателей Природы при Харьковском Университете. Харьков. 1912.
- ПротСПбОЕ — Протоколы Заседаний С.-Петербургского Общества Естествоиспытателей. СПб. 1872.
- РудВ — Рудный Вестник. М. 1916.
- СибВ — Сибирский Вестник. Иркутск. 1864—1868.
- СБКЕПС — Сборник „Естественные Производительные Силы СССР“. Изд. Акад. Наук. М. 1917.
- С-КавК — Северо-Кавказский Край. Ростов на Дону. 1922.
- Сооб о Н-ТРР — Сообщения о Научно-Технических работах в Республике. Изд. Научно-Технического Отдела ВСНХ. П. 1920.
- СовПрим — Советское Приморье. Владивосток. 1923.
- С-Х и Л — Сельское Хозяйство и Лесоводство. СПб. 1865.
- ТАав-ЧН-ПЭ — Труды Азовско-Черноморской Научно-Промысловой Экспедиции. Керчь. 1926.
- ТБалиКавМВ — Труды Бальнеологического Института на Кавказских Минеральных Водах. Пятигорск. 1924.
- ТБакОТО — Труды Бакинского Отделения Русского Технического Общества. 1864.
- ТВлГП — Труды Волынской Геологической партии. Житомир. 1925.
- ТВржУ — Труды Воронежского Государственного Университета. Воронеж. 1925.
- ТВятН-ИИК — Труды Вятского Научно-Исследовательского Института Краеведения. Вятка. 1925.
- \*ТГК — Труды Геологического Комитета. СПб. 1883.
- \*ТГ и ММ — Труды Геологического и Минералогического Музея Академии Наук. П. — Л. 1915—1926. Далее см. — 1) ТГМ 2) ТММ.
- \*ТГМ — Труды Геологического Музея Академии Наук. СПб. 1907—14. Л. 1926. — С 1915—1926 см. — ТГ и ММ.
- ТГЧКаб — Труды Геологической части Кабинета его имп. величества. СПб. 1895.
- ТД-ВУ — Труды Государственного Дальне-Восточного Университета. Владивосток. 1925.
- ТДницГИ — Труды Донецкого Горного Института им. т. Артема в Сталине. Сталин. 1926. Ранее см. — Т. ДницГ.
- ТДницТ — Труды Донецкого Техникума им. т. Артема. Сталин. 1925. Далее см. — ТДницГИ.
- ТехЖ — Технологический журнал. СПб. 1804—1826.
- ТЗквНАс — Труды Закавказской Научной Ассоциации. Тифлис. 1925.

- Тив-ВозНО — Труды Иваново-Вознесенского Губернского Научного Общества Краеведения. Иваново-Вознесенск. 1923—24 г.
- ТИМП и К — Труды Института Минералогии Петрографии и Кристаллографии. Ассоциация Научно-Исследовательских Институтов при Физико-Математическом факультете I Московского Государственного Университета. М. 1924.
- ТИПМ и Мет — Труды Института прикладной Минералогии и Metallургии. М. 1925. Ранее см. — ТИПМ и П.
- ТИПМ и П — Труды Института прикладной Минералогии и Петрографии. М. 1923—1924. Далее см. — ТИПМ и Мет.
- ТИПХ — Труды Государственного Института прикладной Химии. Л. 1925. Ранее — Труды Российского Института Прикладной Химии. С 1923 г.
- ТИСев, ТН-ИИСев — Труды Института по изучению Севера. Л. 1926 и Труды Научно-Исследовательского Института по изучению Севера. 1925. Ранее см. — ТСН-ПрФ.
- ТулК — Тульский Край. Тула. 1926.
- ТКМС-ХИФеф — Труды Комиссии Московского Сельско-Хозяйственного Института по исследованию фосфоритов. М. 1909.
- ТКСыр — Труды Комиссии Сырья. П. 1914.
- ТКерИ — Труды Государственного Исследовательского Керамического Института. Л.-М. 1925.
- ТКиевОС-Х — Труды Киевского Общества Сельского Хозяйства. Киев. 1882.
- ТКрымН-ИИ — Труды Крымского Научно-Исследовательского Института. Симферополь. 1926.
- ТКбнОТО — Труды Кубанского Отделения Русского Технического Общества. Екатеринодар. 1914.
- ТКбнС-ХИ — Труды Кубанского Сельско-Хозяйственного Института. Краснодар. 1924.
- ТКбн-ЧН-ИИ — Труды Кубано-Черноморского Научно-Исследовательского Института. Краснодар. 1922.
- ТКЯР — Труды Комиссии по изучению Якутской Автономной Советской Социалистической Республики. Л. 1926.
- \*ТЛОЕ — Труды Ленинградского Общества Естествоиспытателей. Л. 1924. Ранее — ТСПОЕ. 1870. Отд. геол. и мин. с 1888. ТПгрОЕ. 1915.
- ТММ — Труды Минералогического Музея Академии Наук. Л. 1926. Ранее ТГ и ММ.
- ТМО,(ТРМО) — Труды Минералогического Общества. СПб. 1830—1842.
- ТН-ИИСев — См. ТИСев.
- ТНИУд — Труды Научного Института по Удобрениям. М. НТО ВСНХ.
- ТНжгрПедИ — Труды Нижегородского Педагогического Института. Нижний Новгород. 1924.
- \*ТОВВршУ (ТВршОЕ) — Труды Общества Естествоиспытателей при Варшавском Университете. Варшава. 1889.
- ТОВКанУ,(ТКазОЕ) — Труды Общества Естествоиспытателей при Казанском Университете. Казань. 1871.
- ТОВТомУ,(ТТомОЕ) — Труды Общества Естествоиспытателей и Врачей при Томском Университете. Томск. 1890—95.
- ТОИВлн — Труды Общества Исследователей Волыни. Житомир. 1902.
- ТОИПХркУ,(ТХриОИП) — Труды Общества Испытателей Природы при Харьковском Университете. Харьков. 1869—1925. Далее см. — ТХркГДП.
- ТОКзк — Труды Общества изучения Казакстана. Оренбург. 1925. Ранее см. — ТОКирК.
- ТОКирК — Труды Общества по изучению Киргизского Края. Оренбург. 1920. Далее см. — ТОКазак.

- ТОМнчжК — Труды Общества изучения Маньчжурского Края. Харбин. 1928.
- ТОлнНЭ — Труды Олонеккой Научной Экспедиции. Л. ч. III. 1926.
- ТООхрНЗ — Труды Русского Общества Охранения Народного Здравия. СПб. 1884.
- ТПгфЕ-НИ — Труды Петергофского Естественно-Научного Института. Л. 1925.
- ТПИ<sup>1</sup> — Труды Почвенного Института им. Докучаева. Л. 1926.
- ТПК — Труды Докучаевского Почвенного Комитета. Л. 1914.
- ТПМорНИ — Труды Пловучего Морского Научного Института. М. 1923.
- ТПгрОЕ, ТСПбОЕ — см. — ТЛОЕ.
- ТПнзОЛЕ и К — Труды Пензенского Общества Любителей Естественного Знания и Кре-  
вдения. Пенза. 1925. Ранее — ТПнзОЛЕ. 1913.
- ТИ-гоСПГ — Труды первого Всероссийского съезда деятелей по практической геоло-  
гии и разведочному делу. СПб. 1908.
- Трад — Труды по изучению радия и радиоактивных руд. Л. 1924.
- ТрадЭ — Труды Радиевой Экспедиции Академии Наук. П.—Л. 1914.
- ТСибИС-Х и Л — Труды Сибирского Института Сельского Хозяйства и Лесоводства  
Омск. 1927. Ранее см. — ТСибС-ХА
- ТС-КавАсН-ИИ — Труды Северо-Кавказской Ассоциации Научно-Исследовательских  
Институтов. Ростов на Дону. 1925.
- ТСН-ПрЭ — Труды Северной Научно-Промысловой Экспедиции. 1920—24. Далее см.—  
ТИСев.
- ТСрОЕ и ЛЕ — Труды Саратовского Общества Естествоиспытателей и Любителей  
Естественного Знания. Саратов. 1895.
- ТСмлнОЕ и В — Труды Смоленского Общества Естествоиспытателей и Врачей. Смо-  
ленск. 1926.
- ТСибС-ХА — Труды Сибирской Сельско-Хозяйственной Академии. Омск. 1922—1923.  
Далее см. — ТСибИС-Х и Л.
- ТТуркУ — Труды Туркестанского Государственного Университета. Ташкент. 1921.
- ТУкрН-ДГГ — Труды Украинского Научно-Дослідчого Геологічного Інституту  
Київ. 1928.
- ТФ-МВВ-УкрАН — Труды Фізично-Математичного відділу Всеукраїнської Академії  
Наук. Київ. 1923.
- ТХрТДП — Труды Харківського Товариства Дослідників Природи. Харків. 1923.  
Далее см. — НЗН-ДКатГ.
- ТИVМендС — Труды IV Менделеевского Съезда. Л. 1926.
- ТЭИС — Труды Государственного Экспериментального Института Силикатов. М.  
НТО ВСНХ. 1923.
- УЗКазУ — Ученые записки Казанского Государственного Университета. Казань. 1890.
- УЗСрУ — Ученые Записки Саратовского Государственного Университета. Саратов.  
1923.
- УказОткр — Указатель открытий. СПб. 1824—1831.
- УТ — Уральский техник. Екатеринбург. 1907. (Журнал техническ. и профессиональ-  
ный) Свердловск. 1924. (Журн. Обл. бюро Инж.-Тех. сил при Уралпрофсовете)
- УкрФЗ — Українські Фізичні Записки. Київ. 1923.
- УкрХЖ — Українські Хемічні Журнал. Харків. 1925.
- ХБаш — Хозяйство Башкирии. Уфа. 1927.
- Х и НП — Хозяйство на новых путях. Сталинград. 1924.

<sup>1</sup> Мы расходимся с Академическим сокращением (ТИП) в целях сохранения принятого нами единства способов сокращения и согласуясь с сокращением, принятым Книжной палатой.

- ХУрал — Хозяйство Урала (Журнал) Свердловск. 1925.  
 ХЯкут — Хозяйство Якутии. Якутск. 1925.  
 ЧувХ — Чувашское хозяйство. Чебоксары. 1927.  
 Э и СКар — Экономика и статистика Карелии. 1925.
- 
- Abh. pr. Geol. — Abhandlungen zur praktischen Geologie u. Bergwirtschaftslehre. Hrsg. v. G. Berg.  
 Am. Min. — The American Mineralogist. Menasha, Wis.  
 Ann. Mines. — Annales des Mines. Paris. 1816.  
 Arch. Sci. Phys. et Nat. Genève. — Archives des sciences physiques et naturelles. Genève.  
 Bidr. känn. Finl. Nat. — Bidrag till kännedom of Finlands Natur. Och. folk. Helsingfors. 1858.  
 Blum, J. R. — Die Pseudomorphosen des Mineralreichs. Stuttgart. 1843; I. Nachtr. Stuttgart, 1847; II. — Heidelberg, 1852; III. — Erlangen, 1863; IV. — Heidelberg, 1879.  
 Btr. Krist. Min. — Beiträge z. Kristallographie und Mineralogie. Heidelberg. 1925.  
 Bull. Acad. Sci. SPb. — Bulletin Scientifique publié par l'Académie Impériale des Sciences. S. Pétersbourg. I série 1837—1842. Далее: Bull. Cl. phys. — math. Acad. Sci. SPb. II série 1843—1859; Bull. Acad. Sci. SPb. III série 1860—1888; IV série 1890—1894. Далее см. — ИАН.  
 Bull. Com. Géol. Finl. — Bulletin de la Commission géologique de Finlande. Helsingfors. 1895.  
 Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala. — Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala. Ed. by Hj. Sjögren. Upsala. 1893.  
 Bull. Soc. Géol. Fr. — Bulletin de la Société Géologique de France. Paris. 1830.  
 Bull. Soc. Min. Fr. — Bull. S. Fr. M. — Bulletin de la Société Minéralogique de France. Paris. 1878. — (Bull. de la Soc. Française de Minéralogie. 1886—1905.)  
 Bull. Soc. Nat. Mosc. — Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. 1829.  
 Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. — Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Lausanne. 1864. t. VI.  
 B. u. H. Ztg. — Berg u. Hüttenmännische Zeitung. Nordhausen-Freiberg-Leipzig. 1842.  
 Cbl. Min. — Centralblatt f. Mineralogie, Geologie u. Palaeontologie. Stuttgart. 1900.  
 C. R. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Paris. 1835.  
 Chem. d. Erde v. Linck. — Chemie der Erde. Zeitschrift der chemischen Mineralogie. Petrographie, Geologie, und Bodenkunde. Hrsg. von G. Linck u. E. Blanck. Jena. 1914.  
 Crell's Chem. Ann. — Chemische Annalen für die Freunde d. Naturlehre. Hrsg. v. Crell. Helmstädt u. Leipzig. 1784.  
 Fortschr. d. Min. — Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. Jena. 1911.  
 Geol. För. Stockh. Förh. — Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. Stockholm. 1872.  
 Jb. K. K. Geol. Reichsanst. — Jahrbuch d. K. K. Geologischen Reichsanstalt. Wien. 1850.  
 Jb. Preus. Geol. Landsanst. — Jahrbuch d. preussischen geologischen Landesanstalt u. Bergakademie. Berlin. 1880.  
 Korrb. Nat. Ges. Riga. — Korrespondenzblatt der Naturfreunde-Gesellschaft. Riga. 1892.  
 Min. Mag. — The Mineralogical Magazine. London. 1877.  
 Min. Mitt., M. P. Mitt. — Mineralogische Mittheilungen hrsg. v. Tschermak. Wien. 1871—1878. Далее: Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen. 1879.  
 Mitt. Min.-Geol. Inst. Hamb. — Mitteilungen aus dem mineralogisch-geologischen Staatsinstitut in Hamburg. Hamburg.

- Mél. phys. et chim. — Mélanges physiques et chimiques tirés du Bulletin de l'Académie des Sciences. S.-Petersbourg. 1849—1894.
- Mem. Accad. Lincei — Memorie della reale Accademia dei Lincei. Roma.
- Mem. Acad. Sci. SPb. — Mémoires de l'Académie d. Sciences de St.-Petersbourg. V série 1803. Sci. phys. et math.; VI série 1831; VII série 1859; VIII série 1894. Cl. phys. math. см. ЗОФМ.
- Mém. Soc. Nat. Mosc. — Mémoires de la Société impér. des Naturalistes de Moscou. 1811.
- N. Jb. Min. — Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie u. Palaeontologie. Stuttgart. 1830 (1830—1832 Jahrbuch f. Min.; 1833 — Neues Jahrb. f. Min.).
- Oefv. Fin. V. Soc. Förb. — Oefversigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar. Helsingfors. 1853.
- Pogg. Ann. — Annalen der Physik u. Chemie. Hrsg. v. I. C. Poggendorff. Leipzig. 1827.
- Proc. Linn. Soc. New. S. Wales. — Proceedings of the Linnean Society of New South Wales. Sydney. 1876.
- Rozpr. Mat. Przgr. Akad. Um. — Rozprawy Akademji Umiejętności w Krakowie. Wydział Matematyczno-Przyrodniczy.
- Schr. Berl. Nat. Ges. — Schriften d. Berlinischen Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin. 1780—1785. Далее: Schriften der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin. 1787—1794.
- Schr. Nat. Ges. Danzig. — Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1828.
- Schr. Russ. Ges. Min. — Schriften der in St. Petersburg gestifteten russ.-kaiserl. Gesellschaft für die gesammte Mineralogie. St.-Peterburg. 1842.
- Sitz. Preuss. Akad., (Sitz. Berl. Akad.) — Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin. 1882.
- Sitz. Wien. Ak. — Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1848.
- Tschermaks Min. Mitt. — см. Min. Mitt.
- Verh. Min. Ges. — Verhandlungen d. St.-Petersburger Mineralogischen Gesellschaft. St. Petersburg. 1842—1863. С 1859 по 1861 не выходили, а с 1864 см. — ЗМО.
- Z. Deutsch. Geol. Ges. — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin. A. Abhandlungen. B. Monatsberichte. 1849.
- Z. pr. Geol. — Zeitschrift f. praktische Geologie. Berlin. 1893.
- Z. Krist. — Zeitschrift f. Kristallographie u. Mineralogie, hrsg. v. Groth. 1877—1921. Далее: Z. f. Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie. Leipzig. 1921.

## O. Subnikova (O. Schubnikowa). Kartothek der Literatur über die Mineralien der U. d. SSR

### Résumé

Im Mineralogischen Museum der Akademie der Wissenschaften der U. d. SSR ist eine Kartothek der Literatur über die Mineralien der U. d. SSR begründet. Sie enthält ca. 18 Tausend Karten und kann nahezu 60 Tausend Hinweisungen bieten. Die Karte enthält: Benennung des Minerals, des Fundortes, Name des Verfassers, Titel des Aufsatzes, Benennung der Zeitschrift mit Bezeichnung von Jahrgang, Band u. Seite.



Д. К. Моцок

## Связь и вывод возможных симметрических операций

(Представлено академиком В. И. Вернадским в заседании Отделения Физико-Математических Наук 14 мая 1929 года)

Развитие физики за последние годы открыло возможность прилагать учение о симметрии к атомным решеткам и даже к самим атомам; эти новые задачи, естественно, требуют углубления и развития теории симметрии.

§ 1. Обзор элементов. В симметрии конечных систем фигур издавна обнаружены непосредственным наблюдением следующие элементы симметрии: 1) плоскость отражения  $P$ , только 2-го порядка; 2) ось вращения  $L^n$ , любого целого порядка; 3) сложная симметрия I рода, только четного порядка; ее операция есть соединение вращения и отражения; указана Гадолиным; простейшая разновидность ее 2-го порядка часто называется центром обратного равенства ( $C$ ), а операция — инверсией; при ней каждая точка переводится по диаметру на противоположный конец; 4) сложная симметрия II рода, только четного порядка, есть соединение вращения и инверсии; указана Е. С. Федоровым.

Понятие о симметрии представляется нам единым и цельным; поэтому обилие элементов симметрии, притом глубоко различных, как ось и плоскость, всегда вызывало стремление свести их к одному представлению. Во всех видах (классах) симметрии, как известно, элементы связаны между собой так, что любая пара элементов дает третий, например две плоскости в пересечении дают ось; поэтому Г. В. Вульф предлагал считать отражение основной операцией; это давало ценные аналитические преимущества, но вводило новые понятия мнимых плоскостей для получения изолированной оси  $L^n$ , или инверсии  $C$ .

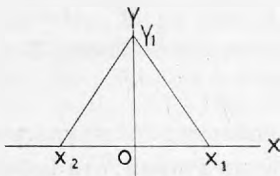
В симметрии бесконечных систем фигур известны, кроме всех вышеуказанных, еще такие операции: 1) поступательное движение, или поступание (термин Е. С. Федорова); 2) винтовое движение или скользящее вращение, состоящее из поступания и вращения; 3) скользящее отражение, состоящее из поступания и отражения.

Этим операциям отвечают особые элементы симметрии: для 1-й — не указан, для 2-й — винтовая ось, для 3-й — плоскость скольжения.

§ 2. Симметрия и операция. В конечных симметричных системах фигуры располагаются вокруг некоторого центра  $O$  на равных от него расстояниях, равномерно распределяясь в объеме шара, описанного вокруг  $O$ ; при этом фигуры, очевидно, намечают деление объема шара на равные доли (секторы) по числу фигур.

В бесконечных системах фигуры аналогично будут делить на равные доли бесконечное пространство.

Отсюда ясна связь понятия симметрии с понятием о выполнении пространства конечного (шара) или бесконечного.



Фиг. 1.

Условимся в следующих определениях: геометрические образы равны, если они могут быть совмещены или являются зеркальным отражением друг друга; доли пространства суть его участки, выполняющие все данное пространство (конечное или бесконечное) без промежутков; расположение равных фигур в равных долях пространства однообразно, если при совмещении долей (прямым или зеркальным) совмещаются и расположенные в них фигуры и наоборот.

Тогда можно сказать, что, если совокупность равных фигур обладает симметрией, то эти фигуры однообразно располагаются во всех равных долях шара или бесконечного пространства.

Если дана такая симметричная совокупность или система фигур, то симметрическая операция есть перевод фигуры из одного возможного положения во всякое возможное положение той же совокупности.

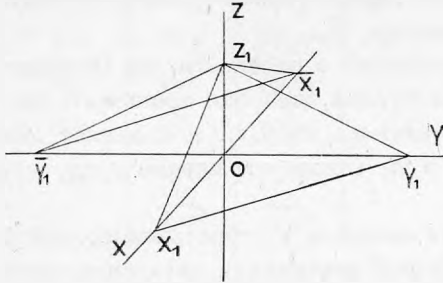
Исходное ( $S$ ) и конечное ( $S'$ ) положения фигуры вполне определяют операцию. Обратное же операцию можно выразить любой из  $n$  пар  $S$  и  $S'$ , где  $n$  — величина симметрии совокупности, ибо за  $S$  можно принять каждую из  $n$  фигур. Если исходное и конечное положения совпадают, т. е. фигура никуда не переносится, то операцию можно назвать тождеством (Identität), с элементом 1, 1-го порядка.

§ 3. Связь отражения и вращения в плоскости. В двумерном пространстве, т. е. в плоскости, отражению отвечает прямая отражения, а вращению — точка вращения. Треугольники  $oy_1x_1$  и  $oy_1x_2$  (фиг. 1), связанные прямой отражением  $oy$ , несовместимы, как бы их ни поворачивать в плоскости чертежа; но если принять  $oy$  за ось  $L^2$ , то  $\Delta oy_1x_2$  можно совместить с  $\Delta oy_1x_1$ , обведя первый вокруг  $L^2$  на  $180^\circ$  по трехмерному пространству. Другими словами, двойная ось  $L^2$  трехмерного пространства может быть прямой отражения в двумерном.

Согласно с геометрией будем обозначать  $n$ -мерное пространство символом  $R_n$ , например  $R_2$ ,  $R_3$ , а необходимую для симметрических операций

простейшую фигуру из  $n + 1$  точек, не лежащих в одном  $R_{n-1}$  (симплексе), символом  $S_{n+1}$ , например  $S_3, S_4$ . Исходное положение обозначим  $S_{n+1}$ , конечное  $S'_{n+1}$ .

Пусть в  $R_3$  (фиг. 2) имеем симплекс  $S_4 (x_1 y_1 z_1)$  из 4 точек (вершин), не лежащих в одной плоскости (неправильный тетраэдр); прямоугольные



Фиг. 2.

координаты этих точек,  $(000) (x_1 0 0) (0 y_1 0) (0 0 z_1)$ ; одна точка совмещена с началом  $o$ , а три других — с осями координат. Плоскость с отрезками  $x_1 y_1 z_1$  есть грань симплекса  $S_4 (x_1 y_1 z_1)$ , вполне определяющая  $S_4$ ; ее уравнение в отрезках на осях:

$$\frac{x}{x_1} + \frac{y}{y_1} + \frac{z}{z_1} = 1 \dots\dots\dots (1)$$

Повернув эту плоскость на  $180^\circ$  вокруг  $L^2 - oz$  получим плоскость:

$$\frac{x}{-x_1} + \frac{y}{-y_1} + \frac{z}{z_1} = 1 \dots\dots\dots (2),$$

определяющую симплекс  $S'_4 (\bar{x}_1 \bar{y}_1 z_1)$ , т. е. операция поворота на  $\angle \pi$  заменила отрезки  $x_1 y_1 z_1$  отрезками  $\bar{x}_1 \bar{y}_1 z_1$ , изменив знаки на двух буквах.

Пересекая оба симплекса,  $S_4$  и  $S'_4$ , и ось  $L^2$  плоскостью, проходящей через  $L^2$ , напр.  $zoy$ , уравнение коей

$$x = 0 \dots\dots\dots (3),$$

мы при совместном решении (1) и (3) получаем прямую

$$\frac{y}{y_1} + \frac{z}{z_1} = 1,$$

а при решении (2) и (3) прямую

$$\frac{y}{-y_1} + \frac{z}{z_1} = 1;$$

эти две прямые с отрезками  $z_1 y_1$  и  $z_1 \bar{y}_1$  определяют в плоскости сечения два плоских симплекса  $S_3$  и  $S'_3$ , т. е. два треугольника  $oz_1 y_1$  и  $oz_1 \bar{y}_1$ , связанные отражением в прямой  $oz$  (бывшей  $L^2$ ).

Как видно, при сечении была отброшена ось  $x'$ ов.

Пересекая же  $S_4$  и  $S'_4$  плоскостью перпендикулярной к оси  $z$  например  $xoy$  с уравнением  $z=0$ , мы тем самым отбросим ось  $z'$  и получим в плоскости сечения треугольники  $ox_1y_1$  и  $ox_1\bar{y}_1$ , связанные вращением на  $\angle \pi$  вокруг точки  $O$ .

Итак, двойной элемент вращения и прямая отражения в двухмерном пространстве,  $R_2$ , суть только разные сечения двойной оси симметрии  $R_3$  трехмерного пространства,  $R_3$ .

Заметим, что вращение в плоскости  $xoy$  заменяет  $x_1y_1$  на  $\bar{x}_1\bar{y}_1$ , т. е. меняет знаки на двух буквах, подобно вращению (на  $\pi$ ) в пространстве  $R_3$ ; а отражение заменяет  $y_1z_1$  на  $\bar{y}_1z_1$ , т. е. меняет знак на одной букве подобно отражению в  $R_2$  (напр. отражение  $z_1x_1y_1$  в плоскости  $xoy$  дает  $z_1x_1\bar{y}_1$ ).

Но если сечение сводится к отбрасыванию одной координатной оси с двумя лежащими на ней вершинами двух симплексов, при чем эти вершины могут лежать на отбрасываемой оси или по одну сторону или по разные стороны от  $o$ , имея одинаковые или разные знаки, то возможен и обратный процесс прибавления оси и двух равноотстоящих вершин на ней с одинаковыми или разными знаками.

§ 4. Вывод операций 1-го и 2-го порядка. В нуль-мерном пространстве (точке)  $R_0$  симплексы  $S_1$  и  $S'_1$  будут тоже точками, совмещенными друг с другом; здесь возможна только одна операция тождества, 1 (единица), 1-го порядка.

Добавляя к точке  $O$  одну ось  $x'$ ов мы переходим к  $R_1$ ; прибавляя по этой оси две новых вершины для равных симплексов  $S_2$  и  $S'_2$  с одинаковыми знаками, т. е. 2 точки с координатами  $x_1$  и  $x_1$ , получим совпадение  $S_2(x_1)$  и  $S'_2(x_1)$ , т. е. тождество; прибавляя вершины с разными знаками и координатами  $x_1$  и  $\bar{x}_1$ , получим  $S_2(x_1)$  и  $S'_2(\bar{x}_1)$  в виде отрезков  $ox_1$  и  $o\bar{x}_1$ , связанных операцией отражения в точке  $O$ . Возможны, очевидно, только два случая. Результаты вывода будем наносить на таблице 1, отмечая там отрезки, отсекаемые на осях точками  $R_0$ , прямыми  $R_1$ , плоскостями  $R_2$ , вообще образами  $R_{n-1}$ , определяющими 2-й симплекс  $S'_{n+1}$ ; а отрезки для 1-го симплекса  $S_{n+1}$  всегда все положительны и указаны в строке „тождество“; значки  $(1)$  при  $x, y, \dots$  опускаются.

Далее, прибавляя к  $R_1$  ось  $y'$ ов, переходим к  $R_2$ ; в  $R_1$  мы имели 2 случая:  $S_2$  и  $S'_2$ , связанные: 1) тождеством и 2) отражением. Исходя из тождества  $S_2(x_1)$  и  $S'_2(x_1)$  и прибавляя по оси  $y'$ ов точки с координатами  $y_1$  и  $y_1$  получим тождество:  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(x_1y_1)$ ; прибавляя  $y_1$  и  $\bar{y}_1$  получим отражение:  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(x_1\bar{y}_1)$ . Затем, исходя из отражения  $S_2(x_1)$  и  $S'_2(\bar{x}_1)$ , получим от прибавления  $y_1$  и  $y_1$  опять отражение:  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(x_1y_1)$ , а от прибавления  $y_1$  и  $\bar{y}_1$  получим вращение на угол  $\pi$ :  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(\bar{x}_1\bar{y}_1)$ ; здесь, очевидно, симплексы выражены треугольниками  $ox_1y_1$  и  $o\bar{x}_1\bar{y}_1$ .

Операции 1-го и 2-го порядка

Таблица 1

$R_0$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_n$	
o	$x$	$xy$	$xyz$	$xyzt$	$xyztu$	$xyztuv$	—	тождество
	$\bar{x}$	$\bar{xy}$	$\bar{xyz}$	$\bar{xyzt}$	$\bar{xyztu}$	—	—	отражение
		$\bar{\bar{xy}}$	$\bar{\bar{xyz}}$	$\bar{\bar{xyzt}}$	$\bar{\bar{xyztu}}$	—	—	вращение
			$\bar{\bar{\bar{xyz}}}$	$\bar{\bar{\bar{xyzt}}}$	$\bar{\bar{\bar{xyztu}}}$			
			$\bar{\bar{\bar{\bar{xyz}}}}$	$\bar{\bar{\bar{\bar{xyzt}}}}$	$\bar{\bar{\bar{\bar{xyztu}}}}$			

Итак, переходя от  $R_n$  к следующему по порядку пространству  $R_{n+1}$ , мы в таблице 1 из каждой операции  $R_n$  получаем две операции  $R_{n+1}$ , одну аналогичную — в той же строке, другую, более сложную, в следующей книзу строке.

Наконец, переходя от  $R_2$  к  $R_3$  из тождества  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(x_1y_1)$  получим тождество  $S_4(x_1y_1z_1)$  и  $S'_4(x_1y_1z_1)$  и отражение  $S_4(x_1y_1z_1)$  и  $S'_4(x_1y_1\bar{z}_1)$ , из отражения  $S_3 \rightarrow S'_3(\bar{x}_1y_1)$  получим отражение  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}_1y_1z_1)$ , и вращение  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}_1\bar{y}_1\bar{z}_1)$ , из вращения  $S_3(x_1y_1)$  и  $S'_3(\bar{x}_1\bar{y}_1)$  получим вращение  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}_1\bar{y}_1z_1)$  и инверсию  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}\bar{y}z)$ .

Очевидно, этот процесс можно продолжать и дальше, получая все операции 2-го порядка в любом многомерном пространстве  $R_n$ .

Так, в  $R_4$  получаем из  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}\bar{y}z)$  отражение  $S_5(xyzt) \rightarrow S'_5(\bar{x}\bar{y}zt)$  в зеркальном трехмерном пространстве  $R_3$ , из  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}\bar{y}z)$  вращение  $S_5(xyzt) \rightarrow S'_5(\bar{x}\bar{y}zt)$  вокруг некоторой плоскости  $zt$ , которая пересекает плоскость вращения  $xy$  в одной точке  $O$  (это возможно в  $R_4$ ), затем из  $S_4 \rightarrow S'_4(\bar{x}\bar{y}z)$  получаем сложную симметрию  $S_5(xyzt) \rightarrow S'_5(\bar{x}\bar{y}\bar{z}t)$  и, наконец, новую, пока неизвестную, операцию  $R_4 S_5(xyzt) \rightarrow S'_5(\bar{x}\bar{y}\bar{z}t)$ .

§ 5. Связь двойной оси и плоскости. В § 3 было дано аналитическое доказательство того, что разные сечения  $L^2$  из  $R_3$  дают вращение и отражение в плоскости,  $R_2$ . Вполне аналогично можно показать аналитически, что сечения двойного элемента вращения из  $R_4$  дают  $L^2$  и  $P$  в  $R_3$ .

Определяющий образ  $R_3$  (§ 4) симплекса  $S_5$  и  $R_4$  имеет уравнение:

$$\frac{x}{x_1} + \frac{y}{y_1} + \frac{z}{z_1} + \frac{t}{t_1} = 1;$$

повернув его в плоскости  $xt$  на  $\angle \pi$  вокруг элемента вращения  $xy$  получим согласно таблице 1:

$$\frac{x}{x_1} + \frac{y}{y_1} + \frac{z}{-z_1} + \frac{t}{-t_1} = 1;$$

В таблице 1 дан поворот в плоскости  $xy$ , но, очевидно, можно брать для поворота любую плоскость. Пересекая эти образы трехмерным пространством  $R_3$ , проходящим через обе координатные оси  $x$  и  $y$  перпендикулярно, например к оси  $t$ , и имеющим уравнение  $t=0$ , мы отсечем ось  $t$  и получим два симплекса  $S_4(x_1y_1z_1)$  и  $S'_4(x_1y_1\bar{z})$ , очевидно связанные отражением в плоскости  $xy$ ; следовательно, элемент вращения в  $R_4$  — является плоскостью.

Пересекая же образы другим  $R_3$  перпендикулярным, например к оси  $x$ , т. е. с уравнением  $x=0$ , мы отсечем ось  $x$  и получим  $S_4(y_1z_1t_1)$  и  $S'_4(y_1\bar{z}_1\bar{t}_1)$ , явно связанные вращением вокруг оси  $y$  на  $\angle \pi$ .

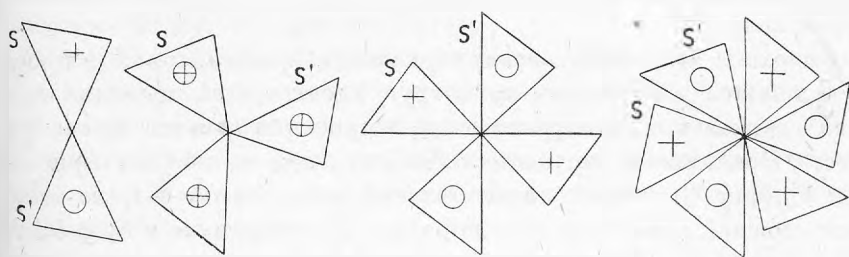
Из таблицы 1 ясно, что идя назад, от операций  $R_n$  к  $R_{n-1}$ , вообще получаем по 2 случая, — отсекая букву с +, получаем операцию в той же строке, отсекая букву с —, получаем операцию в высшей строке. Только тождество, где все +, и нижняя операция, где все —, дают по одному случаю.

§ 6. Обобщение операции вращения со 2-го на  $n$ -й порядок. Пусть имеем  $S_3$  и  $S'_3$ , связанные в плоскости двойным элементом вращения, т. е. отстоящие по окружности на  $\angle \pi$ . Если мы повернем  $S_3$  по окружности на  $\angle \alpha$ , то и  $S'_3$  передвинется на  $\angle \alpha$ , т. е. связь  $S_3$  и  $S'_3$  между собою ( $\angle \pi$ ) и с центром не изменится; она является инвариантом. То же произойдет при повороте системы координат на  $\angle -\alpha$ . Алгебраически инвариантность какого-либо свойства определяется тем, что формулы, выражающие эту связь, не изменяются при передвижении системы координат, т. е. при замене старых значений координат  $x_1y_1z_1$  новыми  $x'_1y'_1z'_1$ ...; правильность этой замены, т. е. инвариантность алгебраически доказывается вообще довольно сложно, но геометрически инвариантность очевидна и постигается очень легко, как в приведенном примере.

В виду этого, не вдаваясь в алгебраические преобразования, отметим, как очевидность, что во всякой операции, где проявляется инвариантность, т. е. где можно так или иначе передвигать систему координат и связанный с нею элемент симметрии, не меняя связи фигур, — так такая же инвариантность проявляется и относительно целого ряда других операций, подобных данной; поэтому данная операция относительно инвариантности оказывается лишь частным случаем бесконечной группы ей подобных.

Так, в случае операции вращения 2-го порядка (на угол  $\pi$ ) в  $R_3$  систему координат можно вращать вокруг центра; очевидно, что опера-

ция вращения на любой угол  $\varphi$  будет также инвариантна относительно вращения системы координат. Этот прием позволяет обнаруживать или обобщать симметрические операции. Не трудно видеть, что любой  $\angle \varphi$  действительно дает возможную операцию порядка  $n = \frac{2\pi}{\alpha}$ , где  $\alpha$  общий наибольший делитель  $2\pi$  и  $\varphi$ . Например при  $\varphi = 72^\circ$ ,  $\alpha = 72^\circ$ ,  $n = \frac{2\pi}{72^\circ} = 5$ ; при  $\varphi = 144^\circ$ ,  $\alpha = 72^\circ$ ,  $n = 5$ ; поворот на  $144^\circ$ , хотя не является делителем полного оборота ( $2\pi$ ), все же есть операция 5-го порядка, приводящая фигуру после пятикратного повторения к тождеству:  $144^\circ \times 5 = 720^\circ = 2 \times 360^\circ$  (фигура делает 2 оборота; но совокупность всех 5 ее положений тождественна с обыкновенной  $L^5$ ).



Фиг. 3.

Если  $\angle \varphi$  несоизмерим с  $2\pi$ , т. е.  $\alpha = 0$ , то  $n = \frac{2\pi}{0} = \infty$ , т. е. имеем ось вращения  $L^\infty$  тождественную  $L^\infty$  с операцией вращения на бесконечно малый угол.

§ 7. Вывод операций  $n$ -го порядка. Возвращаясь к таблице 1, обобщаем случай вращения в  $R_2$  и получаем операции вращения  $n$ -го порядка; на фиг. 3 для наглядности даны все  $n$  фигур у  $L^n$ . Прибавляя к треугольникам  $S_2$  и  $S'_2$  точки по одну сторону от плоскости чертежа, (напр. сверху), получим оси вращения  $L^n$  в  $R_3$ . Прибавляя точки к  $S_2$  и  $S'_2$  по разные стороны поочередно (на фиг. 3 — сверху „+“, снизу „o“) получим: 1) из вращения 2-го порядка — ось сложной симметрии I рода 2-го порядка; 2) из вращения 3-го порядка — ось сложной симметрии II рода 6-го порядка, ибо тождество получается только после 2 полных оборотов,  $120^\circ \times 6 = 720^\circ = 2 \times 2\pi$  и  $n = \frac{720^\circ}{120^\circ} = 6$ ; 3) из вращения 4-го порядка — ось сложной симметрии I рода 4-го порядка, 4) из вращения 5-го порядка — ось сложной симметрии II рода 10-го порядка, 5) из вращения 6-го порядка — ось сложной симметрии I рода 6-го порядка и т. д. Итак, операции сложной симметрии I и II родов нельзя относить к двум разным элементам; они суть только разные порядки одной и той же операции, имеющей в своем составе вращение четного или нечетного порядка.

Эту единую операцию с вращением любого целого порядка  $n$  будем называть зеркальным вращением.

Здесь каждая точка симплекса  $S_n$  с координатами  $(x_1 y_1 z_1)$  совершает при единой операции сложное движение, но проекция этой точки с координатами  $(x_1 y_1)$  на плоскости  $xy$  совершает обыкновенное вращение вокруг оси  $z$ , а проекция  $(z_1)$  на ось  $z$  совершает в то же время — отражение в зеркальной плоскости  $xy$ ; эти составляющие операции проекций одной точки независимы одна от другой, — вращение может иметь любой порядок  $n$  при одном отражении; вообще независимость каждой координаты от всех остальных есть основное свойство координатной системы; в простейшей операции при  $n=2$  (табл. 1 —  $\overline{xyz}$ ) кроме того все оси равнозначны; за ось вращения можно выбрать любую из  $x, y, z$  и даже из прочих направлений.

Операция  $\overline{xyz}$  представляет зеркальное вращение в  $R_4$ ; проекция  $x_1 y_1$  вращается в плоскости  $xy$  вокруг плоскости  $zt$ , проекция  $z_1$  отражается в зеркальном пространстве  $xzt$ , а проекция  $t_1$  точки на ось  $t$  стоит на месте. Вращение может быть любого порядка  $n$ , ибо мы прибавляем к  $S_4$  и  $S'_4$  (фиг. 3) точки с положительной координатой  $+t_1$  ко всем элементам сложной симметрии  $n$ -го порядка. Прибавляя же к  $S_4$  и  $S'_4$  точки  $-t_1$  и  $+t_1$  (простейший случай —  $\overline{xyz}$ ), мы находим, что в то время как проекция  $(x_1 y_1)$  данной точки симплекса будет иметь вращение любого порядка  $n$  в плоскости  $xy$ , проекция той же точки на плоскость  $zt$  изменит при операции свои координаты  $z_1 t_1$  на  $\bar{z}_1 \bar{t}_1$ , т. е. совершит типичное вращение на  $\angle \pi$  в плоскости  $zt$  вокруг плоскости  $xy$ ; это вращение 2-го порядка в плоскости  $zt$  независимо от вращения  $xy$ , ибо последнее может как угодно менять порядок  $n$  при одном и том же 2-ом порядке  $k$ , затем при  $n=2$  оба вращения  $xy$  и  $zt$  абсолютно равноценны в выражении  $\overline{xyz}$  и могут быть заменены любой парой, например  $xz$  и  $yt$ ; поэтому надо признать, что и вращение  $zt$  может иметь любое  $n$ , когда у  $xy$   $n=2$ , но, если в какой-либо плоскости возможно независимое вращение с  $n=2$ , то там же возможно вращение с любым  $n$ , т. е. проекции  $xy$  и  $zt$  могут иметь одновременно разные вращения любого порядка  $n$  и  $k$  в своих плоскостях, пересекающихся в одной точке; поэтому данную операцию можно назвать двувращением, хотя она доступна только анализу, но не воображению.

Из таблицы 1 теперь ясно, что при переходе к  $R_5, R_6$  и т. д. все операции кроме тождества, отражения и вращения, будут вообще операциями сложной симметрии или составными; при четном числе  $(2n)$  движений они будут состоять из  $n$  вращений, а при нечетном  $(2n+1)$  — из  $n$  вращений и одного отражения.

§ 8. Номенклатура и обозначение операций. Термины операций разных пространств  $R_n$  каждой строки таблицы 1 естественно сохра-



няются одинаковыми. Первые 3 термина вполне удовлетворительны. Тожество 1, дает всюду совместимые фигуры; отражение,  $P$ , дает зеркальные, несовместимые фигуры; вращение дает совместимые фигуры. Термин сложной симметрии по вышеуказанным мотивам можно сохранить лишь в качестве общего понятия, объединяющего все составные операции как зеркальное вращение, двувращение и другие; для каждой же отдельной сложной операции необходим особый термин.

Далее, зеркальное вращение в  $R_3$  дает, как известно, несовместимые фигуры; в  $R_4, R_5$  и т. д. для выяснения вопроса о совместимости, будем увеличивать порядок составляющего вращения  $n$  до  $\infty$ , тогда элементарный угол вращения будет бесконечно уменьшаться, и операция, состоящая из вращения и отражения, сведется в пределе к одному отражению, что доказывает несовместимость фигур.

Следующая строка дает двувращение; уменьшая одно вращение, сведем операцию двувращения в пределе к другой его составной части, к вращению, что доказывает совместимость фигур.

Ниже операция с 5 минусами состоит из двувращения и отражения и будет зеркальным двувращением; тем же методом обнаруживается несовместимость фигур.

При рассмотрении дальнейших операций очевидно остается делать числовые прибавки: три —, четыре —, пяти — и т. д. к терминам вращение (совместимые фигуры) и зеркальное вращение (несовместимые), чередуя последние, что достаточно выражает основные свойства операций.

При обозначении операций и их элементов симметрии символами необходимо: во-первых, отмечать элементы совмещающие и несовмещающие (зеркальные) разными буквами; во-вторых, отмечать мерность пространства  $r$ , к которому относится элемент; в третьих, указывать в элементах сложной симметрии порядки как составных частей, так и целого, и в четвертых, держаться возможно ближе к общепринятым обозначениям. Для простых элементов можно принять символы: элемент тождества для  $R_r$  —  $1, {}^1 1, {}^2 1, {}^3 1, \dots, {}^r 1$ ; элемент отражения для  $R_r$  —  ${}^1 P, {}^2 P, {}^3 P, {}^4 P, \dots, {}^r P$ ; элемент вращения  $m$  порядка для  $R_r$  —  ${}^2 L^m, {}^3 L^m, {}^4 L^m, \dots, {}^r L^m$ ; цифры сверху слева означают пространство, справа — порядок; элемент вращения 1-го порядка (на  $\angle 2\pi$ ) равен тождеству  ${}^r L^1 = {}^r 1$ ; нотация зеркального вращения (оси сложной симметрии I рода,  $L_{2n}$ , II рода  $L'_{2n}$ ) не удовлетворяет 1-му и 3-му условиям и притом очень мало распространена в литературе. Элементы зеркального вращения как зеркальные следует обозначать, исходя из буквы  $P$ , а не  $L$ .

Одна составная часть операции зеркального вращения, отражение, всегда имеет порядок 2-й, неразрывно связанный с символом  $P$ , другая составная часть, вращение, имеет любой порядок  $n$ , отмечаемый цифрой

справа внизу; порядок же всей операции в целом,  $m$ , отмечается справа сверху.

Порядок есть число операций, приводящих точку в исходное положение (тождество); в сложных элементах это достигается, когда все составные операции одновременно приводят свои проекции данной точки в исходное положение, например при зеркальном вращении с вращением порядка  $n=3$ , после трех операций ( $2\pi$ ) проекция вращения достигает тождества (фиг. 3), а отражения — нет, и совпадение наступает лишь после 6-й операции; следовательно, порядок  $m$  должен быть наименьшим кратным составных порядков: 2 и  $n$ . Отсюда получаем ряд зеркального вращения например для  $R_3 — {}^3P_1^2, {}^3P_2^2, {}^3P_3^6, {}^3P_4^4, {}^3P_5^{10}, {}^3P_6^6, \dots, {}^3P_n^m$ ; причем  $P_1^2$  отвечает повороту на  $\frac{2\pi}{1} = 360^\circ$  плюс отражение, т. е. равно отражению,  ${}^3P_1^2 = {}^3P$ ;  ${}^3P_2^2 = C$ ;  ${}^3P_3^6$  — ось сложной симметрии II рода,  ${}^3P_4^4$  и  ${}^3P_6^6$  — оси сложной симметрии I рода.

То же правило кратности  $m$  относительно составных порядков сохраняется для всех сложных элементов, причем всюду под  $P$  разумеется порядок 2, например  ${}^4L_{4.3}^{12}, {}^6L_{6.4}^{12}, {}^4P_7^{14}, {}^5P_{5.4}^{20}$ .

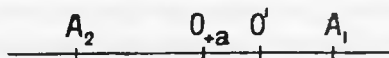
Все данные сведены в таблице 2. Цифры 0, 1, 2, 3 . . . в таблице 2 определяют элементы симметрии: точка  $R_0$ , прямая  $R_1$ , плоскость  $R_2$  и т. д. (см. § 9).

Здесь возможны упрощения: если пространство  $R_r$  известно, можно отбрасывать его значек; например для  $R_3: P, L^m, P_n^m$ ; а в сложной симметрии можно отбрасывать кратное  $m$ , когда оно легко рассчитывается и например вместо  $P_2^2, P_3^6, P_4^4, P_6^6, P_{2.2}^2, P_{4.2}^4, L_{2.2}^2$  и т. д. писать  $P_2, P_3, P_4, P_{2.2}, P_{4.2}, L_{2.2}$  и т. д. Инверсия, меняющая все знаки на осях, в различных  $R_n$  тождественна с  ${}^01, {}^1P, {}^2L^2, {}^3P_2, {}^4L_{2.2}$ , и т. д. давая поочередно то совместимые, то несовместимые фигуры. Отдельные операции, например вращение на  $90^\circ$  влево, можно обозначать так: —  $L^4$ , на  $60^\circ$  вправо  $+L^6$ , на  $60^\circ$  влево —  $L^6$  и т. д. Для  $L^2: +L^2 = -L^2$ .

§ 9. Геометрический смысл элементов симметрии. На прямой  $R_1$  точки  $A_1(x_1)$  и  $A_2(x_2)$  (фиг. 4) связаны отражением в точке  $O$  по формуле

$$x_1 = -x_2; \dots\dots\dots (4)$$

Если перенести начало координат в точку  $O'(+a)$ , новые координаты будут:  $A_1(x_1')$  и  $A_2(x_2')$ .



Фиг. 4.

Сохранится ли формула при подстановке новых координат:  $x_1' = -x_2'$ ?

$R_0$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R^r$
тождество 0 01	тождество 1 11	тождество 2 21	тождество 3 31	тождество 4 41	тождество 5 51	тождество $r$ $r1$
	отражение 0 1P	отражение 1 2P	отражение 2 3P	отражение 3 4P	отражение 4 5P	отражение $r-1$ $rP$
		вращение 0 2L <sup>m</sup>	вращение 1 3L <sup>m</sup>	вращение 2 4L <sup>m</sup>	вращение 3 5L <sup>m</sup>	вращение $r-2$ $rL^m$
			зеркальное вращение 0 3P <sub>n</sub> <sup>m</sup>	зеркальное вращение 1 4P <sub>n</sub> <sup>m</sup>	зеркальное вращение 2 5P <sub>n</sub> <sup>m</sup>	зеркальное вращение $r-3$ $rP_n^m$
				двувращение 0 4L <sub>n.k</sub> <sup>m</sup>	двувращение 1 5L <sub>n.k</sub> <sup>m</sup>	двувращение $r-4$ $rL_{n.k}^m$
					зерк. двувращение 0 5P <sub>n.k</sub> <sup>m</sup>	зерк. двувращение $r-5$ $rP_{n.k}^m$
						тривращение $r-6$ $rL_{n.k.l}^m$
						зерк. тривращение $r-7$ $rP_{n.k.l}^m$
						четыревращение $r-8$ $rL_{n.k.l.o}^m$
						зерк. четыревращение $r-9$ $rP_{n.k.l.o}^m$
						пятивращение $r-10$ $rL_{n.k.l.o.p}^m$

Подставляя в (4) значения по обычным формулам преобразования  $x_1 = a + x_1'$ ;  $x_2 = a + x_2'$ , получим:  $a + x_1' = -a - x_2'$  или  $2a + x_1' = -x_2'$ ; формула (4) изменилась, т. е. инвариантности нет (см. § 6). Если же исследовать операцию тождества, 1, с формулой  $x_1 = x_2$ , то при той же подстановке получим:  $a + x_1' = a + x_2'$  или  $x_1' = x_2'$ ; формула, выражающая связь  $S_2$  и  $S_2'$ , не изменилась, т. е. операция, 1, инвариантна относительно передвижения системы координат по прямой  $R_1$ ; это — простейший случай алгебраического доказательства инвариантности.

Геометрически очевидно, что для  ${}^2P$  в  $R_2$  систему можно передвигать по прямой отражения, не меняя связи между симплексами  $S_2$  и  $S_2'$ , но нельзя вращать, а для  ${}^2L^n$  можно вращать вокруг точки  $O$ , но нельзя передвигать. В  $R_3$  для  ${}^3P$  систему координат можно как угодно двигать и вращать по плоскости отражения, не меняя наклона системы координатных осей к плоскости отражения; для  ${}^3L^m$  можно двигать только по прямой (оси) вращения  $z$  и вращать вокруг нея; для  ${}^3P_n$  — нельзя никуда передвигать начало из точки  $O$  и можно только вращать вокруг точки  $O$  в одной плоскости; для  ${}^3P_2 = C$  можно вращать вокруг  $O$  как угодно.

Таким образом можно сказать, что элемент симметрии есть образ инвариантности, т. е. такая точка  $R_0$ , или прямая  $R_1$ , или плоскость  $R_2$ , или  $R_3$ , вообще  $R_n$ , в которой можно передвигать и вращать систему осей координат, не меняя связи между фигурами  $S$  и  $S'$ .

По таблице 2 этот образ  $R_n$  определяется из символа; например  ${}^5L_{3,2}$  — из 5 осей  $R_5$  вычитаем по 2 на каждое составное вращение:  $5 - 2 \times 2 = 1$ , получая  $R_1$ , а в случае, например  ${}^5P_{3,2}$  еще вычитаем 1 на отражение:  $5 - 4 - 1 = 0$ ; имеем  $R_0$ .

Эти значения  $n$  для образа  $R_n$  или элемента симметрии каждой операции, указаны в таблице 2 под каждым термином в виде целых чисел слева.

§ 10. Вывод операций бесконечных систем фигур. В § 6 было намеренно допущен пропуск, а именно обобщение операций по признаку инвариантности было начато только с  ${}^2L^m$ .<sup>01</sup> в  $R_0$  ничего не дает, но тождество  $\pm 1$  в  $R_1$  (см. § 9) инвариантно относительно передвижения по  $R_1$ , т. е. его образ инвариантности есть  $R_1$ , следовательно, если мы выведем  $S_2'$  из совмещения с  $S_2$  и передвинем по  $R_1$  на отрезок  $b$ , то получим новую операцию; ее формула связи  $x_1 = x_2 + b$ , она инвариантна, ибо  $a + x_1' = a + x_2' + b$  дает  $x_1' = x_2' + b$ ; эта общая операция и есть поступание, а тождество есть частный случай поступания при  $b = 0$ .

Прибавляя к  $S_2$  и  $S_2'$  связанным поступанием, точки  $y_1$  и  $y_1$  с одинаковыми знаками по оси  $y$ , получим поступание в плоскости, а прибавляя  $y_1$  и  $\bar{y}_1$  — скользящее отражение вдоль  $R_1$ .

В  $R_3$  из поступания в  $R_2$  получим поступание в  $R_3$  и зеркальное скользящее вдоль  $R_2$ , а из скользящего вдоль  $R_1$  — скользящее вдоль  $R_1$ .

и винтовое движение или скользящее вращение вдоль оси  $R_1$  2-го порядка, которое аналогично обобщается на любой порядок  $n$ .

Итак, из четырех элементов конечной симметрии  $R_3$  только первые три имеют аналогов в бесконечной симметрии:  $^3I$  с образом инвариантности  $R_3$  дает поступание,  $^3P$  с  $R_2$  — скользящее отражение,  $^3L^m$  с  $R_1$  — скользящее вращение, а  $^3P_n$  с образом в виде точки  $R_0$  не может дать ничего. В  $R_4$  аналогично выводится скользящее вдоль  $R_1$  зеркальное вращение, в  $R_5$  скользящее вдоль  $R_1$  двувращение и т. д.

§ 11. Заключение. Симметрические операции одного пространства обладают, как известно, сочетательной связью и могут сочетаться между собой, так сказать, в горизонтальном направлении, в группы, образуя виды (классы) симметрии, конечные и бесконечные.

В вертикальном же направлении, при переходе к низшему или высшему пространству, симметрические операции обнаруживают особого рода генетическую связь, которая объединяет их в одну неразрывную систему.

Продольное и поперечное сечения элемента симметрии  $R_n$  плоским образом  $R_{n-1}$  вообще дает два разных элемента низшего пространства  $R_{n-1}$  и, наоборот, постройка новой оси к элементу  $R_n$  и двух отрезков на ней с равными или разными знаками дает всегда два различных элемента высшего пространства  $R_{n+1}$ ; эта связь позволяет произвести полный вывод возможных операций и дает более глубокие основания для выработки номенклатуры симметрических операций и символов элементов симметрии.

## D. K. Motzok. Verbindung und Ableitung der möglichen Deckoperationen

### Résumé

Eine digonale Achse  $L_2$  mit einem Paar ihr entsprechender dreidimensionaler Figuren kann man mit einer Ebene auf zweierlei Art schneiden; wenn diese zu  $L_2$  senkrecht steht, erhält man einen Punkt  $L_2$  im zweidimensionalen Raume  $R_2$ ; wenn die Schnittebene durch  $L_2$  führt, erhält man eine Spiegelungsgerade  $P$  im  $R_2$ .

Umgekehrt lässt sich ein Element im  $R_n$  ( $P$  im  $R_2$ ) in zwei verschiedene Elemente ( $P$  und  $L_2$  im  $R_3$ ) des höheren Raums  $R_{n+1}$  restaurieren und man kann also mehrdimensionale Operationen ableiten.

Es ist möglich die Gesamtheit der  $n$  gleichen einer Drehungsachse  $L_n$  entsprechenden Figuren um und parallel  $L_n$  zu drehen und zu versetzen ohne den Zusammenhang der Figuren zu ändern. Dieses Invariantprinzip gilt mutatis mutandis für alle Deckoperationen (wie z. B. Schraubenbewegung usw.) und umgekehrt jede in einem gewissen Sinne invariante Bewegung ist als eine Operation endlicher oder unendlicher Ordnung zu betrachten.

Н. И. Березкин

## Минералогический очерк Якутской республики

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 19 декабря 1929 года)

### Краткий исторический очерк

Якутская республика изучена очень мало. Научные экспедиции, побывавшие в пределах Якутии в XVIII и XIX столетиях, свидетельствуют нам своими донесениями и отчетами о той исключительно тяжелой обстановке, в какой им пришлось побывать в данном крае и о том громадном влиянии, которое эта обстановка оказывала постоянно не только на благоприятный исход самых экспедиций, но и на их характер.

Обращаясь к истории научного обследования Якутской республики в геолого-минералогическом отношении, нельзя не отметить того обстоятельства, что число пройденных маршрутов по сравнению с размерами самой территории весьма и весьма незначительно, причем маршруты эти приурочены главным образом к водным путям сообщения как единственно жизненным артериям края и относительно удобным путям для передвижения.

Наиболее изученной частью территории является та часть ее, которая занята бассейнами рр. Лены и Вилюя. Эти две реки, располагаясь выгодно в географическом отношении, оказываются наиболее доступными для исследователей, а поэтому на их долю выпало и наибольшее число научных экспедиций.

Отметим в хронологическом порядке различные экспедиции, изучавшие Якутский край.

1733—1744 гг. экспедиции Прончищева и Лассиниуса, входивших в состав Большой сибирской научной экспедиции под руководством В. Беринга и плававших: первый по р. Лене и Ледовитому океану к западу от нее (Прончищев впоследствии был заменен Челюскиным), а второй — по Ледовитому океану от устья Лены на восток (Лассиниус потом за смертью был заменен Дм. Лаптевым).

1733—1744 гг. экспедиция И. Г. Гмелина, проехавшего через Сибирь и побывавшего в Якутии.

1763—1764 гг. экспедиция серж. Андреева, плававшего по Ледовитому океану и открывшего Медвежьих островов.

1787 г. экспедиция кап. Биллингса и лейт. Сарычева, предпринявших путешествие из Ледовитого океана Беринговым проливом в Великий океан.

1790 г. экспедиция Э. Лаксмана, открывшего знаменитое месторождение графитовых слюдяных сланцев на р. Вилюе в Якутии.

1803 г. экспедиция М. Ф. Адамса, плававшего вниз по р. Лене к месту нахождения мамонта на морском берегу близ дельты Лены у Быкова мыса.

1809—1811 гг. экспедиция М. М. Геденштрома, ездившего для осмотра и описания Ляховских островов.

1820—1824 гг. экспедиция бар. Ф. Врангеля и лейт. Анжу, принявших на себя труд обследования и описания берега Ледовитого океана; первый — от устья р. Колымы до Берингова пролива, а второй — по обе стороны р. Яны.

1843—1846 гг. экспедиция акад. А. Миддендорфа, посетившего Якутскую область с целью всестороннего научного ее обследования.

1849—1852 гг. экспедиция подполк. Ахте, проехавшего совместно с гори. инж. Н. Г. Меглицким, Кованько и астрономом Шварцем по Становому хребту с целью определения границ с Китаем и местонахождения золотых россыпей в Амурском крае.

1851 г. экспедиция К. Н. Вейцеля, ездившего в Вилюйский округ для обследования Кемпендяйских и Багинских соляных источников.

1854 г. экспедиция Р. К. Маака, всесторонне обследовавшего Вилюйский округ Якутской области.

1868—1870 гг. экспедиция бар. Майделя, посетившего Чукотский край с целью его обстоятельного обследования.

1874—1875 гг. экспедиция А. А. Чекановского, побывавшего в 1874 г. на р. Оленеке, а в 1875 — проплывшего вниз по р. Лене вплоть до Булуна, с переходом затем через тундру по сухопутью к устью р. Оленека и обратно.

1878—1879 гг. экспедиция проф. А. Э. Норденшильда, изучавшего северные восточные водные пути сообщения и обследовавшего северное побережье Азии.

1881—1885 гг. экспедиция Н. Д. Юргенса, плававшего по р. Лене с целью устройства временной магнитно-метеорологической станции у устья Лены.

1885—1886 гг. экспедиция бар. Э. Толля и А. Бунге, обследовавших области р. Яны и Новосибирские острова.

1891 г. экспедиция И. Д. Черского, ездившего для исследования области р. Колымы, Яны и Индигирки.

1893 г. экспедиция бар. Э. В. Толля и Е. И. Шелейко, исследовавших место нахождения трупа мамонта в тундре к востоку от р. Яны.

1894—1896 гг. Сибирская экспедиция, в составе В. Богораза, Н. Л. Геккера, В. Е. Гориновича, В. М. Ионова, С. Ф. Ковалина, В. В. Ливадина, А. И. Некрасова, Е. Д. Николаева, Г. Ф. Осмоловского, Н. С. Слепцова и С. В. Ястремского, обследовавшая Якутскую область в этнографическом и других отношениях.

1896—1897 гг. Алданская экспедиция инж. С. Я. Подьяконова, изучавшего верховья р. Алдана и среднее течение р. Олекмы с целью постановки приисковых работ.

1900—1902 гг. Русская полярная экспедиция бар. А. Э. Толля на „Заре“ обследовавшая Ледовитый океан вокруг Новосибирских островов, а также и о-ва Бенетта.



1901 г. Березовская экспедиция О. Ф. Герпа, ездившего на р. Березовку Колымского округа для раскопки мамонта.

1902 г. экспедиция П. В. Оленина, побывавшего на р. Амге, притоку Алдана, и экспедиция лейт. А. В. Колчака, обследовавшего Новосибирские острова.

1903 г. Нелькан-Аянская экспедиция В. Е. Попова, занимавшегося изысканием нового пути между Аянским портом и урочищем Нелькан на р. Мае.

1905 г. экспедиция П. В. Оленина, изучавшего Верхоянский хребет.

1906 г. экспедиция инж. С. Ф. Малавкина, ездившего в Вилюйский округ для обследования Кемпендйских и Багинских соляных источников.

1907 г. Сунтарская экспедиция П. Л. Драверта и П. В. Оленина, обследовавших Сунтарский соленосный район Вилюйского округа.

1908 г. экспедиция К. А. Воллосовича, ездившего для раскопки мамонта, обнаруженного на р. Санга-Юряхе, а также для обследования побережья между устьями рр. Индигарки и Лены, Хара-Улахских гор и дополнительного исследования в группе Новосибирских островов.

1909 г. Ленско-Колымская экспедиция К. А. Воллосовича, обследовавшего северное побережье Сибири между Леной и Колымой и Чукотская экспедиция И. П. Толмачева, обследовавшего северное побережье Сибири между Колымой и Беринговым проливом. Также Гидрографическая экспедиция Г. Я. Седова, изучавшего устье р. Колымы.

1910 г. экспедиция инж. К. Егорова, побывавшего в Вилюйском округе с целью ознакомления с соляными источниками.

1911 г. экспедиция Л. А. Либермана, ездившего в Вилюйский округ для обследования золотеносности р. Вилюя.

1912 г. экспедиция В. Н. Зверева, обследовавшего долину р. Алдана в геологическом отношении. Затем Якутская экспедиция в составе: Рудницкого, К. К. Някифорова, Соколова, Г. И. Доленко, Р. И. Аболина и Дробова, исследовавших Якутскую область в почвенно-ботаническом отношении. Также и экспедиция А. Г. Ржонсницкого, изучавшего в геологическом отношении бассейны рр. Вилюя и Лены.

1913 г. экспедиция А. Г. Ржонсницкого, обследовавшего бассейны рр. Вилюя и Лены в геологическом отношении, и экспедиция В. Н. Зверева, обследовавшего долину р. Май и низовья Алдана в геологическом отношении.

1915 г. экспедиция А. Г. Ржонсницкого, изучавшего геологическое строение рр. бассейнов Вилюя и Лены.

1916 г. Вилюйская экспедиция в составе геологов В. Н. Зверева и А. Г. Ржонсницкого и минералога П. Л. Драверта, обследовавших в геологическом и минералогическом отношениях южную часть Вилюйского округа.

1924 г. Вилюйская экспедиция в составе В. Н. Зверева и Е. Н. Барбот-де-Марни, изучавших условия золотеносности Вилюйского района.

1925 г. Алданская экспедиция в составе В. Н. Зверева и инж. Серпухова, изучавших геологическое строение Алданского золотеносного района.

1925—1928 гг. ряд экспедиций, организованных Академией Наук по инициативе и при поддержке правительства Якутской АССР для исследований и изучения этнических и естественно-производительных сил Якутского края.

Кроме того, изучением Якутского края занимались: П. С. Паллас, О. В. Маркграф, Н. И. Майнов, Ф. А. Матисен, А. Павловский, Фигурин, Хитров, В. Л. Серопевский, Э. К. Пекарский, П. Кларк, В. С. Реутовский, Сикорский, Я. В. Стефанович, Ф. Августиневич и др.

Большая часть экспедиций имела почти исключительно рекогносцировочный характер, при чем все участники их вольно или невольно были проникнуты духом энциклопедизма и конечно в силу этого и фактически и морально не были в состоянии добывать исчерпывающих материалов по отдельным узко специальным вопросам различных областей науки вообще и минералогии в частности.

Особенно много потеряла минералогия Якутии от того, что в одну из перечисленных экспедиций прошлых столетий не входил специалист-минералог.

Только в начале текущего столетия минералогу П. Л. Драверта наконец удалось побывать, первоначально в 1907 г. совместно с П. И. Олениным, в Сунтарском соленосном районе Вилюйского округа, а затем в 1916 г. в составе геологической экспедиции В. Н. Зверева и А. П. Ржонсницкого и в других местах того же округа Якутской республики.

С этого времени минералогия Якутии получила толчок вперед в настоящее время, благодаря работам того же П. Л. Драверта, находится на пути своего развития.

### Описание минералов отдельных районов

Все существующие описания минералов Якутского края в большинстве случаев сводились к краткому перечню сведений и указанию обыкновенно без всякой связи с геологией месторождения. Настоящий краткий минералогический очерк есть первая попытка исправить этот недостаток, так как для многих месторождений геологическая характеристика уже может быть установлена, если и не точно, то в пределах того схематического представления, которое уже имеется в геологической истории отдельных областей и возрастных отношений отдельных геологических образований.

По своему географическому и геологическому характеру вся территория Якутской республики складывается из следующих четырех основных частей:

- I. — Лено-Вилюйская золотоносная область;
- II. — Северозападная область;
- III. — Северовосточная область, и
- IV. — Алданская золотоносная область.

#### I. Лено-Вилюйская золотоносная область

Границы этой области определяются на севере, востоке и юге сравнительно легко, тогда как на западе проведение их возможно лишь условно, что объясняется недостатками геологической истории Сибири.

вообще и Якутской республики в частности. В общем же можно отметить, что Вилюйско-Оленекский и Оленекско-Ленский водоразделы на севере, р. Лена, от устья и до впадения в нее р. Алдана, а также нижнее течение р. Алдана — на севере, северо-востоке и востоке и, наконец, среднее течение р. Алдана, от поворота ее на восток, — на юге, являются естественными границами описываемой области, тогда как на западе приходится допустить искусственную границу, придерживаясь территориального отмежевания Якутской республики.

С административной точки зрения в описываемую область входят: Вилюйский округ полностью, небольшая западная часть Верхоянского округа, северозападная часть Якутского округа и северная часть Алданского и Олекминского округов.

Знакомясь с *геологическим* строением Лено-Вилюйской золотоносной области мы находим здесь отложения кембрия, силура, пермокарбона, юры, мела и постплиоцена, а из изверженных пород — сибирские траппы с их переходами от авгитовых порфиритов до диабазов и базальтов.

При современном состоянии наших знаний о геологии Лено-Вилюйской золотоносной области, последняя вырисовывается в нашем представлении как юговосточный край Сибирского щита или Сибирской платформы, основанием которой служат собранные в складки кристаллические породы докембрийского возраста, а на их размытой поверхности — палеозойские и мезозойские морские и пресноводные отложения, сопутствуемые внедрениями и покровами траппов. Такое предположение подтверждается наиболее полными и весьма ценными данными о распространении и составе палеозоя и мезозоя в районе их залегания, добытыми геологами В. Н. Зверевым и А. Г. Ржонсницким и минералогом П. Л. Дравертом при исследовании ими бассейнов рр. Лены, Алдана и Вилюя, и оно будет принято нами за основу при описании минералов Лено-Вилюйской золотоносной области.

В *орографическом* отношении Лено-Вилюйская золотоносная область представляет плоскую возвышенность, почти со всех сторон опоясанную системой более или менее значительных поднятий. Эти поднятия достигают значительной высоты на северо-востоке, востоке и юге, ниже они на западе и северо-западе и еще ниже на севере. На западе и северо-западе плоская возвышенность постепенно повышается, при чем здесь появляются отдельные столовые высоты, самых разнообразных форм и размеров, сложенные из более твердых пород — сибирских траппов. Вся возвышенность изрезана долинами рек, а восточнее гор. Вилюйска изобилует озерами.

В отношении растительности область представляет господство леса, а по речным поймам встречаются луга, особенно на месте высохших или искусственно спущенных в реки озер.

Передвижение по области весьма затрудняется отсутствием хороших дорог. Летом оно вьючное на лошадях или оленях, а зимою — на нартах. Водные пути не везде одинаково удобны: во-первых, из-за отсутствия лодок, а во-вторых, из-за порогов на больших реках.

По берегам рек имеются в большом количестве естественные обнажения геологических образований.

С минералогической точки зрения Лено-Вилуйская область изучена несколько лучше, особенно Вилуйский округ, чем другие области Якутской республики. Мы имеем здесь нижеследующие минералы.

### 1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Из самородных элементов здесь встречаются золото, платина и сера. Сера, по наблюдениям П. Л. Драверта (48, стр. 6),<sup>1</sup> выделяется в виде белой порошковатой массы из соляных источников, содержащих сероводород, по р. Булгуннях, правому притоку р. Наманы, также со стороны серно-железистого источника близ переправы через р. Хатын-Юрях, притока той же Наманы, и, наконец, из аналогичного ключа на левом берегу р. Кемпендяй ниже соляных источников. Кроме того сера известна также из окрестностей горы Мангарырхая в нижнем течении р. Ыгетты и, как продукт разложения марказита, с Кангаласского Камня на Лене вблизи Якутска.

Если сера перечисленных месторождений и не играет большой роли, то нельзя сказать того же про золото и платину.

Честь открытия золота в бассейне р. Вилуя приписывается золотому промышленнику Соловьеву, который, как отмечает В. А. Обручев (85, стр. 415) со слов П. А. Харитонова, ещё в 80-х годах разведывал золото на Багинском соляном ключе, впадающем в р. Кемпендяй, правый приток р. Вилуя, и обнаружил здесь пласт галечника с содержанием золота в 8—12 ‰, но так как этот пласт оказался слишком тонким (4—8 см), то и открытие Соловьева было оставлено без внимания. После этого, уже только в 1908—1910 гг. жители с. Башкирского (или Ново-Александровского), расположенного в 7—8 км выше с. Сунтар, наконец, обнаружили хорошее золото на одной из кос правого берега Вилуя в 3—4 км выше селения, а также и в других косах обоих берегов выше по течению. С этого времени на Вилую и началась золотая „заявочная горячка“. Известие о найденном золоте быстро распространилось, и на Вилуе

<sup>1</sup> Цифры в скобках, по большей части позади фамилий авторов, указывают на помещенный в конце статьи список цитированной литературы.

нахлынули поисковые партии Фризера, Ленского т-ва, и др., в результате чего уже в 1915 г. имелось 443, а в 1918 г. — 923 заявки на золото.

Золото в Вилюйском округе распространено главным образом в косах по р. Вилюю и по низовьям его притоков в пределах от Мархи до Ахтаранды, а в последнее время оно обнаружено по р. Тонго, по ее левому притоку Дальгыру и по правому берегу Вилюя от Тонго до Вилюйска, а также по р. Тюнге (Академическая экспедиция летом 1926 г. обнаружила признаки золота) и по р. Чоне (92, стр. 47). Кроме того у П. Л. Драверта (48, стр. 5) имеется указание на незначительные находки золота в россыпи по р. Сеgetян, берущей начало в Хараулахском хребте и впадающей в Лену с правой стороны в 58 км ниже с. Будун, а также в кварцевых жилах в валунах черного кремнистого сланца в урочище Уоттах-Хая на Лене выше Жиганска.

Во всех этих долинах золотопромышленность ограничивается лишь промывкой кос, из которых все более или менее значительные золотоносны. Отдельные косы иногда достигают нескольких сот метров в длину, нескольких десятков метров в ширину и 3—4 м мощности. Золото в косах распределено неравномерно, а отдельными обогащенными полосами и гнездами. Вообще же по содержанию золота одни косы богаче, другие беднее, но абсолютно пустых среди них нет. Обычно, содержание золота меняется от 0.8 до 1.3 г на тонну и в редких случаях до 2.5 г на тонну. Старательская практика, как отмечает В. Н. Зверев (91, стр. 551) считает наиболее богатыми по Вилюю косы, расположенные между сел. Вилючан и Крестяхским порогом, а также между складом Крюкова (уроч. Тенька) и устьем р. В. Нюрчугу и наконец против устья Хатыню-рях и Илигира.

Вилюйское золото высокопробно, но чрезвычайно мелко, тонкопластинчато, почти плавуче; самые крупные пластинки его не более 0.5 мм. Такая мелкость золота обуславливает собой, повидимому, очень большой снос при промывке на примитивных бутарах.

Относительно происхождения вилюйского золота в настоящее время можно считать установленным, что вилюйское золото в современных реках и речках получается благодаря размыву верхне- и нижне-мезозойских конгломератов, которые содержат рассыпное золото, хотя и в небольшом количестве. Реки, размывая конгломераты своих берегов, переносят золото быстрым течением воды во время половодья и отлагают его в косах, образующихся по причине замедленного течения на изгибах у выпуклых берегов и в расширениях. Такое предположение находит себе подтверждение как в неравномерности содержания золота в пределах одной и той же косы (например, в участках наибольшей работы волн содержание кос возрастает), — так и в возобновлении золотоносности кос через каждые 2—3 года. Однако, конгломераты лейаса сами не

являются коренным месторождением золота, они представляют только россыпи юрского времени, обогащенные золотом благодаря размыву еще более древних коренных месторождений. Эти коренные месторождения золота для Вилюйского района пока еще не обнаружены, но есть основание предполагать, что они связаны с так называемыми Сибирскими траппами, которые широко развиты в бассейне р. Вилюя и в которых химическими анализами обнаружено присутствие золота. Так например лабораторными пробами траппов, с гряды „Капчан“ на р. Ыгетте с более или менее значительными вкраплениями пирита, произведенными в 1917 г. в Химической лаборатории Петербургского горного института горн. инж. И. Шматько, было установлено весовое содержание золота в 2 г на тонну породы. Равным образом признаки золота были обнаружены и при пробах, выполненных в 1923 г. Н. Н. Подкопаевым, над диабазами Крестовой горы с Ахтаранды, в 8 км выше ее впадения в Вилюй (90, стр. 559).

Что касается практического значения золотых россыпей Вилюя, то нельзя не согласиться с мнением В. А. Обручева, который находит, что вопрос о возможности промышленной, а не кустарной разработки золотоносных россыпей Вилюйского района еще не достаточно выяснен.

Платина встречается здесь в чрезвычайно мелких круглых зернах, имеет в массе темно-стальносерый цвет и благодаря этому с трудом обнаруживается. Вилюйская платина замечательна высоким содержанием в ней родия. В общем по анализу, сделанному в Германии, она имеет такой состав: платины 65.71%, иридия 4.37%, родия 3.37%, осмистого иридия и рутения 12.40% и остальных (железо и др.) 14.15%. Наиболее богатыми по содержанию платины считаются косы Вилюя выше Крестьянского порога у урочища „Хангаласана“, а также коса левого берега Вилюя ниже склада Крюкова (91, стр. 181). В Якутском же округе платина встречается по речкам Синяя и Намана (76, стр. 99), левым притокам Лены. Относительно коренных источников платины существует предположение по аналогии с Енисейскими месторождениями о вероятной связи их с оливиновыми разностями траппов; так например, в образцах руд Норильского месторождения,<sup>1</sup> присланных в Геологический комитет в 1922 г. Н. Н. Урванцевым, как сообщает Н. К. Высоцкий (83, стр. 239), было определено Б. В. Карповым содержание 1.47% меди и 1.05% никкеля, а Н. Н. Подкопаевым сухими пробами, сделанными в 1923 г., — содержание: Pt 344 г, Pd 4.9 г, Au 151.5 г в тонне траппа с вкрапленностью руд. Такое обстоятельство несомненно имеет колоссаль-

<sup>1</sup> Месторождение это находится на правом берегу р. Енисей километрах в 10 к юго-востоку от Усть-Енисейского порта.

ное значение, так как оно указывает на возможное существование богатейших запасов платины в Лено-Вилюйском золото-платиноносном районе, расположенном на юговосточной окраине распространения траппов.

## 2. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сернистые соединения в смысле их разнообразия представлены сравнительно бедно.

Пирит и марказит — вот два представителя этого класса; они образуют конкреции в мезозое, а первый также вкрапления в траппах. А. Г. Ржонсницкий (73, стр. 213) отмечает, что особенно обильные скопления сернистого железа сосредоточиваются в отложениях бассейнов рр. Вилюя и Лены на границе с палеозоем, где они выкристаллизовались в форме пирита. Помимо А. Г. Ржонсницкого о широком распространении сернистого железа на территории Лено-Вилюйской золотоносной области свидетельствуют также и другие исследователи, так например: Злобин (8, стр. 29) указывает на вкрапления серного колчедана в железистых охрах по р. Лене между устьем р. Б. Ботамы и станцией Бестяхской, а также на пути от сел. Булун к Устьянску. Хитров (13, стр. 59) также отмечает обильные скопления железного колчедана по обоим берегам р. Лены, начиная от Жиганска и до самого ее устья. Фигурин (2, стр. 268) указывает на железный колчедан в виде накипи как на своеобразное украшение пещер в утесистых берегах Тас-Ары (Каменный остров в устье р. Лены). По А. Л. Чекановскому (33, стр. 210) почкообразный пирит иногда встречается на утесе Баханай, а также обильно попадается в виде плоских желваков около Тувгус-апата (33, стр. 217). Г. И. Доленко (54, стр. 212) указывает на обильное скопление пирита в виде шаровидных и гроздевидных конкреций различной величины, нередко достигающей 10—15 см в диаметре в сером песчанике на Кангалассе, близ Якутска. Р. И. Аболин (55, стр. 230) отмечает находки почкообразного пирита в песчаниках по р. Лене в 18 км выше Якутска, около деревни Табаги, а также серный колчедан найден им в виде больших кусков в песчаниках и по речке Кемкея в районе Вилюйского тракта (55, стр. 232). П. Кларк (17, стр. 9, 27) говорит, что берега Вилюя усыпаны сернистым железом, часто попадающим в виде шаров величиною от картечи до ядра (до 5 кг). Р. К. Маак (24, стр. 334) упоминает об обильных включениях серного колчедана в пластах бурого угля по левому берегу Кемпендяя (Кемпендяя), объясняя самовозгорание бурых углей разложением именно этого колчедана, — а также, как на особенно богатые скопления серного колчедана, он указывает на невысокое обнажение на левом берегу Кемпендяя, между Кемпендяйским соляным ключом (в 1 км по прямой дороге) и устьем р. Джоокор, где серный колчедан в большом количестве залегает в рыхлой глине желтого цвета.

Кроме этого П. Л. Драверт (48, стр. 6,7) сообщает о находках пирита в виде кубических кристаллов и ветвистых образований по трещинам силурийского известняка на берегу Наманы в ур. Ханчитат-гас; в виде кубических кристаллов в известняках на берегу Наманы близ устья Малого Тарына; в виде конкреций тонкозернистого сложения, содержащих мышьяк, в песчаниках Волжского яруса в ур. Хоронно по левому берегу Лены, в 60 км ниже Жиганска; в виде кубических кристаллов в кремнистом сланце в ур. Чубучон близ устья р. Севетян; в известняке в ур. Хатыстах на левом берегу р. Лены ниже Булуна, также по р. Натаре, притоку Лены, и наконец, в виде сростков кубических кристаллов в пустотах диабазы по р. Чубукулах, правому притоку Лены ниже Булуна.

Что же касается марказита, то, хотя подразделение серных колчеданов на пириты и марказиты на основании научного исследования никем еще и не произведено, все же можно отметить, что он, по словам К. К. Никифорова (64, стр. 30), встречается в большом количестве по берегам р. Чоны; В. Н. Зверев же (72, стр. 458) указывает на бурные конкреции марказита, встречающиеся в Вилюйских терассах, а А. П. Ржонсницкий (73, стр. 210, 211) отмечает многочисленные находки шарообразных конкреций марказита в песчаниках на правом берегу Вилюя непосредственно ниже устья Большой Нюкчуку. Кроме того П. Л. Драверт (48, стр. 7, 8) отмечает его находки в виде плоских, линзообразных конкреций на р. Кяикти, притоку Наманы, в 10 км от устья; в виде отчетливо образованных кристаллов и их сростков по р. Джелинда, притоку Наманы; в виде шаровидных конкреций из мезозойских песчаников, часто содержащих в себе растительные остатки, в ур. Олово на левом берегу Наманы; с реки Тюньяри — верховьях Джели, притоку Вилюя; в виде почковидных, ветвистых и других натечных форм на левом берегу Вилюя, в окрестностях с. Сунтара; в виде шаровидных конкреций из песчаников по правому берегу р. Кемпендай в 1 км ниже устья речки Джоокор; по р. Юткян, правому притоку Вилюя; по р. Кюндяй, притоку Вилюя; в виде ветвистых и других образований на правом берегу Вилюя близ селения Эльгяй; по р. Тюя, левому притоку Вилюя; в виде конкреций разнообразных форм и как окаменяющее вещество растительных и животных остатков в ур. Хоронно на Лене; в виде шарообразных конкреций в местности Кангаласский Камень на Лене выше Якутска и в виде кристаллов и конкреций на р. Симикит, правому притоку Лены, между Жиганском и Булуном.

Из вышеприведенного перечня месторождений сернистого железа можно судить, насколько обширны и богаты залежи его на территории Лено-Вилюйской золотоносной области и насколько серьезны могут быть из этого практические выводы. В 1915 г. Якутским товариществом были



сделаны заявки на семь площадей с серным колчеданом по р. Мархе (93, стр. 94, 95), но о результатах эксплуатации этих участков, к сожалению, до сего времени, никаких сведений в литературе не имеется.

Помимо серных колчеданов здесь уместным будет упомянуть еще о свинцовом блеске.

О свинцовом блеске как о серебряной руде первая заявка была сделана еще в 1748 г., когда казачий сотник Семен Шестаков объявил о найденном им месторождении по р. Вилюю, на р. Билючане (16, стр. 29), а впоследствии о находках серебристого свинца по р. Вилюю упоминает также и П. Кларк (17, стр. 27), но как в первом, так и во втором случаях месторождения обследованы не были и до сего времени остаются малоизвестными, хотя по своей важности и заслуживают полного внимания. Между прочим И. Садовников (46, № 2, стр. 14) и Л. А. Либерман (57, № 7, стр. 164) сообщают о заявках на серебряную руду также еще по р. Мархе, притоку Вилюя, и близ Мачи и ст. Тит-Ары на Лене. На этих месторождениях, по словам Л. А. Либермана, в свое время были попытки разрабатывать руду, но по каким-то причинам дело развития не получило.

В заключение можно упомянуть еще о находках свинцового блеска (галенита) в кембрийских известняках по левому берегу Лены между станциями Еланской и Тит-Аринской (48, стр. 6), а также медного колчедана (халькопирита), вкрапленного в черный углистый сланец с р. Вилюя (48, стр. 8), но сведения об этих минералах пока еще не полны и нуждаются в проверке.

### 3. ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Из галоидных соединений имеются лишь каменная соль (галит) и гидрат  $\text{NaCl}$  (криогалит).

Каменная соль о наличии которой, как замечает Р. Маак, знали еще в 1647 г. занимает безусловно после золота и платины первое место среди минеральных богатств Якутии. Исключительные по характеру залегания, несомненно громадные по количеству и весьма важные по значению, залежи каменной соли неоднократно привлекали к себе внимание исследователей и таким путем создали о себе литературу и известность. Наиболее подробное освещение каменная соль Лено-Вилюйской области нашла себе в трудах К. Н. Вейцеля (15), Р. К. Маака (24), П. Кларка (17), бар. Г. Майделя (28), П. Л. Драверта (43), С. Ф. Малявкина (47, 50), и К. Егорова (69), которые побывали здесь и затем описали соль, основываясь на собственных впечатлениях.

По данным этих исследователей выходы каменной соли и соляные ключи располагаются здесь по рр. Кемпендюю, Кюндюю и в верховьях р. Табасынга; здесь находятся известные ключи Кемпендяйский,

Багинский и целый ряд других соляных ключей и озер. Весь этот соляноносный район сложен кембрийскими отложениями, представленными красноцветной толщей песчаников, известняков и глин, являющихся в то же время и гипсоносными.

Кемпендяйская каменная соль, выходящая на дневную поверхность на правом берегу р. Кемпендяй в 100—120 км от с. Сунтар на протяжении примерно 320 м, является здесь в виде огромных скал (до 20 м высоты) и утесов, сидящих в красной мергелистой глине. Если смотреть на эти обнажения издали, то они кажутся на темном фоне горы светлыми пятнами разной величины, что объясняется тем, что утесы по большей части покрыты коркой мелкокристаллической соли ярко белого цвета, которая и придает им сходство со снежными массами. Таких пятен на всем протяжении горы К. Е. Егоров насчитал десять. Но на более близком расстоянии обнажения каменной соли имеют несколько иной вид, именно: они принимают причудливые очертания и перед глазами из общей массы выделяются утесы, глыбы и скалы каменной соли, достигающие иногда больших размеров. Каменная соль, слагающая эти скалы и утесы, пересекается мелкими трещинами, заполненными глиной, что обуславливает собою до некоторой степени и цвет самой соли, который в больших массах варьирует от розоватожелтого до краснобурого. Вообще же каменная соль снаружи грязновата и нередко содержит внутри ту самую глину, в которой она залегает. Однако, по мере проникновения в гору эта соль приобретает идеальную чистоту, а вместе с тем, несомненно, и высокую ценность.

По анализу Ю. В. Морачевского (96, стр. 21) состав соли Кемпендяйского месторождения следующий:

CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0.086
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	нет
MgCl <sub>2</sub> . . . . .	0.03
KCl . . . . .	0.04
NaCl . . . . .	ок. 100.00

Видимые и никем еще не эксплуатируемые запасы этой соли В. Н. Зверев (96, стр. 21) определяет приблизительно в 500.000 т.

Второе месторождение каменной соли, Кюндяйское, находится в 2 км на север от Кюндяя у оз. Кара-Соболах. Это месторождение по характеру залегания соли несколько отличается от Кемпендяйского. Здесь каменная соль выступает в виде двух значительной величины массивов в почти отвесном склоне горы восточного берега оз. Кара-Соболаха. Высота каждого массива в отдельности по определению К. Е. Егорова примерно равна 55 м, а длина 85 м. Выходы соли подчинены тем же красным глинам, как и в Кемпендяйском месторождении. Вторичные

образования на поверхности массивов не содержат примеси глины, почему обнажения, да и сама соль, кажутся более чистыми, нежели на Кемпендяе. Химических анализов соли Кюндяйского месторождения пока еще не имеется, но, повидимому, качество ее не ниже Кемпендяйской. Видимые же запасы этой соли В. Н. Зверев (96, стр. 22) определяет в 300.000 *т*.

Третье месторождение каменной соли, именно на правом берегу р. Табасынгоды, левом притоке р. Тонго, впадающей в р. Вилюй, освещено очень мало. Здесь выходы каменной соли заключены также в красных глинах, но о размерах их сведений нет.

Что же касается Кемпендяйского и Багинского соляных источников, то они действуют обыкновенно зимой, причем соль отделяется или путем вымерзания или же путем испарения воды весной.

Первый, Кемпендяйский источник находится на правом берегу р. Кемпендяй в 65 км от села Сунтара. Головка этого источника заключена в неглубокий сруб, в котором заметно несколько грифонов, из которых по крайней мере два выбиваются за сруб. Крепость рассола главного грифона доходит до 25%, а дебит до 1.500 л в час (96, стр. 22). Рассол, доставляемый источником, изливается по двум небольшим канавкам в огороженное забором пространство, а отсюда в озерко, имеющее два стока в р. Кемпендяй. В этом озерке по определению В. Н. Зверева (96, стр. 22) за зимний период, до мая, скопляется в среднем до 1.000 *т* соли. Проба получения здесь соли путем выварки показала, что на 8—10 чренах в течение дня можно получить до 5 *т*, следовательно в течение года около 16.000 *т* (96, стр. 22).

Второй источник, Багинский, находится на левом берегу р. Алэн-Сала в 1,5 км от впадения последней в р. Кемпендяй. Истечение рассола начинается здесь с октября и в продолжении зимы, как отмечает К. Е. Егоров (69), образует такое же отложение, как и на Кемпендяйском источнике. Крепость рассола 25%. Производительность же при современном примитивном использовании по словам В. Н. Зверева (96, стр. 23) достигает 300 *т*.

Химические анализы соли Кемпендяйского и Багинского источников, а также и из их окрестностей, приведены в таблице (см. на стр. 150).

Из других месторождений каменной соли можно отметить, по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 8, 9), следующие ее находки: кубические кристаллы, образующиеся летом из глин по р. Солянке в 27 км от г. Олекминска; порошкообразную соль в смеси с содой, из выцветов почвы г. Якутска и его окрестностей; в виде выцветов на красных глинах, по правому берегу р. Кемпендяя в 35 км выше Юрюн-Тус; в виде кристаллов, часто с воронкообразными ступенчатыми углублениями на гранях куба, Кемпендяйское соляное озеро и источник, оз. Тус-Кель и Эскулапа.

Вещества, закрывающиеся в соли	Багинского источн.		Кемпендйского источн		Из окр. Кемпенд. источн. кам. соль слабо роз. цв.		Из окр. Кемпенд. источн. кам. соль слабо роз. цв.		Селитрян. оз. кам. соль слабо роз. цв.		Селитрян. оз.		Селитрян. оз. соль бел. цв.		Соль из оз. Тус-Кель		Анализы С. Ф. Ма- лявкина		Анализ Б. Р. Мо- чевской	
	Багинского источн.	Кемпендйского источн	Из окр. Кемпенд. источн. кам. соль слабо роз. цв.	Из окр. Кемпенд. источн. кам. соль слабо роз. цв.	Селитрян. оз. кам. соль слабо роз. цв.	Селитрян. оз.	Селитрян. оз. соль бел. цв.	Соль из оз. Тус-Кель	Кемпендй- ского источн.	Багинского источн.	Кемпендй- ского источн.	Багинского источн.								
NaCl . . . . .	96.58	94.63	97.85	99.20	99.57	95.50	84.62	99.08	98.831	99.51	83.06	97.85								
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	1.97	2.98	—	—	—	0.68	14.12	6.0	0.634	—	16.33	—								
MgSO <sub>4</sub> . . . . .	следы	—	—	следы	—	—	—	—	0.284	0.18	—	—								
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	следы	—	—	0.05	0.24	—	—	—	0.036	0.05	0.083	—								
KCl . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	—								
MgCl <sub>2</sub> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—								
Гигроскопиче- ская вода . . . . .	1.3	2.10	0.5	0.12	0.12	3.52	1.20	1.90	0.135	0.06	—	—								
Нерастворимый в воде остаток . . . . .	0.09	0.17	0.97	0.53	0.06	0.22	0.03	0.02	—	0.01	—	—								
Потеря от про- каливания . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	0.700	0.35	—	—								
	99.94	99.88	99.92	99.90	99.99	99.92	99.97	100.00	100.620	100.16	100.31	100.00								

Особый научный интерес вызывает периодический минерал, образующийся в большом количестве зимою на Кемпендйских соляных источниках и озерах в виде крупных призматических кристаллов (мон.) или табличатых образований шестиугольного очертания. Этот минерал, представляющий собою гидрат NaCl, изучен П. Л. Дравертом (51) и назван им криогалитом. Он образуется под влиянием низкой температуры и концентрации из раствора Кемпендйского соляного ключа вместе с другими твердыми соединениями H<sub>2</sub>O и NaCl и разрушается весенним теплом, переходя в груды обыкновенной поваренной соли.

Делая общую оценку всего соленосного района с практической точки зрения, здесь необходимо отметить, что несмотря на свою 200-летнюю известность и несмотря на то, что в Якутии почти всегда ощущается соляной голод, эти, по самому грубому определению, богатейшие месторождения до сего времени не только не эксплуатируются должным образом, но даже и не разведаны еще с надлежащей подробностью.

геологически. Соль Сунтарского соленосного района, отличаясь своей чистотой, представляет величайшую ценность уже по одному лишь тому, что она, соперничая по качеству с солью самых знаменитых соляных месторождений Европы, в состоянии удовлетворить громаднейшую область вплоть до Дальнего Востока, и еще потому, что она может быть использована как главный сырьевой материал для получения целого ряда весьма ценных продуктов потребления как для внутреннего рынка, так и для экспорта.

#### 4. ОКИСЛЫ

Окислы представлены весьма разнообразно.

Титанистый железняк (ильменит), по указанию П. Л. Драверта, встречается в валунах гранита — ст. Харьялахская на правом берегу Лены, а также почти всюду по р. Вилюю.

Магнетит, по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 9), встречается в виде октаэдрических кристаллов и мелкозернистой массы на берегу Наманы близ водопада Тас-Юрюя, а по сообщению Р. Маака (24, стр. 347—353) входит в состав горных пород: с выступа Тунгус-Янги, на Вилюйско-Оленекском водоразделе; с урочища Тас на Хаынгы; с левого берега Вилюя близ устья Ахтаранды; с водораздельного хребта между рр. Брустях и Хаынгы; с Вилюя близ устья р. Вава; из местности между оз. Гугжар Вэрэтэ и р. Ыгеттою; с левого берега р. Ыгетты и с Голомоло на р. Дебингнекане.

Титаномагнетит, как указывает Р. Маак (24, стр. 347, 348), входит в состав горных пород: с выступа Тунгус-Янги, на Вилюйско-Оленекском водоразделе; с урочища Тас на Хаынгы и с левого берега р. Вилюя близ устья Ахтаранды. В. Н. Зверев (72, стр. 466) также отмечает широкое распространение магнетита в виде включений в пироксеноплагиоклазовые породы по р. Вилюю.

Гетит, по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 10), встречается в виде псевдоморфоз по сидериту на р. Булгуннях, притоку Наманы.

Кварц встречается по большей части в ледниковых гальках и валунах, иногда опалесцирующий, например, по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 11), по р. Кемпендяй; тоже по берегу р. Алдана близ ее устья; в жеодах р. Булгуннях; плотный в мелафире (?) из урочища Е-тех-тех на р. Намане; в виде кристаллов в пустотах палеозойского известняка близ ст. Еловской и Саньятах на Лене; в пади р. Синей, притоку р. Лены и в буром железняке Ытык-Хая в 37 км от Якутска вниз по Лене. Хитров (13, стр. 56) отмечает обильное распространение кварца в горах Жиганского улуса по западной стороне р. Лены, а В. Н. Зверев (72, стр. 460) указывает на преобладающее распространение кварца в виде гальки в мезозойских конгломератах Вилюйского района. Фигурин

(2, стр. 323) отмечает находки обыкновенного кварца в сплошном виде в берегах р. Лены, а также и в горах, лежащих по западную сторону р. Лены (2, стр. 266). По словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) кварц в виде обломков встречается среди гальки вверх по р. Вилюю в 53 км от Сунгара, причем эти обломки частью хорошо отшлифованы, а частью мало окатаны и имеют острые режущие края.

Горный хрусталь, по словам П. Кларка (17, стр. 9), встречается по р. Вилюю, а по словам Фигурина (1, стр. 263) по р. Лене. Хитров (13, стр. 59) также упоминает о находках горного хрусталя по берегам р. Лены, начиная от Жиганска и до самого устья. Кроме того П. Л. Драверт (48, стр. 11) указывает на его находки в жеодах р. Булгуннях и в пустотах мелафира по правому берегу р. Вилюй ниже устья р. Малой Батобии.

Аметист довольно распространен в виде гальки в мезозойских конгломератах и современных руслах рек. Он происходит, главным образом, из миндалин разностей траппа и его туфов и из контактов траппа с кембросилурийскими породами. П. Л. Драверт (48, стр. 12; 79, стр. 54) отмечает находки его по рр. Большой Батобии, Чоне и Ахтаранде, притокам р. Вилюя, также по р. Намане, притоку р. Лены и по р. Булгуннях. Фигурин (1, стр. 243) указывает находки его по р. Лене, а Хитров (13, стр. 59) сообщает о находках аметиста по берегам р. Лены, начиная от Жиганска и до самого устья.

Из озерных руд можно отметить лимонит, который обнаружен по р. Лене и по р. Ботоме; он залегает в виде конкреций, иногда в большом количестве в отложениях мезозойского возраста. Особенно богатое месторождение бурого железняка имеется по р. Ботоме, правому притоку р. Лены. Это месторождение известно еще с 1851 г., когда его в первый раз довольно подробно описал побывавший здесь М. Меглицкий. По словам С. Ф. Малявкина (47, стр. 135, 136) залежи бурого железняка приурочены здесь к новейшим образованиям озерного характера, т. е. выраженным мелкими рыхлыми конгломератами с сильно железистым цементом, чрезвычайно вязкими желтыми глинами и рыхлыми белыми и желтыми песками. Бурый железняк залегает пластообразно, имеет четочный характер, причем мощность пластов в самых расширенных местах достигает 0.66 м и редко 1 м, а в более узких не более 4.5 см. Кровлей является частью конгломерат, частью глинистый песок, а почвой то конгломерат то очень вязкая желтая глина. Общая глубина залегания рудного пласта не превышает 3.5 м. С. Ф. Малявкин высказывает мнение, что, повидимому, характер этих отложений между Литенгой и Ботомой довольно постоянен. Помимо Ботомского месторождения у Р. Маака (24, стр. 33) имеется указание на значительные количества бурого железняка, в виде цилиндрических древовидных стволов, залегающего также в песчаниках по р. Ви-

люю на всем пространстве от устья р. Мархи до ур. Кентик и в других местах по берегам р. Вилюя до р. Билочан и даже до устья р. Малого Батобуя. Кроме того бурый железняк пропитывает тонкие прослойки выветрившихся пород в верхних частях обрыва на берегу против Харья-Ары. А. Л. Чекановский (33, стр. 210) отмечает обильное содержание бурой железной руды в песчанике утеса Баханай на р. Лене. А по берегам р. Вилюя вверх по течению вплоть до с. Сунтара Р. И. Аболин (55, стр. 231) также усмотрел бурый железняк в песчанике. Кроме того П. Л. Драверт (48, стр. 10) указывает на его нахождение: в виде псевдоморфоз по сидериту на р. Булгуннях, в виде ноздреватых натечных форм в глинах Ытыкхая в 37 км от Якутска вниз по р. Лене, в виде псевдоморфоз по сидериту из окрестностей Жиганска и по пириту в глинистом сланце в ур. Чубучон на р. Лене. По словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) лимонит в виде псевдоморфоз по пириту, марказиту и сидериту встречается среди гальки по берегам р. Вилюя вверх по течению его от с. Сунтара. В. Н. Зверев (91, стр. 167—170) отмечает следующие месторождения бурого железняка: на левом берегу р. Лены приблизительно в 10 км ниже с. Тит-Аринского и известковой массе; на левом берегу р. Лены близ устья р. Баханай в буровато-охристых, темнобурых и черных железистых песчаниках; на правом берегу р. Вилюй в 30 км ниже устья р. Мархи в крупнозернистом песчанике и вообще по всему берегу р. Вилюя между устьем р. Мархи и ур. Кентик; на правом берегу р. Тюкань левом притоке р. Вилюя, выше устья р. Оттох-Юрях и несколько ниже урочища Бере в песчаниках; в долине ключа Сысар, впадающего в р. Батомай, правый приток р. Вилюя, приблизительно в 75 км от устья р. Батомая. Кроме того Злобин (8, стр. 27—29, 38) указывает на находки небольших гнезд желтоватобурого железняка в известняках между Солянской и Намахинской станциями на р. Лене и обильно лежащего бурого железняка близ устья р. Тора-Туколаны и ниже Криволицкой слободы на р. Лене.

Подчеркивая здесь вышеприведенный перечень месторождений бурого железняка, свидетельствующий безусловно о широком и весьма богатом скоплении последнего на территории Лено-Вилюйской области, необходимо отметить, что несмотря на все это все же железообрабатывающая промышленность Якутии стоит на весьма и весьма низком уровне и далеко не соответствует действительной потребности населения Якутии. Железо, по данным истории, вообще было знакомо якутам до прихода русских. Оно является единственным металлом, производство которого явно обособилось здесь в кустарный промысел и ведется искони некоторыми родами в Вилюйском и Якутском округах. Что же касается русских, живущих в Якутии, то у них начальная обработка железа совпадает с приездом в Якутию в 1641 г. двух кузнецов с окладом жалованья от казны (29, стр. 381). После этого в 1732 г., с целью снаряжения

Камчатской экспедиции под начальством капитана-командора Беринга русскими была сделана попытка обработки железных руд заводским путем, для чего был основан железодельный завод на р. Тамге в 32 км от Якутска, куда железная руда доставлялась с утесов, так называемых „Столбов“, находящихся на р. Лене в 160 км от завода. Однако это дело, несмотря на его прибыльность, должного развития не получило, и в 1744 г. завод был закрыт по указу Канцелярии Правления главных заводов (16 стр. 27). В настоящее время заводской промышленности в Якутии нет, и население ее пользуется или поделками местных кустарей или же в крайнем случае более дорогими привозными изделиями, что, конечно, обуславливает собой ненормальное положение и создает на железные изделия сильный голод. Возникает мысль о создании местных железодельных заводов, которые не только ликвидировали бы всякие следы железного голода, но и послужили бы начальным этапом в деле развития тяжелой якутской индустрии.

К числу наиболее удобных мест для организации железодельных заводов можно было бы отнести Сунтарский район на р. Вилюе и Сургуев Камень (Бгык-Хая) на р. Лене, где имеются под рукой и железная руда, и каменный уголь, и даже камень, пригодный для постройки самого завода. Но особенного внимания в этом отношении заслуживает район между рр. Ботомой и Литенгой, правыми притоками р. Лены, где железная руда залегаёт в таком количестве, что вопрос о выработке ее требует уже особой серьезности. Серьезность обуславливается тем, что здесь рудные месторождения колоссальны и находятся на пути предполагаемой кратчайшей железнодорожной связи р. Лены с Амурской железной дорогой, следовательно, и вопрос об эксплуатации этих месторождений необходимо проектировать во всяком случае не в масштабе внутреннего рынка, но значительно шире, вплоть до экспорта чугуна в Японию и вообще на восточное побережье.

Охру по данным П. Л. Драверта (48, стр. 11) можно найти коричневокрасную между г. Вилюйском и Колонией прокаженных и буровато-желтую в виде слоев и гнезд в послетретичных песчаниках под г. Вилюйском на берегу р. Вилюя.

Кроме того, в большом количестве встречаются в виде гальки в мезозойских конгломератах и современных руслах рек, происходящие, главным образом, из миндалин разностей траппа и его туфов и контактов траппа с кембросилурийскими породами, следующие минералы:

Роговик, — на Ахтаранде, относимый В. Зверевым к нижнему отделу кембрия. П. Л. Драверт (79, стр. 68) указывает на находки роговика на острове Аграфены: на р. Лене.

Яшмы зеленая „сургучная“, „кофейная“, полосатая и др., по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 12), на берегах р. Лены у с. Покровского



в 85 км выше Якутска, на р. Намане близ с. Ет-Кель; на р. Булгуннях; на р. Вилюй, в окрестности с. Сунтара; из Жиганска на р. Лене и р. Сегалии в ур. Хатыстах по левой стороне р. Лены. А. Л. Чекановский (33, стр. 211) указывает, что яшма встречается в виде гальки в песке утеса Нашими на р. Лене. По словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) яшмы („сургучная“, „корейская“, полосатая и др.) встречаются среди гальки по берегам р. Вилюя, а также и вверх по течению его от с. Сунтара. В. Н. Зверев (72, стр. 465) упоминает о яшмах с р. Ахтаранды, которые он относит к нижнему отделу кембрия, а Хитров (13, стр. 59) указывает на находки яшмы вместе с глиной и песком по берегам р. Лены, начиная от Жиганска и до самого устья.

Кремень встречается в виде конкреций и жил в палеозойском известняке и как окаменяющее вещество растительных остатков юрской системы. Фигурин (1, стр. 244) отмечает находки сероватого кремня на р. Лене, в песчаниковых берегах острова Тас-Ары, а Хитров (13, стр. 59) отмечает его находки вместе с глиной и песком по берегам р. Лены от Жиганска и до самого устья. По словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) кремень встречается среди гальки по берегам р. Вилюя вверх по течению его от с. Сунтара, а П. Л. Драверт (48, стр. 13, 14) указывает на следующие места его залегания: в конкрециях (розовый) бурый и серый, среди древних известняков близ ст. Еловской на левом берегу р. Лены; в виде конкреций, желваков и жил, в известняках и песчаниках по берегу р. Лены под г. Олекминском; на рр. Намане, Кемпендые, близ впадения в нее р. Орто-Юрью и ниже; на берегу р. Вилюя под с. Сунтаром; на р. Тюн, левом притоке Вилюя; в окрестностях г. Вилюйска; в известняке при устье р. Сегатян и по р. Хатыстах, левом притоке р. Лены, ниже Булуна.

Халцедон обнаружен В. Н. Зверевым (72, стр. 460) в преобладающем количестве среди гальки мезозойских отложений Вилюйского района. П. Л. Драверт (48, стр. 12) указывает на находки халцедона в виде натечных форм в известняках по р. Лене в 2 км выше г. Олекминска; на р. Булгуннях; выполняющий мицдалевидные пустоты в мелафире на берегу р. Наманы в ур. Е-тех-тех; гроздевидные, почковидные, желвакообразные и др. образования на берегу р. Вилюя под с. Сунтаром; в виде псевдоморфоз по кристаллам кальцита на берегу р. Вилюя под Вилюйском; в с. Кисюр по правому берегу р. Лены в 5 км выше Булуна, и в окрестностях Жиганска на р. Лене. П. Кларк (17, стр. 15) указывает на распространение халцедона по р. Ахтаранде, а по словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) халцедон встречается среди гальки на берегах р. Вилюя вверх по течению его от с. Сунтара.

Агат в виде мицдалин в туфах Вилюйского района отмечен В. А. Обручевым (85, стр. 416), а Фигурин (1, стр. 244) указывает на его

преимущественное нахождение на берегах р. Лены, от самого Говорова до Жиганска и от последнего выше. По его словам (2, стр. 270) глазчатый агат попадает на мысе Харанкинском в 63 км от Жиганска вниз по р. Лене, а корольковый агат в виде маленьких кусочков встречается на р. Лене близ мыса Дурнова (2, стр. 324). П. Л. Драверт также указывает на нахождение агата в окрестностях Жиганска на р. Лене, затем на берегу р. Вилюя у с. Сунтара и под г. Вилюйском, а Хитров (13, стр. 58) сообщает о его находке на берегах Лены, начиная от Жиганска и ниже т. е. до самого устья р. Лены.

Сердолик по Обручеву встречается в виде миндалин в туфах Вилюйского района, а Фигурин (1, стр. 244) указывает на находки его от желтого до красного цвета, на берегах р. Лены и ее притоков. А. Л. Чекановский (33, стр. 211) указывает, что сердолик встречается в виде гальки, в песке утеса Шапими на р. Лене. Хитров (13, стр. 59) тоже сообщает о находках сердолика на берегах р. Лены, начиная от Жиганска и до самого устья. П. Л. Драверт (48, стр. 13) сообщает о его распространении на р. Намане; на берегу р. Вилюй под Сунтаром; на р. Туллевом притоке Вилюя; под г. Вилюйском; в окрестностях Жиганска в Боро, на правом берегу р. Лены в 480 км выше Булуна и в с. Киссу на р. Лене. П. Кларк (17, стр. 9, 15) указывает на распространение сердолика по рр. Вилюю и Ахтаранде, а по словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) сердолики всевозможных оттенков встречаются среди гальки по берегам р. Вилюя по течению его от с. Сунтара.

Плазма (48, стр. 13) встречается на левом берегу р. Вилюя под с. Сунтаром и под г. Вилюйском.

Гелиотроп (48, стр. 13) темно синеватозеленого цвета с красными крапинками встречается по указанию П. Л. Драверта (48, стр. 13; 79, стр. 57) по р. Лене и близ устья р. Кемпендйя в россыпях и в миндалах изверженных пород.

Благородный опал с превосходной игрой цветов из песчано-галечных наносов на берегах р. Вилюя от с. Белючан до Сунтара упоминается в списке минералов П. Л. Драверта (48, стр. 14), хотя сам П. Л. Драверт их не находил (60, стр. 4).

Вообще же к оценке благородных опалов Якутии следует относиться с осторожностью, так как коренные месторождения их еще не обнаружены, а находящиеся на руках у якутов часто не соответствуют своему названию. О таких случаях, между прочим, сообщают Р. Крузе (9, стр. 64), а также П. Л. Драверт в письме к А. Е. Ферсману (89, стр. 352).

Полуопал разнообразной окраски, Holz-Opal и другие видоизменения встречаются на берегу р. Вилюя под с. Сунтаром; на берегу р. Вилюя у с. Нюрба и как продукты разрушения оливина по р. Намане в Тас-Юрюя, на что указывает П. Л. Драверт (48, стр. 14). У Л. А. Либермана

(66, стр. 21) также имеется указание на то, что полупал различной окраски (яшмовый опал) попадаетеся среди гальки по берегам р. Вилюя вверх по течению его от с. Сунтара. Кроме того П. Кларк (17, стр. 12, 15) сообщает о распространении по рр. Ыгетте и Ахтаранде голубых полупалов и голышей зеленого и рубинового цвета, совершенно похожих на изумруды и рубины. Фигурин (2, стр. 324) отмечает обильные находки древеснистого и смоляного опала около Жиганска, а Хитров (13, стр. 59) указывает на находки опала на берегах р. Лены от Жиганска и до самого устья.

Еще обнаружены:

Окаменелое дерево, встречающееся нередко в конгломератах р. Вилюя, а также по р. Чоне (64, стр. 30) и в окрестностях Жиганска (13, стр. 59). Л. А. Либерман (66, № 1, стр. 26) отмечает находки окаменелого дерева в виде кусков на косах р. Вилюя от Нюрбы до с. Сунтара, а А. Л. Чекановский (33, стр. 20) сообщает о том, что куски окаменелого дерева попадают также у подошвы Табагинского утеса на р. Лене.

Кахолонг известен в виде скорлуповатых образований, составляющих наружный слой миндалин в пустотах некоторых изверженных пород (43, стр. 13).

Пиролозит встречается по словам П. Л. Драверта в форме дендритов на кремнях, известняках и песчаниках по берегу р. Лены под г. Олекминском, а также в силурийских известняках у с. Синьяхтах на левом берегу р. Лены.

Особенного внимания заслуживает продукт разрушения серпентиновых и тальковых пород, так называемый немалит (49), который представляет собой минерал волокнистого строения, весьма похожий на волокнистый гипс (селенит), но по химическому составу представляющий собой  $Mg(OH)_2$  с незначительной примесью закиси железа (от 0.08 до 0.14%). Цвет минерала или светлосерый с зеленоватым отливом или нежно голубоватозеленый, пред паяльной трубкой не плавится, но выделяя большое количество воды, делается несколько хрупким. В кислотах легко растворяется, выделяя немного Si. Наружные части от кислоты сильно пипят. Волокна располагаются обычно не перпендикулярно к стенкам трещин, а под углом вдоль по трещинам, что не редко обуславливает значительную длину волокон. Отдельные волокна немалита по длине доходят до 28 см. Немалит оптически двуосен, положительен, с малым углом оптических осей. Волокна его удлинены по оси наибольшей упругости. Л. Л. Солодовникова (80, стр. 19—22), исследовавшая немалиты ср. Олекмы, отмечает, что эти немалиты имеют  $tв. = 2.5$ ,  $уд. в. = 2.36$  при  $18.8^\circ$   $n = 1.5598$  и следующий химический состав:

Состав	1 обр.	2 обр.	3 обр.	Среднее	Отношения молекулярных количеств	
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.08	0.10	0.12	0.10	0.0038	0.0020
CO <sub>2</sub> . . . . .	не опр.	0.05	0.045	0.047	0.0011	0.0006
FeO . . . . .	0.115	0.14	0.135	0.13	0.0012	0.0007
MgO . . . . .	69.24	69.21	69.15	69.20	1.7162	1.0090
H <sub>2</sub> O . . . . .	30.63	30.60	30.57	30.60	1.7000	1.000
	100.065	100.10	99.985	100.05	—	—

По данным А. Е. Ферсмана (49), немалит находится по р. Оленю и в верховьях р. Миряй, а В. Н. Зверев (72, стр. 468) указывает на место рождение немалита в виде прожилков мощностью до 2,5 см в низких обрывах по левому берегу р. Вилюя, в 7 км ниже устья Анай и затем по правому берегу р. Вилюя, в 8 км ниже Тасурыха, впадающего справа, выше Билючана. Кроме того, редкие обломки немалита (до 5 см) встречаются на правом берегу р. Вилюя, ниже устья р. Б. Джели. Незначительные примеси закиси железа делают этот минерал весьма интересным в практическом отношении, например, для светящихся колпачков, различных осветительных приборов, для поляризации электрических волн и как чистый гидрат окиси магния для получения химическим путем различных магниевых солей.

Не меньший интерес, чем немалит представляет собою также и брусит, который совсем недавно был обнаружен П. Низковским на р. Аламджах и продемонстрирован на очередном заседании Минералогического кружка при Минералогическом музее Академии Наук 8 марта 1929 г. Брусит никем еще не исследован.

Не лишены практического значения также и разновидности кварца, как-то: опалы, халцедоны, сердолики, агаты и яшмы, которые благодаря своему исключительно широкому распространению на территории Ленно-Вилюйской области, преобретают здесь особый интерес как поделочные камни и дают серьезный повод для организации массовой их переработки.

## 5. КАРБОНАТЫ

Из углекислых соединений, если не считать сплошных доломитов и известняков, мы имеем здесь сравнительно небольшую группу минералов, а именно:

Кальцит или в виде миндалин в туфах Вилюйского района, как это отметил В. А. Обручев (85, стр. 415) или же по словам В. Н. Зверева (72, стр. 462) в виде многочисленных друз и жеод в мергелистых известняках Вилюйского района. Кроме того, Фигурин (1, стр. 24) сообщает о находках известкового шпата на р. Лене, а П. Л. Драверт (48, стр. 20) указывает следующие места нахождения кальцита: короткостолбчатые зеленоватые кристаллы известняка близ Нохтуйска по левому берегу р. Лены; ромбоэдры, призмы и скаленоэдры в палеозойских известняках близ станции Еловской на Лене; мелкие кристаллы в пустотах древних известняков у ст. Саньяхтах на р. Лене; в кембрийских известняках по р. Синей; желтые ромбоэдрические кристаллы в углистом известняке р. Булгуннях; в пустотах диабаза у Тас-Юрюя на р. Намане; кристаллы с преобладанием RЗ в пустотах мелафира на р. Намане; кристаллы по трещинам песчаника у ур. Олоно на р. Намане; тоже на берегу р. Вилюя близ устья р. Кюндяй; жилковатого сложения на правом берегу р. Вилюя в 1,5 км ниже Терешкиной пристани; кристаллы в жеодах на р. Морокка притоке Мархи, впадающей в р. Вилюй; желтые ромбоэдрические кристаллы и скорлуповатые агрегаты в сидерите окрестностей Жиганска по Лене; белый шестоватый по сдвигам в песчаниках в окрестностях Булуна на р. Лене; натечные, капельниковые, ветвистые образования по левому берегу р. Булгуннях близ впадения ее в р. Наману; в ур. Чубучон, Хатыстах, Бестях и многих других местах по р. Лене, а также в виде инкрустации мхов и болотной растительности в окрестностях оз. Тэгеттерэн Вилюйского округа. Хитров (13, стр. 59) также указывает на находки кальцита на берегах р. Лены от Жиганска и до самого устья.

Элатолит замечен П. Л. Дравертом (87) в халцедонах по р. Вилюю.

Исландский шпат имеет выходы в 85 км выше устья р. Ахтаранды (91, стр. 194). Образцы этого месторождения представляют, по описанию Муромского, ромбоэдры с длиной ребер в 5—8 см, покрытые с поверхности матовой пленкой, внутри же совершенно светлые и исключительно прозрачные. По словам же П. Низковского месторождение исландского шпата находится на правом берегу р. Аламджах в 5 км от впадения ее в Ахтаранду, которая от этого места до своего устья (до Вилюя) имеет 94 км. Месторождение расположено на пологом, заливаемом в половодье берегу у самой воды и представляет гнездообразное скопление кальцита среди разрушенных траппов, вблизи контакта с известковым песчаником. Кристаллы кальцита достигают 0,5 тонны, некоторые части их совершенно прозрачны и дают хороший оптический материал. Кроме того Р. К. Маак отмечает еще месторождение исландского шпата в долине реки Батора, но это сообщение требует проверки. П. Л. Драверт (79, стр. 60) указывает на находки исландского шпата

по р. Булгуннях, притоку Наманы, и по притокам р. Виллюй: Чоне, Ахтаранде и Ыгетте. Проделанный Ф. Т. Брагалия и Н. М. Таругаевы (63, стр. 14) анализ исландского шпата с р. Виллюя (может быть с устья р. Ахтаранды) дал указание на примесь  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  лишь 0.018% и  $\text{MgO}$ —0.063%, что свидетельствует об исключительной чистоте материала и о его полной пригодности для оптических приборов.

Мрамор по данным П. Л. Драверта (48, стр. 21) залегает: белый при ст. Еловская на Лене, палевый на р. Намане, близ Ет-Кель и розовый в ур. Чубучон, на правом берегу р. Лены.

Доломит в виде ромбоэдрических кристаллов по словам П. Л. Драверта (48, стр. 22) можно найти в ур. Хатыстах на р. Лене ниже Булуна в пустотах кораллового известняка.

Сода и термонатрит по словам П. Л. Драверта (48, стр. 23) встречаются вместе в выпцветах почвы в окрестностях Якутска в виде корок, порошкообразной массы и весьма редко в кристаллах. Сода в меньшем количестве встречается на заливном берегу под г. Виллюйском, а также образует корки и небольшие сталактиты в песчаных разрезах берегов р. Кемпендэй в окрестностях соляных источников.

Сидерит по словам П. Л. Драверта (43, стр. 38) образует иногда мощные залежи, годные для разработки; встречается он по берегам рр. Наманы, Кеиктя и Кемпендэй близ с. Сунтара.

Сферосидерит залегает в виде конкреций, иногда в большом количестве, в отложениях мезозойского возраста и употребляется для выплавки железа. А. Г. Ржонсницкий (73, стр. 62) отмечает находку шарообразных сростков сферосидерита в виде постоянных или частичных включений в юрских песчаниках Виллюйского района. А. Л. Чекановский (33, стр. 207) заметил много сферосидерита у подошвы Табагинского утеса на р. Лене, а также в песчаниках обнажения Чиримый Кам (33, стр. 209) и утеса Баханая (33, стр. 210). Р. И. Аболли (55, стр. 23) упоминает о залежах сферосидерита около дер. Табаги на Лене, а также по берегам р. Виллюя вверх по течению вплоть до села Сунтара. В. Н. Зверев (91, стр. 169) указывает на следующие месторождения сферосидерита: правый берег р. Виллюя в 30 км ниже устья р. Мархи в крупнозернистых песчаниках; правый берег р. Тюкань, левый приток р. Виллюя, в песчаниках; в долине ключа Сырсар, впадающего в р. Батомай, правый приток р. Виллюя приблизительно в 75 км от устья Батомая; на левом берегу р. Лены в 3 км выше с. Табагинского в мезозойских песчаниках и на левом берегу р. Лены близ устья р. Баханая. Р. К. Маак (24), отмечая залежи сферосидерита в крупнозернистом песчанике на берегу р. Виллюя в 30 км ниже устья Мархи, говорит, что он образует здесь или шарообразные и сплюснутые отдельности или неправильные куски светлобурого цвета, причем имеет то мелкораковистый, то

плоскозанолистный излом. Таким сферосидеритом, по словам Р. К. Маака, берег р. Вилюя усеян на всем пространстве между устьем р. Мархи и ур. Кентик, а также и в других местах по берегам Вилюя до р. Билючана и даже до устья Малого Ботобуя. Химический анализ этого сферосидерита, сделанный лабораторией Сиб. Лесного института и сообщаемый Р. К. Мааком по заметке проф. М. В. Ерофеева показывает следующее содержание:

Окиси железа $Fe_2O_3$ . . . . .	10.79%
Закиси „ $FeO$ . . . . .	47.98
Закиси марганца $MnO$ . . . . .	1.66
Извести $CaO$ . . . . .	0.56
Магнезии $MgO$ . . . . .	0.30
Щелочей . . . . .	0.35
Угльной кислоты $CO_2$ . . . . .	29.67
Фосфорной кислоты $P_2O_5$ . . . . .	0.09
Серной кислоты $SO_3$ . . . . .	следы
Нерастворимого остатка . . . . .	4.26
Влажности . . . . .	3.79
	99.45%

По словам Л. А. Либермана (66, стр. 21) богатые гнездовые залежи сферосидерита, то в форме правильно отточенных, словно для биллиарда изготовленных шаров, то в виде причудливых комбинаций шаров и цилиндров, встречается по берегам Вилюя в 53 км от с. Сунтара, вниз по течению в мощных пластах белых песков, а также по берегам боковой речки, называемой „Малой Джелли“, где снова встречаются мощные отложения желтого и белого песков с гнездами сферосидерита. П. Л. Драверту (43, стр. 4) удалось найти выходы сферосидерита высокого качества и в большом количестве среди юрской толщи недалеко от с. Сунтара. Кроме того П. Л. Драверт (48, стр. 22) указывает еще следующие месторождения: на правом берегу р. Кляхти, в 10 км от устья; на р. Намане в Олоно и в других местах; в окрестностях с. Покровского на Лене; в Ытык-Хая в 37 км ниже Якутска; на левом берегу Лены в 53 км ниже Якутска; на левом берегу Кемпендяя в 3 км ниже соляных источников; на р. Тюн левом притоке Вилюя; на левом берегу р. Вилюя в 110 км ниже г. Вилюйска; в Уоттах-Хая на Лене в окр. Жиганска; на р. Натара в Симиките на правом берегу р. Лены; в Булуве на Лене, и Булкуре в низовьях Лены.

Вышеприведенный список месторождений сферосидерита вполне определенно говорит за то, что этот минерал не является каким-либо случайным и малоценным, но, залегая в больших количествах, несомненно имеет промышленное значение и наравне с бурым железняком может быть использован как весьма высокосортная руда для получения железа.

Малахит по словам Злобина (8, стр. 26) встречается в устье р. Черепанихи в виде намазок на кусках плотного известняка, а также залегает совместно с медным колчеданом в виде пласта на правом берегу устья р. Бича. П. Л. Драверт (48, стр. 23) отмечает находку малахита в виде небольших веерообразных агрегатов на кремнях из красных песчаников в 2 км выше г. Олекминска.

Медная лазурь (азурит), по данным П. Л. Драверта (48, стр. 23), встречается вместе с малахитом в виде небольших веерообразных агрегатов на кремнях из красных песчаников по берегу Лены выше Олекминска.

#### 6. СУЛЬФАТЫ

Из сульфатов имеются следующие минералы:

Глауберова соль (мирабилит) наблюдалась П. Л. Дравертом (48, стр. 20) в форме призматических кристаллов до 2 см длины на Кемпендйских соляных источниках зимою, а также порошкообразная в смеси с содой из выплетов почвы г. Якутска и его окрестностей.

Горькая соль (эпсомит) замечена П. Л. Дравертом (48, стр. 39) в Кемпендйском соляном источнике.

Гипс по словам Злобина (8, стр. 25) образует совместно с разноцветными глинами и песком толстый пласт, который обнажен на р. Лене в конце Олекминского селения. Врангель между прочим отмечает хорошие месторождения гипса на левом берегу р. Олекмы. Г. И. Доленко (70, стр. 54) также сообщает о толстом пласте гипса, который залегает в светлосерых глинистых, перемешивающихся с красноцветными, песчаниках около г. Олекминска. В. Н. Зверев (72, стр. 462) указывает на тонкие прослойки гипса в мергелях Вилюйского района, а Хитров (13) сообщает об обильных находках гипса в горах по западному берегу Лены. Помимо этих месторождений П. Л. Драверт (48, стр. 19) указывает следующие: тонкие прослойки белого и розового волокнистого гипса в зеленоватых и красных мергелях и глинах Устькутского яруса по р. Нюе, левому притоку Лены; небольшие пласты и красноцветные жилы гипса в мергелисто-глинистой толще, обнажающейся в ур. Арбайдах на р. Юнгюр, по дороге с Улахан-Мунку на р. Намане; в обнажении свиты пластов юрского возраста около станции Табагинской на Лене в виде слоя мощностью в 3 м, сложенного по словам А. Г. Ржонсницкого, темносерыми, с желтыми выпцетами, тонкослонстыми чистыми глинами, проникнутыми в сильной степени гипсом. Затем по берегу р. Вилюя от устья р. Чоны до устья р. Кара-Аппа и по всему течению рр. Чоны и обоих Батобий, а также и по р. Мархе в виде тонких прослоек белого и розового волокнистого гипса, заключенного в породы кембрийского возраста с пластами зеленоватых и красных мер-



гелей и глин; между Билючаном и устьем Ботобуя утесы белого гипса и прожилки в известняках; со слов В. Н. Зверева между ур. Оюсут и устьем р. Овгучах-ирях, по правому берегу Вилюя; по данным А. Г. Ржонсницкого по Вилюю на протяжении 170 км между устьем р. Кара-Аппа и Крестяхской церковью, в виде прослоев белого и розового гипса до 2 м толщиной, среди пластов красных и зеленых глин и тонкослоистых, мелкозернистых песчаников; кристаллические агрегаты шестоватого сложения нежнорозового цвета в пади р. Алалойки ниже г. Олекминска; белый зернистый и плотный в виде штоков и жил в известняках по берегу Лены в 2 км выше Олекминска; двойники, образовавшиеся при взаимодействии серной кислоты из разлагающегося пирита и  $\text{CaCO}_3$  в Ханчитат-Тас; мелкозернистый белый в Крестяхе на Вилюе; штоками и жилами в красных мергелистых глинах, сопровождающих каменную соль в ур. Кисыл-Тус по р. Кемпендяй; белый плотный по р. Бирч, левому притоку Лены, близ Хангенгалаха.

Целестин хорошо изучен и описан П. Л. Дравертом (88). По этим данным можно отметить его следующие месторождения. По правому притоку Вилюя — Большой Батобии — в ур. Боргацком, где он встречается в полостях и трещинах мергелистого известняка в виде сплошных полупрозрачных и прозрачных масс, а также и в виде кристаллических агрегатов шестоватого сложения. Далее в таких же условиях залегания целестин встречается еще в следующих пунктах: падь Накьян-Крест в ур. Абрайдак по р. Юн-Кюр Олекминского округа в жилах кальцита; по левому берегу р. Вилюя в 46 км ниже устья р. Большой Батобии в сером доломитизированном известняке; по левому же берегу в 23,5 км ниже устья р. Бясь-Юрах в известковистом песчанике и по правому берегу р. Вилюя, в 2 км ниже с. Обсуд в доломитовом известняке.

Барит, по словам В. Н. Зверева (72, стр. 466) встречается в виде включений в пористых туфах по р. Вплюю. Е. В. Еремина (68, стр. 51) отмечает находки барита на левом берегу р. Лены в 43 км от Якутска в виде кристаллов; также на левом берегу р. Наманы в ур. Олоно в виде гребенчатых сростков; затем близ станции Табачинской, в 25—30 км выше Якутска в песчанках и наконец на левом берегу Лены в 65 км ниже Жиганска. П. Л. Драверт (88, стр. 3) указывает на находки барита в виде тонкотабличатых кристаллов, по правому притоку Вилюя — Б. Батобия в ур. Боргацком и в виде кристаллов на ядрах и отпечатках раковин двустворчатых моллюсков из песчаников Волжского яруса в 43 км вверх от Якутска по левому берегу р. Лены, а также совместно с кальцитом и марказитом в виде крупных преимущественно призматического. сблика кристаллов голубого цвета, друз и гребенчатых сростков в песчанках по левому берегу р. Наманы в ур. Олона.

Медный купорос (халькантит), по словам податч. инсп. Н. И. Савельева, как отмечает это П. Л. Драверт (48, стр. 20), был найден близ ст. Табагинской на р. Лене и одно время употреблялся для гальванических элементов на местной телеграфной станции.

Железный купорос (мелантерит) как продукт разложения марказита образует натечные формы на берегах р. Кемпендяя, ниже соляных источников, а также, по данным П. Л. Драверта (48, стр. 20), был найден на р. Тюньяри, притоке Джели; в виде зеленых корок жилковатого строения в песчаниках Кангаласского камня на Лене и во многих местах по Вилюю в области развития пород, содержащих марказит.

Как видно из всего вышесказанного о сульфатах, наибольшее значение в смысле промышленного использования имеют из них лишь гипс и целестин.

## 7. ФОСФАТЫ

Фосфорнокислые соли представлены только вивианитом, который встречается в большинстве случаев в виде корок или лучистых групп на бивнях мамонта (48, стр. 18) под г. Вилюйском, а также на правом берегу р. Вилюя близ Верхне-Вилюйской Управы, где находится „целое кладбище“ костей послетретичных животных.

## 8. СИЛИКАТЫ

Из силикатов имеются:

Микроскопического характера оливин (72, стр. 466), эпидот (48, стр. 15), ромбический пироксен (72, стр. 467), авгит (72, стр. 466), роговая обманка (72, стр. 466), мусковит (48, стр. 18), биотит (48, стр. 16), ортоклаз (48, стр. 16) и лабрадор (72, стр. 466), как составные части горных пород данной области.

Затем, лучше выраженные: актинолит (48, стр. 14), тремолит (1, стр. 245) и цеолиты (48, стр. 17), входящие в состав горных пород, но все же в скоплениях более значительных; асбест (48, стр. 15) и серпентин (48, стр. 17), залегающие в разных местах тонким слоем.

И, наконец, образующие целые россыпи: альмандин (48, стр. 1а), меланит (48, стр. 1б), гроссуляр (5, стр. 493; 6, стр. 370; 24, стр. 336—342; 72, стр. 465; 17, стр. 9, 15), вилунт (5, стр. 370; 79, стр. 56; 17, стр. 9, 15; 24, стр. 342—345, 90 bis, стр. 363—384) и ахтарандит (72, стр. 465; 6, стр. 369, 370).

Из последней группы силикатов наибольшее внимание оставляют на себе следующие:

Гроссуляр — известково-глиноземистый гранат, встречающийся совместно с вилуитом и ахтарандитом на р. Вилюе в большом количестве в виде прекрасных кристаллов, образованных со всех сторон в форме трапецеэдров или ромбических додекаэдров, достигающих иногда 4 см в поперечнике. Цвет минерала зеленоватобелый, переходящий в яблочнозеленый и оливковозеленый. Уд. в. 3.64. Тв. 7. Блеск стеклянный. В пластинках, вышлифованных параллельно граням куба (100), наблюдается скорлуповатое строение периферии кристалла (21, стр. 299), вследствие чего параллельно граням (110) наблюдается пластинчатая поляризация (20, стр. 208).

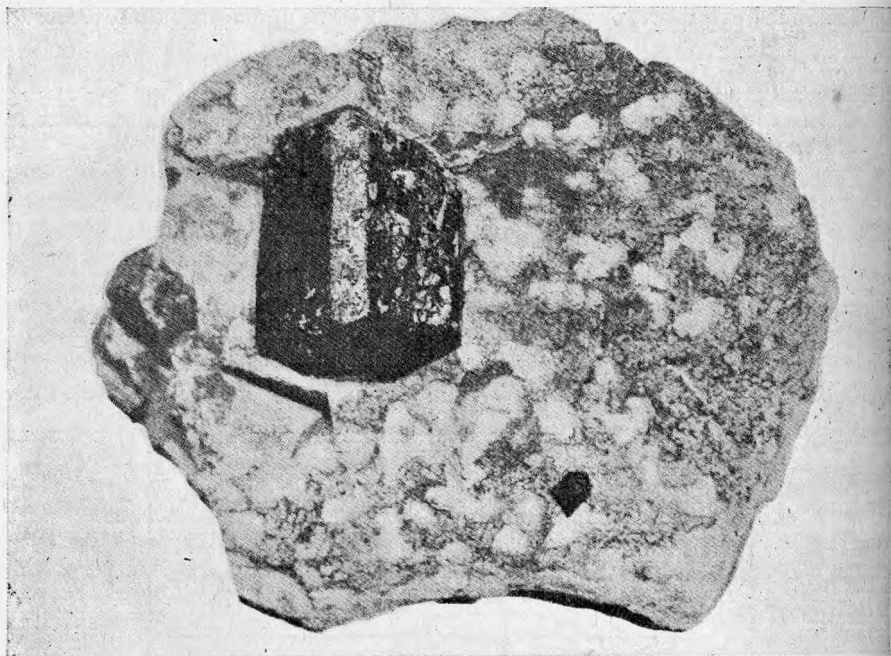
Химический состав гроссуляра по анализам Карстена, Вахмейстера и Клапрота следующий:

	Клапрота	Вахмей- стера	Карстена
SiO <sub>2</sub> . . . . .	44.0	40.55	38.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.5	20.10	19.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	12.0	5.0	7.33
MnO . . . . .	следы	0.48	0.50
CaO . . . . .	33.5	34.86	31.75
MgO . . . . .	—	—	2.40
	98.00	100.99	99.58

Гроссуляры в большей своей массе хорошо окристаллизованы, они могут быть использованы как весьма интересное украшение.

Вилуит (фиг. 1) разновидность везувиана, встречающийся в громадном количестве в виде прекрасно образованных кристаллов, выросших в туфообразную полуразрушенную породу по левому берегу р. Вилюя в 4—8 км ниже устья р. Ахтаранды. Вилуит был открыт здесь в 1790 г. Лаксманом; крупные кристаллы его имеют обыкновенно форму квадратной призмы 1-го рода, края которой притуплены плоскостями квадратной призмы 2-го рода, а концы заострены плоскостями квадратной пирамиды и притуплены конечною плоскостью. Цвет вилуита темный, зеленоватобурий, излом мелкокораквистый, в тонких пластинках просвечивает зеленоватожелтым цветом. Уд. в. 3.37—3.39. При плавлении изменяет уд. в. до 2.95. Перед паяльной трубкой сплавляется легко

и без шипения. В буре растворяется без выделения газа. Р. Прендель (25, стр. 46), изучая оптические аномалии везувияна вообще исследовал их главным образом на вилуитах, как на особенно хорошо образованных кристаллах и пришел к таким выводам: кристаллы вилуита оптически аномальны; оптически положительны; двухосны; на плоскости призм и основного пинакоида они проявляют прямое угасание лучей; повышенные



Фиг. 1. Вилуит.

температуры уменьшает угол оптических осей; продолжительное нагревание при высокой температуре обуславливает остающиеся изменения положения оптических осей; коэффициент расширения кристаллов по главной оси больше коэффициента расширения по боковым осям; изотермическая поверхность есть эллипсоид вращения, длиннейшая ось которого параллельна оси; при охлаждении нагретых кристаллов вилуита все вещество конусов, идущих от плоскостей пинакоидов и пирамид заряжается положительным пирозлектричеством, вещество же частей, отходящих внутрь кристалла, от плоскостей призм, проявляет при этом отрицательное пирозлектричество; вилуиты не представляют внутри однородной массы, а состоят из двойного рода вещества: одного, идущего к центру от плоскостей призм и другого, вдающегося конусами от конечностей пинакоидов и плоскостей пирамид; часть кристалла вилуита, построенная из первого

вещества, обладает большим углом оптических осей, чем часть, состоящая из второго вещества; уд. в. вилуита в различных частях его неодинаков; части кристаллов, вдающиеся конусом от плоскостей пинакоида и пирамид, имеют меньший уд. в., чем часть, отходящая от плоскости призм; твердость вилуитов по некоторым направлениям выше 6.5.

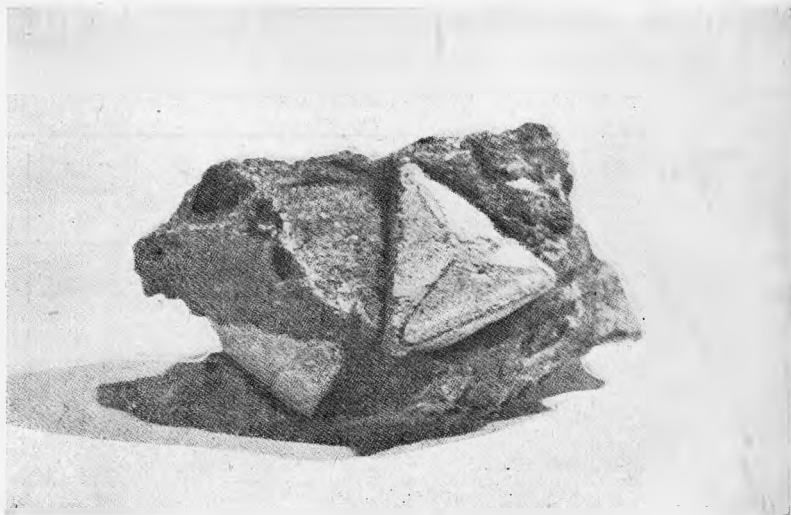
Ниже сего приведены данные химических анализов вилуитов с указанием исследователей:

	Ло- виц	Клап- рот	Еврен- нов	Рам- мельс- берг	Герман	Шеер и Рихтер	Рам- мельс- берг	Яннаш
SiO <sub>2</sub> . . .	35.00	42.00	37.47	38.40	38.23	38.11	38.40	36.17
TiO <sub>2</sub> . . .	13.00	16.25	—	—	—	—	—	01.30
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	—	—	—	—	—	—	—	2.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	—	—	18.40	10.51	14.32	14.41	13.72	12.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	6.00	5.50	7.04	7.15	5.34	5.74	5.54	2.18
FeO . . .	—	—	—	—	1.08	—	—	1.49
MnO . . .	—	—	0.45	—	0.50	0.71	—	0.15
CaO . . .	41.00	34.00	32.80	35.96	34.20	34.50	35.04	35.81
MgO . . .	—	—	3.38	7.70	6.37	6.35	6.88	6.05
H <sub>2</sub> O . . .	1.00	—	—	—	—	—	0.82	0.72
F . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	0.32
Na(K) . .	—	—	—	—	—	—	0.66	0.45
	96.00	97.75	99.54	99.72	99.99	99.82	101.06	99.58

Вилуиты могут быть наравне с гроссулярами употреблены как поделочный материал для разного рода украшений.

Ахтарандит (фиг. 2), встречается там же, где и вилуит в виде одиночных кристаллов, обильно рассеяных в маточной породе совместно с вилуитом и гроссуляром. Кристаллы ахтарандита, имеющие форму пирамидальных тетраэдров, нередко достигают 2 см в поперечнике; они с поверхности более плотны и часто глянцеваты, а внутри землисты, прилипают к языку и издают запах глины. Цвет с поверхности зеленоватосерый и сероватобелый, внутри же более светлый, часто белый. Уд. в. 2.32. Химический состав ахтарандита по Герману (18, стр. 103) следующий: SiO<sub>2</sub> 28.27, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.06, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14.07, FeO 0.42, CaO 14.41, MgO 20.07,

$\text{CO}_2$  1.00,  $\text{H}_2\text{O}$  8.64,  $\text{MnO}$  следы. Порошок минерала выделяет с  $\text{HCl}$  небольшое количество  $\text{CO}_2$ . Раскаленный в щипцах сплавляется по краям в серый шлак. При нагревании в колбе выделяет воду. С плавнями дает



Фиг. 2. Ахтарандит.

реакцию на железо и кремний. О происхождении ахтарандита существуют различные мнения, но окончательно этот вопрос еще не разрешен и ахтарандит до настоящего времени все еще остается загадкой Вилюя.

Также можно отметить глаукоцит (48, стр. 18), и глины (48, стр. 17; 17, стр. 13; 72, стр. 462) зеленую, белую, бурую, оранжевожелтую, которые образуют громадные залежи.

#### 9. СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА

Углеродистые соединения известны в виде янтаря, угля и торфа. Особенно большим распространением пользуется бурый уголь, который развит в отложениях юрской системы. Пласты его доходят иногда до 3.5 м толщины. Площадь же распространения бурого угля Злобин определяет в длину от р. Большой Ботомы, где начинается формация бурого угля и за с. Булуя, т. е. около 1900 км вниз по течению Лены, а в ширину с одной стороны по берегу р. Вилюя за устье втекающей в него р. Мархи, т. е. на расстоянии 640 км, а с другой по берегу р. Алдана за устье р. Маи, т. е. до 420 км, а также от г. Якутска по направлению верхоянского тракта около 420 км. Такие колоссальные запасы бурого угля несомненно имеют громадное значение, так как путем сухой отгонки можно добыть из них весьма ценные для Якутии продукты.

Здесь не лишним будет перечислить те из выходов торфа, бурого и каменного угля, которые уже были осмотрены исследователями и о которых имеются те или иные сведения в литературе. Так например, по данным П. Л. Драверта (48, стр. 25), торф залегает на правом берегу р. Вилюя в 1 км ниже г. Вилюйска, а кое-где по рр. Намане и Тюньяри встречается бархатисточерный гагат (43, стр. 35). Что же касается бурого и каменного угля, то их выходы более многочисленны, — например: по данным Нордenschельда (22, стр. 385), Хитрова (13, стр. 56) и Фигурина (1, стр. 23, 24) каменный слоистый уголь обильно встречается по берегам р. Лены. В. Н. Зверев (59, стр. 1056) сообщает о пласте угля в 0.34 м видимой мощности, который тянется у подножии песчаниковых обрывов вдоль по левому берегу р. Алдана километров на 10 до поворота Алдана на северо-восток. Н. Неелов (56, стр. 104) упоминает о береговых откосах на р. Лене у Жиганска и ниже с двумя выходами каменного угля. Э. Толль (35, стр. 9, 10) отметил, что немного выше Якутска, у Тобагинской станции, свита песчаников содержит растительные остатки и пропластки бурого угля, а вблизи дельты Лены, немного выше острова Тас-Ары, — каменный уголь. По словам Р. И. Аболина (55, стр. 231) по берегам Вилюя вверх по течению вплоть до селения Сунтара в песчаниках местами встречаются целые обуглившиеся древесные стволы и значительные прослойки бурого угля. А. Павловский (19, стр. 91) рекомендует обратить внимание на левый берег Кемпендяя, возле Кемпендийского соляного ключа, а также на устье реки Ахтаранды и на берега р. Чоны, где встречаются залежи бурого и каменного угля. По словам Г. И. Доленко (54, стр. 212) бурый уголь обнаружен на Сергуевском мысе (Бытк-хая). Ф. В. Соколов (81, стр. 181) находит, что отложения с каменным углем вообще довольно распространены в районе р. Алдана. П. Л. Драверт отмечает целый ряд выходов бурого и каменного угля, например: по р. Желевнга, притоку Наманы; по р. Кляктя; по р. Намана, близ с. Ет-Кель и др. места; в Исаковской заимке в 6 км от Якутска; на Бытк-Хая; по левому берегу Лены в 53 км ниже Якутска; при впадении р. Тыры в Алдан; в ур. Чегума на правом берегу р. Лены в 24 км выше устья Вилюя; в ур. Батылым на правом берегу р. Лены в 32 км выше устья Вилюя; по р. Тюньяри, притоку Жели, впадающей в Вилюй; по р. Кемпендяй в ур. Хатыннах; по берегу Вилюя между Сунтаром и Нюрбой; по р. Тюн; по правому берегу Вилюя в 22 км от устья; по р. Наппим в 32 км выше Жиганска; в Уотах-Хая на р. Лене; по р. Стрекаловке и в окрестностях Жиганска; в 10 км ниже Жиганска; в Боро на правом берегу р. Лены и выше; в с. Булун и по левому берегу р. Лены в 5 км ниже с. Булуна. Уголь с последнего месторождения по словам П. Л. Драверта характеризуется черным цветом с матовым блеском, черной чертой, отсутствием деревянистого

сложения и плоским изломом; горит пламенем; от трения сильно электризуется, что зависит от большого содержания в нем смол; серы и фосфора не содержит; поддается обработке на токарном станке. Злобин (8, стр. 35) отмечает выходы бурого угля на поверхность выше г. Якутска и в берегах Вилюя по тракту от Вилюйска к Сунтарскому улуусу, причем толщину слоя этого угля он определяет в первом месте около 1 м, а во втором от 8—45 см. Кроме того Злобин (8, стр. 36) упоминает также о замеченном им выходе угля в правом берегу р. Лены между селениями Жиганском и Булуном. Бурый уголь первых двух месторождений по словам Злобина (8, стр. 36) чист, мелкослоист и в изломе блестящ, а в третьем — по нечистоте мало пригоден. Р. Маак указывает на следующее месторождение каменного угля: по левому берегу р. Ахтарачи (24, стр. 23) близ ее устья залегает пласт каменного угля темносерого цвета, толщиной около 1 м; по правому берегу р. Кемпендйай бурый уголь в виде прослоек встречается в песчанике (24, стр. 31); в протоке, соединяющем Вилюй с бывшим Нюрбинским озером, залегает слой бурого угля толщиной в 30 см (24, стр. 32); по берегу р. Вилюя в 32 км от Мархи встречаются целые обуглившиеся древесные стволы и значительные прослойки бурого угля (24, стр. 33); по берегу р. Вилюя против острова Харья-Ары тянется нетолстый пласт бурого угля и, наконец, на правом берегу р. Вилюя в 10 км ниже устья р. Делинга прослойки каменного угля встречаются в железистых метаморфизованных известняках (24, стр. 45). Большое значение Р. Маак придает бурому углю, залегающему в долине р. Кемпендйай, именно на левом берегу р. Кемпендйай недалеко от устья ее левого притока р. Джоокор и в 8 км (по прямой дороге) от Кемпендйайского соляного ключа (24, стр. 333). Особенно интересные указания о залежах каменных углей дает Л. А. Либерман, который в свое время лично обследовал многие месторождения с целью выяснения возможности их эксплуатации. Например Л. А. Либерман указывает на выходы бурого угля по берегу р. Вилюя от Нюрбы до с. Сунтара, обломки этого угля в большом количестве встречаются на косах Вилюя среди гальки (66, стр. 20). Затем, обследуя уголь в районе Сангары по р. Лене, Л. А. Либерман определил, что этот уголь — черный, блестящий жирный, горит средней длины пламенем, развивая высокую температуру и оставляет очень незначительное количество золы (61, стр. 82). К этому Л. А. Либерман добавляет, что на слишком крупный запас угля в районе Сангары рассчитывать трудно, хотя в то же время минимальный запас, даваемый пластом (61, стр. 82) можно считать вполне достаточным для разработки на нужды ленского пароходства. Не менее хорошего качества каменный уголь обнаружен Л. А. Либерманом на берегу р. Лены вниз по течению от устья р. Стрекаловки, здесь пласты тянутся на расстоянии 250 м, причем нижний пласт дает 1.35 м чистого каменного угля (61,



стр. 86, 87). Этот уголь черного цвета, колется на небольшие куски неправильной формы вверху пласта и на большие глыбы в нижней его части, где он более прочный; горит этот уголь небольшим пламенем, мало смолист, температуру развивает большую и сторает медленно, оставляя немного золы. Попытка отопления печки на барже „Ольга“ дала хорошие результаты.

Также были осмотрены три обнажения каменного угля по р. Стрекаловке. Здесь особенно интересным по своей мощности является первое обнажение, которое находится почти у самого устья р. Стрекаловки на правом ее берегу; вблизи выхода на дневную поверхность мощность угольного пласта достигает здесь 1.7 м, а в общем имеет 2 м мощности (61, стр. 85). Упомянув об образцах угля, доставленных в Якутский музей П. Л. Дравертом с открытых им залежей по р. Намане, впадающей в р. Лену, около Олекминска, Л. А. Либерман (61, стр. 187) замечает, что этот уголь не производит впечатления сернистого; он черный, слоистый, с плотным изломом, твердостью чуть больше 2, черту дает светло-бурую и в пламени свечи почти не загорается. Далее, отмечая выходы бурого угля также в Якутском округе, Л. А. Либерман (61, стр. 187) характеризует их так: в Восточно-Кангаласском улусе пласт каменного угля залегает почти горизонтально. Здесь уголь черный, очень хрупкий, блестящий, небольшого удельного веса, при дроблении делится на параллелопипедные отдельности, горит в пламени свечи, выделяя много дыма и спекается, а в Ворогонском улусе, опрокинутые на голову пласты, содержат уголь слоистой структуры, черный, блестящий, тв. 2. Этот уголь горит ярким пламенем с выделением большого количества дыма и спекается. По отношению залежей угля, найденных в косе р. Мархи, километрах в 8 от ее устья, Л. А. Либерман говорит, что здесь уголь черный, с сухим матовым блеском, плотного сложения, с крупным раковистым изломом, твердость имеет немного более 2, в пламени свечи сильно накаляется, горит слабо.

Помимо перечисленных месторождений Л. А. Либерман отмечает еще выходы бурого угля и в устье р. Вилюй и в 30 км от р. Вилюя в ур. „Ватылым“ (57, № 8, стр. 188), где по правому берегу р. Лены залегает целая свита каменноугольных пластов, среди наклонно расположенных песчаников и глинистых сланцев.

Многочисленные выходы угля по р. Лене отмечает также и А. Л. Чекановский, который в 1875 г. проплыл по р. Лене и имел возможность поверхностно осмотреть следующие месторождения. В окрестностях Лонгко-Хая у Куры — тонкие пропласты угля (33, стр. 208); у Черемый-Хая уголь обнаружен в виде выклинивающихся гнезд длиной 20—30 м и мощностью до 1 м (33, стр. 209); в плохо обнаженном склоне утеса Напими уголь найден непосредственно в глинах в виде ничтожных

выклинивающихся коротких пропластов и гнездышек (33, стр. 212); вниз от Нашихи в разных местах непостоянный ни по количеству, ни по мощности, но кое-где хорошего качества (33, стр. 213); от Жиганска до р. Нигур залежь угля обнаружена в беловатосером песчанике, а отчасти и в белых глинах (33, стр. 214); вниз по р. Лене за мысом Дряски уголь включен в глинистый песчаник (33, стр. 215); в утесе правого берега Джанды видна залежь угля в верхней его части, которая тянется до лежащего впереди мыса (33, стр. 215); в мысе Сапка залежь угля прерывистая и повидимому не мощная (33, стр. 221); по р. Лене до р. Бах залегает явственный пласт угля (33, стр. 226) и наконец в устье р. Аякит обнаружено несколько тонких залежей угля, включенных в отверделых глинах (33, стр. 228).

Касаясь вопроса вообще о качестве угля и его пригодности для отопления, хорошие отзывы дают Д. Васильев (34, стр. 3802), и Ф. А. Матисен (77, стр. 84). Ниже сего приведены анализы Якутского угля:

1. Для месторождения Кангаласского или Сургутского камня, находящегося в крутом обрыве левого берега Лены приблизительно в 60 км ниже Якутска (96, стр. 5).

Технический анализ		Элементарный
Зольный и водный уголь	Беззольный уголь	Беззольный и безводный уголь
Влажности . . . 19.5 %	Кокса неспекающегося . . . 48.47%	Углерода . . . 65.22%
Золы . . . . . 6.5 "	Летучих . . . . . 51.55 "	Водорода . . . . . 4.8 "
Серы . . . . . 0.20 "	Теплопроизводительная способность . . 5071 кал.	Серы . . . . . 0.35 "
Кокса зольного . 42.0 "		
" беззольного . . . . . 35.5 "		
Летучих с влажностью . . . . . 58.0 "		
Летучих безвлажности . . . . . 35.5 "		

2. Для месторождения урочища Сангара, находящегося на правом берегу Лены в 320 км от Якутска и в 80 км выше устья Вилюя (96, стр. 6).

Технический анализ		Элементарный
Зольный и водный уголь	Беззольный уголь	Беззольный и безводный уголь
Влажности . . . 4.270%	Кокса . . . . . 47.35%	Углерода . . . 71.51%
Зола . . . . . 0.4 „	Летучих . . . . . 52.65 „	Водорода . . . 4.60 „
Серы . . . . . 0.38 „	Кокс спекается в хрупкий королек. Теплопроизводительная способность. 6118 кал.	Серы . . . . . 0.51 „
Кокса зольного . 51.16 „		Кислорода . . . 22.27 „
„ беззольного . . . . . 41.12 „		Азота . . . . . 1.11 „
Летучих с влажностью . . . 48.84 „		
Летучих безвлажности . . . 44.57 „		

3. Для Лунхинского месторождения, находящегося в долине р. Лунхи, левого притока Лены примерно в 8 км от впадения в Лену (96, стр. 7)

Технический анализ		Элементарный
Водный и зольный уголь	Беззольный уголь	Беззольный и безводный уголь
Влажности . . . 19.84%	Кокса неспекающегося . . . 56.60%	Углерода . . . 69.45%
Зола . . . . . 7.79 „		Водорода . . . 7.79 „
Серы . . . . . 0.40 „		Серы . . . . . 0.68 „
Кокса зольного . 39.23 „		Кислорода . . . 21.09 „
„ беззольного . . . . . 31.44 „		Азота . . . . . 0.79 „
Летучих с влажностью . . . 60.77 „		
Летучих безвлажности . . . . 40.93 „		

4. Для Нижне-Алданского месторождения, находящегося приблизительно в 50—55 км ниже ст. Алданской Якутско-Охотского тракта (96, стр. 10).

Технический анализ		Элементарный
Водный и зольный уголь	Беззольный уголь	Беззольный и безводный уголь
Влажности . . . 8.56%	Кокса слабоспекающегося . 51.86 „	Углерода . . . 59.96%
Золы . . . . . 4.85 „		Водорода . . . 4.66 „
Серы . . . . . 0.28 „		Кислорода и азота . . . . . 34.76 „
Летучих . . . . . 34.35 „		

5. Для Нюкжинского месторождения, находящегося в долине р. Нюкжи по ее левому берегу в 5 км выше устья р. Агдарагды, левого притока Нюкжи (96, стр. 11)

Технический анализ		Элементарный
Водный и зольный уголь		Безводный уголь
Влажности . . . . . 12.89%		Углерода . . . . . 57.09%
Золы . . . . . 3.93 „		Водорода . . . . . 4.05 „
Летучих . . . . . 44.14 „		Золы . . . . . 4.57 „
Кокса беззольного . . . . . 51.93 „		Кислорода, азота и серы . 34.29 „

Вышеприведенный довольно подробный перечень залежей каменного угля как нельзя лучше иллюстрирует собою высказанное Элобным обобщение насчет площади распространения последнего и дает возможность, если и не совсем, то хотя отчасти судить о том богатстве, каким располагает Якутская республика.

## II. Северозападная область

Границами этой области могут служить: на севере побережье моря Лаптевых, на востоке р. Лена, на юге Вилюйско-Оленекский водораздел и на западе р. Хатанга.

С административной же точки зрения в описываемую область входит только западная часть Булунского округа.

В *геологическом* отношении область изучена крайне слабо. Экспедиция А. Л. Чекановского по р. Оленеку и И. Н. Толмачева по р. Хатанге, морскому побережью и р. Анабаре дали очень мало для того, чтобы можно было судить о строении и рельефе этой обширнейшей области в целом.

В общем, по имеющимся сведениям, Северозападная область представляет собой плато, построенное мощными кембрийскими и силурийскими отложениями, среди которых в среднем течении р. Анабары выступают докембрийские сланцы. Кроме того, здесь имеются также триасовые отложения, частично выступающие с правой стороны у самого устья р. Оленека, и нижнемеловые и юрские отложения, залегающие по р. Анабаре. К этому можно добавить также еще молодые палеозойские отложения и вулканические породы, так называемые „Сибирские траппы“. Последние принимают деятельное участие в строении Северозападной области и имеют особенно мощное развитие в ее западной половине, где они образуют интрузии, покровы, дайки и жилы, и этим придают области своеобразный характер. Что же касается восточной части Северозападной области, то по данным А. Л. Чекановского и Э. Толля здесь наибольшую площадь занимает Волжский ярус, который заходит сюда со стороны Лены, и распространяясь до устья Оленека, покрывает собою триасовые слои. Волжские слои, как отмечает Э. Толль, покрывает собою также и хребет „Чекановского“, расположенный по берегу Ледовитого океана от устья Лены до устья Оленека. Хребет Чекановского сложен из триасовых отложений, тогда как хребет Прончищего, расположенный на запад от Оленека, сложен из мезозойских отложений. Что же касается северного конца Анабарской бухты у ур. Бусхай, то Э. Толль отмечает здесь следующие отложения: лейасовые, волжские, неомские и оксфордские. Этими данными исчерпываются все сведения о геологии Северозападной области.

В *орографическом* отношении описываемая область представляет плато, глубоко изрезанное речными долинами. Это плато на юге повышается и образует водоразделы: Лено-Оленекский, Вилюйско-Оленекский и Вилюйско-Тунгусский. Вилюйско-Оленекский водораздел носит название Вилюйского хребта. Он представляет собою очень пологое повышенное плато, на котором возвышаются отдельные, разных форм и размеров столовые горы, сложенные из более твердых пород — сибирских траппов. Такие столообразные горы встречаются и внутри области.

На крайнем севере вдоль побережья моря Лаптевых проходит между Анабарой и Оленеком хребет Прончищего из юрских пород, а между Оленеком и Леною хребет Чекановского, которые и нарушают собою платообразный характер всей области. Подробности рельефа

водораздельных пространств плато освещены еще очень слабо, так как большая часть маршрутов проходила по линиям рек.

Из всех общеизвестных минералов в описываемой области найдены следующие:

### 1. ХЛОРИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Из хлористых соединений известны лишь каменная соль, которая, по словам А. П. Герасимова (44, стр. 258), залегает на берегу Ледовитого океана близ устья р. Анабары и нашатырь, найденный в Каменной горе при слиянии рр. Солемы и Анабары (11, стр. 11), а также по р. Хатанге, около 100 км ниже Крестовского зимовья в 10 км выше устья р. Новой (79, стр. 65).

### 2. ОКИСЛЫ

Класс окислов представлен не богато. Из всех минералов этого класса можно отметить лишь кварц и магнетит, которые были обнаружены О. О. Баклундом (40, стр. 467; 42, стр. 797) в составе гиперстенового гнейса с верхнего Анабара, затем сердолики и карнеолы, попадающиеся, по словам А. Л. Чекановского, (31, стр. 137, 150) среди гальки по берегам р. Оленека, и наконец бурый железняк, обнаруженный по хребту Чекановского вблизи устья р. Оленека (93, стр. 40).

### 3. СУЛЬФАТЫ

Из сульфатов известен пока только один гипс. Шпатовый и волокнистый гипс, белого и красного цвета, по словам А. Л. Чекановского встречается здесь в виде гнезд или выклинивающихся прожилков в глинах вообще по р. Оленеку и в частности в силурийских рудьяках по р. Оленеку между Томбой и Алактом, а также и по берегу р. Кутигивы (32, стр. 171).

### 4. ФОСФАТЫ

Апатит является единственным представителем класса фосфатов. По словам О. О. Баклунда он входит в виде больших зерен в составе гиперстенового гнейса с верхнего Анабара (40, стр. 467) и играет в средних членах ряда залегающих здесь горных пород (42, стр. 798) немаловажную роль.

### 5. СИЛИКАТЫ

Из силикатов О. О. Баклунд (40, стр. 467) отмечает лишь пертит, антипертит, плагиоклаз (состава  $Al_{42} An_{58}$ ), гиперстен, призматит и гранат, которые являются составными частями гнейсового массива, открытого Хатангской экспедицией в верховьях р. Анабары. Кроме того А. Л. Чекановский указывает на находки цеолитов среди гальки по правому берегу р. Оленека (31, стр. 150).

## 6. СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА

Углеродистые соединения представлены здесь в виде горной смолы, которая по словам Фигурина (1, стр. 247) находится при р. Харысовке, впадающей в р. Оленек, где она в летнее время от солнечного тепла расплавляется и опускается с утеса в названную речку.

Помимо горной смолы А. Л. Чекановский отмечает еще залежь землистого угля немного ниже р. Балаганнак; на протяжении этой залежи выше и ниже по р. Оленек по предположению А. Л. Чекановского уголь был, повидимому, лучшего качества.

Кроме этого по словам П. В. Грунвальда (93, стр. 40) уголь обнаружен также и в следующих местах: во-первых ниже р. Волголаха, впадающей в р. Оленек вблизи ее устья, во-вторых по берегам р. Оленек от устья р. Костерук-тах до впадения р. Оленек в море, затем также между устьем р. Галимер, впадающей в р. Оленек справа и дорогой на Аякит (на Лене ниже с. Булун) и наконец по хребту Чекановского и по р. Хатанге.

Других сведений о прочих минералах пока не имеется.

Все вышеперечисленные минералы Северозападной области в достаточной мере еще не обследованы, а поэтому и сказать что-либо об их промышленном значении положительно не представляется возможным.

## III. Северовосточная область

Границами описываемой области могут служить: на севере побережье Восточно-Сибирского моря, на востоке Анадырский хребет, на юге Колымский хребет и на западе р. Лена.

В административном отношении в область входят: восточная часть Булунского округа, большая часть Верхоянского округа и Колымский округ.

*Геологическое* обследование этой области заставляет желать много лучшего. Те экспедиции, которые посетили область, сосредоточили свои работы главным образом в районе северных рек: Яны, Индигирки и особенно Колымы, а также вдоль побережья Восточно-Сибирского моря. В районе Яны побывали: Э. Толль, А. Бунге, Г. И. Шилейко, А. Л. Чекановский и К. А. Воллосович; район Индигирки посетили: И. Черский, С. В. Обручев, а на Колыме побывали: И. Черский, Д. Севостьянов, О. Ф. Герц, К. А. Воллосович, И. П. Толмачев, Ф. Врангель, Г. Я. Седов и др., что же касается остальной территории описываемой области, то она обследована весьма и весьма слабо.

По тем скудным сведениям, которые удалось добыть до настоящего времени, описываемую область можно представить как сложную систему

горных поднятий, чередующихся с обширными впадинами и слагающихся из собранных то в очень крутые, то в весьма пологие складки метаморфических сланцев докембрия, затем также отложений кембрия, силура, девона, морского карбона, пермокарбона, морского триаса, морской нижней и средней юры, нижнего мела и наконец пресноводных третичных осадков с углем изверженных пород, как-то: гранитов, порфиров, диабазов, пегматитов, кварцпорфиров, диоритов гранит-порфиров и базальтов. Такое богатое разнообразие геологических образований с несомненностью говорит вообще за сложное строение всей Северовосточной области и возбуждает особый интерес к ее изучению.

Что же касается относящихся к Северовосточной области Новосибирских, Медвежьих и др. островов, то по данным И. П. Толмачева, Э. Толля, К. А. Воллосовича, А. Бунге и О. О. Баклунда на этих островах имеют место следующие геологические образования: на острове Котельном — верхнесилурийские коралловые известняки, среднедевонские известняки и сланцы, триасовые сланцы, третичные и четвертичные отложения, а из изверженных пород — диабазы и оливиновые породы; на острове Новая Сибирь — третичные отложения; на острове Фадеевском — послетретичные осадки; на острове В. Лаховском — гранитные массивы и четвертичные отложения; на острове Беннета — отложения кембрия, силура, верхней юры, каменноугольные и четвертичные, и из вулканических — граниты и базальты, и, наконец, на острове дес. Алексея — красные граниты, измененные гнейсы, кварцы, порфиры и мелкозернистые диабазы.

В *орографическом* отношении описываемая область представляет горную страну, опоясанную по краям почти сплошным поясом высоких горных поднятий, например: Верхоянского хребта на юге и юго-западе и его продолжения на северо-западе, Колымского хребта на востоке и ряда менее высоких поднятий вдоль побережья Восточносибирского моря. Наиболее высокие горные края как принадлежащие системе Верхоянского хребта, так и лежащие внутри указанной горной дуги, имеют альпийские формы, именно: скалистые островерхние гребни гор, корытообразные долины, ледниковые цирки и озера на перевалах.

Что касается обширных впадин, разбросанных в различных частях области между хребтами, то о них сведений имеется очень мало, но по некоторым признакам можно предположить, что они имеют характер плоского плато, усыпанного массой небольших озер. Кроме того здесь имеют большое распространение ледяные наклипы, так называемые „наледи“.



## 1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Из самородных элементов П. Л. Драверт отмечает лишь находки: платины в системе р. Колымы (79, стр. 67), меди на Медвежьих островах против устья р. Колымы (79, стр. 63), серы в гипсе Кысыл-Балактахских гор Верхоянского округа (48, стр. 6) и графита как сплошного, так и вкрапленного мелкими листочками в грубозернистом известняке из Колымского округа (79, стр. 58).

Кроме того по данным В. А. Обручева (95, стр. 25, 26) можно отметить еще находки золота в бассейне р. Момы, правого притока р. Индигирки, в 530 км от ур. Мома на этой реке; на правом берегу р. Внучка, притока р. Хатыска, а также по р. Кыра, впадающей в р. Селегнях, левый приток р. Индигирки, в 10 км от тракта Верхоянск — Колымск. Затем по р. Супри, впадающей в р. Березовку, правый приток р. Колымы; по р. Хириникан, притоку Верхней Колымы и по рр. Буянде и Сериникана, впадающим справа в Колыму выше р. Сеймчан.

Все перечисленные выше самородные элементы обследованы настолько еще мало, что сказать что-либо конкретно о характере их месторождений, а тем более о практическом их значении положительно не представляется возможным.

## 2. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сернистые соединения представлены тоже не богато.

Наибольшего внимания из них заслуживает лишь свинцовый блеск (галенит), который уже неоднократно обследовался, частично эксплуатировался и несомненно имеет промышленное значение как сербряно-свинцовая руда.

Свинцовый блеск известен по северному склону Верхоянского хребта, в долине р. Эндыбал, в долине р. Мангазейки и в системе р. Батынтай, по левому притоку р. Яны. Первое из этих месторождений, именно Эндыбальское, расположенное в долине р. Эндыбал, левого притока Большого Эндыбала, впадающего в р. Эгей — левый же приток р. Долгулаха, — известно уже с 1765 г., но эксплуатация его, если не считать, конечно, хищнических выработок инородцев, производилась только с 1778 по 1781 гг., после чего вследствие значительной отдаленности, плохих путей сообщения и недостатка топлива была оставлена и возобновилась лишь в 1915 г., когда последняя война увеличила потребление свинца до крайних пределов. Н. Меглицкий, обследовавший Эндыбальское месторождение в 1850 г., установил его полную благонадежность в промышленном отношении; по его словам (12, стр. 155) здесь рудоносная гора заключает в себе 5 прожилок свинцового блеска, из которых 4 были известны прежде. Толщина этих прожилок не превышает 10 см, а протяженность достигает 1.5 км.

Рудные жилы залегают в толще глинистых сланцев и песчаников верхнего триаса, прорезанных жилами порфиров, с которыми Н. Меглицкий и связывает образование рудных жил (12, стр. 155). Среди этих жил Н. Меглицкий различает по простиранию, падению и минералогическому составу два типа (12, стр. 196, 197): первый тип, представляет пластовые жилы, наиболее удаленные от выхода полево-каменных пород и имеющие кровлю из глинистых сланцев, а почву из песчаников, а второй тип — секущие жилы, расположенные в ближайшем соседстве с порфирами. Минералогический состав жил первого типа таков: свинцовый блеск, иногда кварц, известковый и горький шпаты, на поверхности же преобладает железный блеск; а второго — свинцовый блеск и серный колчедан, а на выходах исключительно серный колчедан. По анализу Иркутской золотосплавочной лаборатории Эндыбальская руда содержит свинца 15.55% и серебра 0.09% (23, стр. 189).

Что же касается месторождения свинцового блеска по р. Мангазейке, то по минералогическому составу оно отличается от Эндыбальского присутствием сурьмянистого свинцового блеска (буланжерита), в котором содержание сурьмы достигает 13% и более (91, стр. 173). Мангазейское месторождение находится близ Эндыбальского, поэтому его геологические условия, до сего времени неизвестные по видимому тождественны с Эндыбальскими. Здесь разведкою частного предпринимателя А. А. Семенова в 1915 г. была обнаружена жила мощностью от 4.5 см до 75 см. Что же касается содержания свинца в руде, то оно очевидно непостоянно, так как ряд анализов дал следующие результаты:

свинца	54.37%	серебра	0.208% (91, стр. 173);
"	70.80 "	около	0.50 и до 1% (78, стр. 155);
"	85.57 "		0 12% (96, стр. 26).

Помимо Эндыбальского и Мангазейского месторождений в литературе имеются указания еще и на другие месторождения, так например, по р. Мянктян, притоку р. Биллях, впадающей в свою очередь в р. Бутынтай. Здесь обнаружена рудная жила от 18 до 35 см, причем состав руды: свинца 49%, сурьмы 3.05%, серебра 0.05%, фтора 17% и кремния 18% (78, стр. 156). Известно также месторождение и при устье р. Нера, притоку р. Кея, впадающей справа в Алдан. Это месторождение расположено на южном склоне Верхоянского хребта в 160 км от Алдава (8, стр. 38).

Делая оценку всех вообще Верхоянских месторождений свинцового блеска с практической стороны, можно сказать, что все они одинаково важны. Командировка инж. К. Я. Пятовского, с целью геологического и технико-экономического обследования всего рудного района, кладет

начало восстановлению свинцовой промышленности Якутии и ее развитию.

Заканчивая главу о сернистых соединениях Северо-восточной области, здесь не лишним будет упомянуть также и о находках серного колчедана, который по словам П. Л. Драверта (79, стр. 66) встречается по р. Индигирке, затем в зернистом известняке с мыса Шилейко на острове Котельном (48, стр. 6), а по данным Ф. Врангеля (10, стр. 46) на Медвежьих островах, и на который Н. Меглицкий (12, стр. 155) указывает как на спутника серебро-свинцовых руд Эндыбала.

Также заслуживает внимания и киноварь, находки которой П. Л. Драверт (79, стр. 61) отмечает по р. Тас-Юрях в Верхоянском округе.

Как серный колчедан, так и киноварь в промышленном отношении еще не исследованы.

### 3. ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Из представителей класса галоидных соединений известен лишь плавиковый шпат (флюорит) с острова Котельного на Ледовитом океане (79, стр. 67).

### 4. ОКИСЛЫ

Из выделений первичных магм известны:

Магнетит, который по словам Н. Кириченко (58, стр. 16) в значительном количестве рассеян в породе на острове Четырехстолбовом.

Гематит, встреченный по р. Березовке в Колымском округе, на что указывает П. Л. Драверт (48, стр. 9), а Н. Меглицкий (12, стр. 155) указывает на гематит как на спутника серебристо-свинцовых руд Верхоянских гор.

Из представителей процессов жильных образований встречаются:

Кварц, который, как отмечает Н. Меглицкий, является составной частью пород Верхоянского хребта. По словам Н. Кириченко (58, стр. 160, 161) кварц входит также в состав гранита Четырехстолбового острова. И. П. Толмачев замечает, что кварц вместе с эпидотом образует на р. Березовке стяжения неправильной формы (37, стр. 141). Э. Толль (35, стр. 8) указывает на кварц как на составную часть кварцевых порфиров и гранитов по правому берегу р. Яны выше Верхоянска, а Ф. Врангель (10, стр. 196, 215) сообщает о найденных обломках кварца на р. Баранихе и на западной стороне мыса Баранова Камня. Кроме того у П. Л. Драверта есть указание на находки экспедицией А. В. Колчака белых непрозрачных кристаллов кварца на главной вершине горы Малакатын, находящейся на острове Котельном.

Аметист встречается по словам Ф. Врангеля (10, стр. 222) на Колыме близ камня Кондакова в известковых шарах, а по П. Л. Драверту (48, стр. 11) на острове Беннета.

Горный хрусталь по данным А. Е. Ферсмана (89, стр. 351) встречается по р. Индигирке близ Зашиверска; А. Аргентов (14, стр. 84) указывает на находки его в Чаунском приходе Калымского округа. Ф. Врангель (10, стр. 222) сообщает о находках горного хрусталя на Колыме близ камня Кондакова, а П. Л. Драверт (79, стр. 61) в горах по р. Индигирке.

Из озерных руд можно отметить бурый железняк, который как отмечает Н. Меглицкий, является спутником свинцовых руд Эндыбала (12, стр. 165) и охру желтоокрасную в 250 км на север от Абья в горах, окружающих Ожогинское озеро (48, стр. 11).

Кроме того в большом количестве встречаются:

Яшма обыкновенная, землистая, темноокрасного цвета на Новой Сибири (1, стр. 245); а Ф. Врангель отмечает ее по правому берегу р. Баранихи (10). И. П. Толмачев (37, стр. 141) также упоминает о яшмовой гальке с р. Березовки.

Халцедон по словам П. Л. Драверта (79, стр. 70) встречается на острове Беннета, а по указанию Ф. Врангеля (10, стр. 125) близ камня Кондакова в известковых шарах. К. А. Воллосович (38, стр. 35) указывает на миндалины халцедона в новейших изверженных породах у острова Котельного.

Сердолик попадает на мысах Высоком и Плоском Новой Сибири, что отмечает Фигурин (1, стр. 244), а по Ф. Врангелю — на всех островах Сибири темноокрасные сердолики, что имеет подтверждение и в сообщениях М. М. Геденштрома (4, стр. 42).

Агат или опаловидный кварц различных цветов в сплошном виде и угловатых кусках отчасти попадает на Новой Сибири.

Опал по данным П. Л. Драверта (79, стр. 66) попадает на р. Березовке Колымского округа. У И. П. Толмачева (37, стр. 141) есть также указание на находки на р. Березовке опала желтого цвета.

Карнеол известен по правому берегу р. Баранихи (10, стр. 214). Г. Кибер (3, стр. 143, 149) сообщает о находках на берегах р. Анжия опалов, карнеолов, яшм и горного хрусталя.

## 5. КАРБОНАТЫ

Из углекислых соединений можно отметить:

Известковый шпат в виде прозрачных ромбоэдров на острове Котельном близ мыса Медвежьего (48, стр. 20).

Бурый шпат бледноокрасного цвета по словам Фигурина (1, стр. 246) встречается на Новой Сибири по северную сторону Высокого мыса. По словам И. Садовникова (46, стр. 15) шпатовый железняк встречается в Колымском округе на восточном склоне Алазейского хребта.

Кроме того встречается еще церуссит, который в виде мелких кристалликов располагается на свинцовом блеске по р. Эндыбал (48, стр. 22), а также доломит в Эндыбалском месторождении.

#### 6. СУЛЬФАТЫ

Из сернокислых соединений известен лишь гипс, который как указывает П. Л. Драверт (48, стр. 19) листоватого и плотного вида и встречается в верховьях р. Момы Верхоянского округа.

#### 7. ФОСФАТЫ

Из фосфатов встречаются только апатит, который по словам Н. Кириченко (58, стр. 111) входит в состав гранитовых образований острове Четырехстолбового, и вивианит на бивнях мамонта с берегов Ледовитого океана (48, стр. 18).

#### 8. СИЛИКАТЫ

Из силикатов имеются микроскопического характера оливин (35, стр. 12), андалузит (58, стр. 165), цоизит (58, стр. 161), кордиерит (58, стр. 165), роговая обманка (12, стр. 190), биотит (58, стр. 160, 161), хлоритоид (12, стр. 166), хлорит, альбит (58, стр. 160), олигоклаз (58, стр. 160), ортоклаз (58, стр. 160) и несколько лучше выраженные: асбест, делессит, гранат (79, стр. 58), полевои шпат (12, стр. 190), анальцит (62, стр. 293), гиалосидерит (62, стр. 291), тальк (14, стр. 84), нефелин (62, стр. 291), меланит (48, стр. 15), циркон (17), слюда (12, стр. 190), цеолиты (79 bis, стр. 359; 48, стр. 17) и асбест.

#### 9. СОЕДИНЕНИЕ УГЛЕРОДА

Из числа углеродистых образований Фигурин (1, стр. 247) отмечает находки янтаря при оз. Ладаннаха и Тастаха. Затем он же указывает на залежи бурого угля на Новой Сибири и оз. Тастах. Кроме того у П. Л. Драверта (48, стр. 25) имеется указание на залежи торфа на острове Котельном близ Елисейевской поварни и лигнита на острове Беннета (48, стр. 24). Также П. Л. Драверт упоминает и о прозрачных и полупрозрачных окатанных зернах янтаря желтого и оранжевого цвета с берега Ледовитого океана на Быковом мысе. Помимо этого в янтаре замечает и Злобин, говоря, что за Верхоянским хребтом к устью р. Яны лежат пространнейшие равнины намываемого образования, содержащие в некоторых местах бурый уголь и некоторое похожее на янтарь горючее вещество. Об этом похожем на янтарь горючем веществе упоминает также и М. М. Геденштром (7, стр. 137), добавляя при этом, что это вещество легче янтаря и при сжигании не издает свойственного янтарию приятного запаха. К. А. Воллосович же отмечает залежи бурого

угля в третичных слоистых цветных породах на острове Новой Сибири (36 стр. 242), и упоминает об осадках, содержащих бурогольные пласты по р. Решетниковой на острове Ботельном (36, стр. 243). Кроме того он же упоминает о третичных осадках с оз. Тас-Таха, которые изогнуты в складки, имеющие простирание и содержат три пласта бурого угля (45, стр. 512). О залежах бурого угля есть указание и у Д. И. Черского, который в свою последнюю поездку в 1891 г. обнаружил, что предгорья Верхоянского хребта состоят из пластов песчаника, содержащего бурый уголь и весьма грубые растительные остатки (27, стр. 21).

Залежи бурого угля, торфа и янтаря в Северо-восточной области Якутской Республики с промышленной стороны никем еще не обследовались.

#### IV. Алданская золотоносная область

Границами этой области могут служить на севере р. Алдан и на востоке, юге и западе условно территориальная граница самой Якутской республики, проходящая по Становому хребту.

С административной точки зрения в эту область входит только южная часть Алданского округа.

В геологическом отношении Алданская золотоносная область изучена весьма слабо. Наиболее ценными данными для геологической характеристики этой области являются работы В. Н. Зверева и Е. К. Миткевича-Волчасского — для средней части области, Э. Э. Анерта и А. Ф. Миддендорфа — для восточной части, В. А. Вознесенского, Я. А. Макарова и Е. К. Миткевича-Волчасского — для югозападной части (район Олекмы и Тунгира) и С. Я. Подьяконова — для западной части. На основании описаний этих исследователей Алданская золотоносная область в общем представляет собой горную область, сложенную крутоскладчатыми докембрийскими гнейсами, гранито-гнейсами и др. метаморфическими породами с глубинными интрузиями различного возраста. Эта свита или выступает на поверхность, или же покрывается толщей палеозойских отложений и тогда обнажается лишь в нижних частях речных обнажений.

По данным В. Н. Зверева здесь по верхнему и среднему Алдану имеются разнообразные слюдястые и бесслюдястые гнейсы, слюдястые сланцы, амфиболиты, пироксеновые гнейсы, гранулиты, кварциты, гранатовые гнейсы, пегматиты, мусковитовые аплиты, гранит-порфиры, диорит-порфиры и граниты. А. Ф. Миддендорф дает указание на обнаруженные им в цепи Кех-Ка между Б. Аимом и Учуром: трахитовый диорит, сиенит и мелкозернистый гранит (грейзен), а Кованько отмечает найденный им полевошпатовый порфир с выделением плагиоклаза и роговой обманки. Касаясь состава горной системы хребта Станового, В. Н. Зверев

отмечает, что все три цепи в верховьях Тимптома и обе цепи в верховьях Алдана сложены преимущественно из хлоритовых, кварцево-хлоритовых, кварцево-серипитовых, роговообманковых и слюдяных сланцев, залегающих несогласно в гнейсовой свите и пересеченных многочисленными жилами кварца с пиритом и медным колчеданом, затем жилами пегматита и массивами грубозернистого гранита. Такие же горные породы наблюдал Э. Э. Анерт и в верховьях р. Сутам. Вообще в состав Лено-Амурского водораздела, в его широтной части, входят главным образом гнейсы и связанные с ними кристаллические сланцы и массивные граниты; затем заметное участие принимают жильные породы и древние эффузивные в виде разных порфиров.

Рельеф этой области мало выяснен. Известно лишь, что он на всем своем протяжении характеризуется наличием не менее двух ясно выраженных цепей гольцев, причем в средней части поднятия вершины гольцевых цепей плоски, болотисты и часто усеяны небольшими озерами. Как гольцовые цепи, так равно и разбросанные между ними отдельные гольцовые поднятия образуют сложный лабиринт возвышенностей, часто расположенных без видимого порядка, разделенных друг от друга широкими впадинами. Южная из гольцевых цепей является водоразделом между системами рр. Лены и Амура; по вершинам этой цепи и проходит южная граница Якутской республики.

Из минералов можно отметить следующие:

#### 1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Из элементов в Алданской золотоносной области наиболее широким распространением пользуется золото. Золото здесь распространено главным образом по долинам правых притоков р. Алдана и в верховьях р. Олекмы, вследствие чего и вся область подразделилась на отдельные золотоносные районы, носящие то или иное название, в зависимости от названия речки, протекающей в данном районе. К числу таких общеизвестных районов можно отнести следующие:

1) Верхне-Олекминский район, охватывающий верхнюю часть бассейна р. Олекмы до прорыва этой реки через хребет Становой. В этом районе первые прииски возникли в 1843—1844 гг. по р. Бухте, правому притоку р. Бугарихты, впадающей справа в р. Тунгури, и по р. Сватковке, левому притоку р. Маклакан, впадающей слева в р. Олекму (95, стр. 10, 11).

2) Верхне-Тимптомский район, примыкающий с севера к Верхне-Олекминскому, но отделенный от последнего южной цепью хребта Станового. Этот район расположен по верховьям р. Тимптома, его больших левых притоков Чульмана и Ненгро и небольших Б. и М. Берикану, Баян-Бира, Колбача, Джигдали и др., протекающих среди двух северных

цепей хребта Станового. Золотоносность района была обнаружена в 1889 г. по р. Тимптом (95, стр. 9). Содержание золота колеблется от 1.5 ‰ до 10.25 ‰ в тонне.

3) Сутамский район, расположенный в верховьях р. Сутам, правого притока р. Гонам, впадающей слева в р. Учур на северном склоне хребта Станового. В этом районе золото было открыто в 1892 г. Главные прииски расположены в системе р. Джалинды, правого притока р. Сутам (95, стр. 11). Содержание золота колеблется от 1.8 ‰ до 8.2 ‰ на тонну (94, стр. 176).

4) Верхне-Алданский район, расположенный в промежутке между рр. Алданом и Тимптомом. Здесь золото еще не добывалось, хотя заявки в свое время и были (95, стр. 13).

5) Алданский (Томмотский) район, расположенный между рр. Алданом и Тимптомом. В этом районе впервые золото было обнаружено в 1913—1914 гг. на р. Томмот, правом притоке Большого и Северного Нимгера, впадающего справа в Алдан (95, стр. 14). Содержание золота достигает 11 ‰ в кубическом метре.

6) Нижне-Тимптомский район, примыкающий с востока к Алданскому, от которого отделяется долиною р. Тимптома. Первые заявки были сделаны в 1917 г. по р. Тарканда, левому притоку р. Джалтулы, впадающей справа в р. Тимптом, и

7) Нюкжинский район, расположенный в бассейне р. Уркумы, правого притока р. Нюкжи. Разработка начата в 1915 г., среднее содержание золота колеблется от 1.8 ‰ до 5.1 ‰ на тонну.

Алданское золото высокопробное и крупнее Вилюйского. Гор. инж. В. Тихомиров (Горн. журн., 1926, № 10, 655) подразделяет его как по наружному виду, так и по химическому составу на два типа. Представителем первого типа В. Тихомиров считает золото с прииска „Незаметного“. Это золото мелкого пластинчатого крючковатого строения; по внешнему виду оно чисто и блестяще, но в действительности покрыто тончайшей оболочкой, делающей это золото жирным и легко плавающим по воде. Золото первого типа высокопробное, содержащее 944.5 золота, 50.5 серебра и 5 лигатуры. Что же касается золота второго типа, то представителем его является золото с прииска „Ораченского“, известное под названием „рубашечного“. Это золото крупное, в виде самородков, сверху покрыто бурым железняком. Такие самородки не только покрыты снаружи окислами, но бывают пронизаны ими насквозь. Золото второго типа более низкой пробы, чем первого и содержит: золота 924.5, серебра 62.5 и лигатуры 13.

Относительно происхождения Алданского золота можно сказать, что оно приурочено к горным породам трех категорий и возрастов, а именно: к гнейсам, богатым темноцветными элементами — роговой обманкой и бло-



титом и пронизанным жилами пегматита, аплита и кварца; затем к хлоритовым, к кварцево-хлоритовым и кварцево-серицитовым сланцам, обильно пересеченным жилами тех же аплита, пегматита и кварца, и, наконец, к порфирам, проникшим по линиям разлома; последние породы можно отнести к концу мезозоя, тогда как породы первых двух категорий — к докембрийским.

Что же касается практического значения золота Алданского района, то оно заслуживает особого внимания. Нужно полагать, что этот район даст еще не мало возможностей, которые в связи с проведением через Алданский район железной дороги поднимут экономику Якутской Республики на должную высоту.

Помимо золота следует отметить еще и медь, которая встречается по отрогам Алданских гор (46, стр. 15).

## 2. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сернистые соединения представлены очень бедно. М. Мельников (26, стр. 136) отмечает находки серного колчедана (пирита) в составе гранита в долине р. Тан-янгды, а по р. Алдан встречаются конкреции марказита. П. Л. Драверт (48, стр. 6) отмечает находки серных колчеданов в кварцах с р. Сылгы-Тири-Лях, притока р. Алдана.

Кроме того М. Мельников (26, стр. 150) сообщает о молибденовом блеске (молибдените), который обнаружен им в виде вкрапленности в порфировой породе на Становом хребте.

## 3. МЫШЬЯКОВИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Представителем класса мышьяковистых соединений является лишь двумышьяковистая платина (сперрилит —  $PtAs_2$ ), которая в 1914 г. найдена на Николаевском прииске в системе р. Тимптома, притока Алдана. По данным Н. К. Высоцкого (83, стр. 248) мелкие кристаллы сперрилита открыты здесь как спутник золота и платины, в черных шлихах, состоящих главным образом из магнетита с примесью ильменита, альмандина и циркона. Встречается сперрилит в виде мелких (0,5—1 мм) угловатых обломков с плоскораковистой поверхностью; реже в виде неправильно овальных зерен с гладкой блестящей поверхностью; наблюдаются также изредка и кристаллы, большей частью обломанные или закругленные, кубического, кубооктаэдрического, пластинчатого и пирамидального облика. На кристаллах сперрилита с Николаевского прииска обычно наблюдаются комбинации из следующих форм (100), (111) и (110); помимо этого бывают развиты и округлы грани таких форм, как (hko), (hkk) и (hkl). Изредка встречаются параллельные сростки. Физические и химические свойства сперрилита по Н. К. Высоцкому (83, стр. 146) таковы:

блеск металлический, не магнитен, черта темносерая или черная. Цвет светлосерый, оловянобелый, иногда с побегалостью от тусклосерого до синеватого и томпаковожелтый. Излом раковистый, спайность довольно совершенная по (100), хрупок, тв. — 6,5, уд. в. — 10,7. Перед паяльной трубкой при нагревании на угле легко сплавляется с выделением белых паров окиси мышьяка с сильным запахом, при этом получают белые шарики с блестящей поверхностью, покрытые серой бородавчатой пленкой. При нагревании в закрытой или открытой стеклянной трубке ниже темнокрасного каления, вещество покрывается гладкой коркой оплавления и дает белый, перегоняющийся при накаливании, возгон, который состоит из прозрачных бесцветных или белых кристаллов окиси мышьяка; при более интенсивном и продолжительном накаливании в обоих случаях остается серая масса платины губчатого строения. Зерна сперрилита, брошенные на раскаленную до красна платиновую пластинку, превращаются в светлосерую бородавчатую массу платины, легко сплавляющуюся с пластинкой с выделением белых паров окиси мышьяка. В серной кислоте сперрилит почти нерастворим. При постепенном нагревании в струе хлора выделяется весь мышьяк и лишь следы платины; остаток же растворяется в разбавленной царской водке. На воздухе сперрилит подвергается окислению. Химический состав сперрилита следующий:

Pt	As	Cu	Fe	SiO <sub>2</sub>	Сумма
56,2	40,6	0,7	0,4	1,3	99,2

при этом небольшая часть платины замещается родием и палладием, а мышьяк — сурьмой.

Коренная порода, из которой происходит сперрилит, остается невыясненной. Н. К. Высоккий (83, стр. 248) допускает, что такой породой могут быть жилы пегматита, с которыми связаны местные кварцевые золотоносные жилы, а Е. К. Миткевич-Волчасский высказывает предположение, что сперрилит связан по всей вероятности вообще с присутствием здесь серного колчедана в кристаллических сланцах и кварцевых жилах.

Сперрилит представляет собой интерес пока только в научном отношении.

#### 4. ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Представители галоидных соединений пока еще неизвестны.

#### 5. ОКИСЛЫ

Из окислов можно отметить:

Титанистый железняк (ильменит), который по словам М. Мельникова (26, стр. 140, 14) содержится в виде черных пылевидных включений в порфиритах, встречающихся в 2 км от р. Тунума.

Магнетит, обнаруженный М. Мельниковым (26, стр. 136) в обломках разнообразных гранитов в долине р. Тан-Янгды. Помимо этого В. Н. Зверев (96, стр. 51—52) указывает на следующие месторождения как на наиболее значительные по величине магнетитовых глыб и валунов: на середине южного склона гольца Медвежьего, расположенного на левой (западной) стороне р. Сирегли при слиянии ее истоков. Здесь среди россыпей известняков и авгитовых сиенитов рассеяны глыбы магнетита до 0,5 м в поперечнике. Затем на гольцевом мысе между левым и средним истоками Ортосаль, правого притока р. Сирегли, и в 400 м на юг от приисковой дороги. Здесь по северному склону мыса близ его вершины также среди глыб известняков и контактовых пород разбросаны редкие валуны и глыбы магнетита до 0,5 м в поперечнике. И, наконец, на вершине правого склона долины р. Томмота, правого притока р. Б. Нимгера, при слиянии его истоков в расстоянии 0,5 км от приисковой тропы на Амур. Здесь встречаются куски и плитки магнетита среди россыпей гранодиоритовых пород. При этом В. Н. Зверев замечает, что выходы магнетита продолжают и на восток от истоков рр. Сирегли и Томмота, о чем свидетельствуют по его словам наблюдения Н. Н. Падурова, который обнаружил заметное количество валунов магнетита по долинам и склонам ключей Лебединого, левого притока р. Куронаха (правого притока р. Сирегли) и Золотого (левого притока р. Якукута). Размеры валунов достигают здесь 1 м в поперечнике (96, стр. 52).

Титаномагнетит, встреченный В. Н. Зверевым (53, стр. 128) среди обломков разрушенных жил в долине р. Алдана ниже устья р. Баралаха.

Гетит плотный по бурому железняку из гольцев на правом берегу р. Май, в 10 км от устья р. Хахара (48, стр. 10).

Кварц жильный по речкам Учур, Сардох, притоку р. Хандыги, впадающей в р. Алдан, близ ее устья (48, стр. 11). Кроме того по словам Н. В. Зверева кварц является составной частью эффузивных пород в верховьях Май, а также в виде целой группы жил иногда значительной мощности, залегающих среди сланцевой свиты на водоразделе между левыми притоками Тимптома — р. Баян Бира и Баян Бирюса, по левому берегу р. Холодникана и на перевале в вершине р. Голышмы (53, стр. 380, 381).

Дымчатый кварц в виде выделений в порфировой породе, развитой на Становом хребте (26, стр. 150).

Горный хрусталь, найденный М. Мельниковым (26, стр. 144) в миндалине на южном склоне водораздела Гаика и Иктанды.

Лимонит по словам П. Л. Драверта (48, стр. 10) в железистых конгломератах по р. Май, а по указанию М. Мельникова (26, стр. 136, 137) в окрестностях ур. Нелькан.

Охра в окрестностях ур. Нелькана (26, стр. 133).

Кроме того:

Яшма, красная и зеленая ленточная среди гальки долины Ватамы (26, стр. 140) и в долине р. Май от устья Ватамы до Нелькана (48, стр. 12).

Халцедон в наносах р. Май (26, стр. 134).

Сердолик в виде галек в наносах р. Май (26, стр. 134).

Опал на южном склоне водораздела рр. Гаика и Иктандьи в порфиридной породе (26, стр. 144).

Кроме того Я. В. Стефанович указывает, что на р. Мае за Юдомой встречаются огромные насыпи гальки, среди которой встречаются: кремнь, кварц, яшма, агат, а также известняк и мрамор (30, стр. 51). Затем Я. В. Стефанович нашел между плитами Бравых гор на р. Мае в изобилии горный хрусталь (30, стр. 50), а в устье Аини по р. Мае хрусталь дымчатого цвета (30, стр. 59).

#### 6. КАРБОНАТЫ

Из карбонатов известны:

Кальцит в трещинах песчаника у впадения р. Юдомы в р. Маю (26, стр. 132), и

Драгонит, обнаруженный В. Н. Зверевым в виде пушистого налета на сводах и стенах пещеры, расположенной в обрыве левого берега р. Май ниже устья Корниля (59, стр. 1049).

#### 7. СУЛЬФАТЫ

Из сульфатов можно отметить:

Гипс, замеченный Ф. Врангелем на левом берегу р. Олекмы и барит среди гальки в долине р. Ватамы (26, стр. 140) и среди обломков разрушенных жил в долине р. Алдана ниже устья р. Баралаха (Олонгро) (54, стр. 403).

#### 8. СИЛИКАТЫ

Из силикатов имеются микроскопического характера: оливин (26, стр. 356), эпидот (26, стр. 136), бронзит (20, стр. 138), роговая обманка (26, стр. 136, 137, 312), мусковит (48, стр. 16; 26, стр. 145), биотит (48, стр. 161; 26, стр. 136), хлорит (48, стр. 18; 26, стр. 137), плагиоклаз (26, стр. 137), олигоклаз (59, стр. 1033), ортоклаз (48, стр. 16), лабрадор (26, стр. 140; 59, 1035), гранат (53, стр. 386, 402), диопсид (59, стр. 1033), турмалин (53, стр. 402), авгит (53, стр. 386), каолин (48, стр. 17), альмандин (48, стр. 15), делессит (26, стр. 189), циркон (26, стр. 137), актинолит (26, стр. 149), андезин (59, стр. 1035), адуляр (79, стр. 312), цеолиты (26, стр. 144) и асбест (26, стр. 144).

#### 9. СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА

Из углеродистых соединений можно отметить богатое месторождение бурого угля, открытое горн. инж. Кованько, участником Забайкаль-

ской экспедиции Ахтэ в 1849—1851 гг., на р. Алдакай (53, стр. 384). Кроме того Л. А. Либерман отмечает, что залежи каменного угля известны также по рр. Алдану, Мае и ряду притоков Алдана. Здесь уголь выступает в целом ряде пунктов, залегая тремя мощными пластами. По качеству, как замечает Л. А. Либерман (67, стр. 188), этот уголь является одним из наиболее высоких: он черного цвета с жирным блеском, черту дает почти черную, твердость имеет немного больше 2, при дроблении разбивается на куски неправильной формы, в пламени свечи горит пламенем средней длины, выделяя некоторое количество копоти.

По произведенному анализу Алданский уголь содержит: 49.25% углерода; 45.33% летучих веществ и 5.42% золы (46, стр. 24).

### Заключение

Из всего сказанного выше можно сделать вывод, что тот список минералов, который вошел в содержание настоящего очерка далеко не исчерпывает собою всех природных богатств Якутской республики. Систематическое, научное обследование территории Якутии, предпринятое Академией Наук при поддержке правительства молодой Якутской Республики несомненно даст возможность с большей достоверностью выявить истинное материальное благополучие Республики и таким путем поставить ее в политико-экономическом отношении на должную высоту.

В первую очередь, конечно, особо серьезного внимания заслуживают золотоносные районы. Поиски здесь коренных месторождений золота и платины, а вместе с тем и попутное разрешение вопроса о связи их с траппами — это и будет первой задачей, которую надлежит разрешить научным экспедициям ближайшего времени.

Следующей, не менее важной задачей является обследование Сунтарского соленосного района. Сунтарский район находится в исключительно благоприятных условиях в смысле сосредоточия на его территории минеральных богатств. Поэтому, казалось бы, что организация здесь промышленного центра с постройкой целого ряда на первое время хотя небольших заводов и мастерских для переработки такого сырья как бурых и шпатовых железняков, серных колчеданов, каменной соли, бурых углей, немалитов, баритов и целестинов, а также поделочного камня (халцедонов, агатов, сердоликов, яшм и пр.), является очередной задачей, заслуживающей особого внимания.

Не в меньшей степени важным является вопрос также и восстановления свинцовой промышленности. Район залегания свинцовых руд на территории Якутии довольно велик. Геолого-минералогическое обследование мест залегания серебро-свинцовых руд и попутная организация плавильных заводов и будет следующей задачей, которую надлежит разрешить в недалеком будущем.

Важной задачей текущего момента является также геолого-минералогическое обследование Ботомского железорудного района, находящегося между рр. Ботомой и Литенгой, правыми притоками р. Лены.

Проектируемая постройка железной дороги, соединяющей по кратчайшему пути Амурскую железную дорогу с главной водной магистралью Якутии — Леной, пересекая Амурский золотоносный район и Ботомский железорудный, не только оживит южную часть Якутии, но и широко откроет двери для реализации на международном рынке разных железных, лесных, пушных, мамонтовых и других природных богатств Якутии, а также и продукции ее молодой промышленности.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фигурин. Замечания о разных предметах естествознания, истории и физике, učinенные в Устьянске и окрестностях оногo в 1822 г. Сиб. В., СПб., 1823, ч. IV, № 23—24.
2. — Извлечение из записок, вeдeнных во время описания берегов северовосточной Сибири (в Устьянской экспедиции под начальством флота-лейтенанта Анжу). З., изд. Гос. адмирал. деп., относящиеся к мореплаванию, наукам и словестности. СПб. 1823, ч. V, 259—328.
3. Кибер. Замечания о некоторых предметах естественной истории, učinенные в Нижне-Колымске и в окрестностях оногo в 1821 году. Сиб. В., СПб., 1823, ч. II, 121—136, 137—150, 157—164.
4. М. М. Геденштром. Описание берегов Ледовитогo моря от устья Яны до Баранова Камня. Там же, 1—42.
5. Н. Щеглов. Указатель открытий по физике, химии, естественной истории и технологии, СПб., 1825, 2, № 2.
6. — То же, 4, № 1.
7. М. М. Геденштром. Записки о Сибири. Ж. Мин. вн. дел, СПб., 1829, ч. I, кн. 123—158.
8. Злобин. О горах Якутской области и о полезных минералах, в них находящихся. Горн. Ж., СПб., 1831, ч. IV, кн. 10, 17—40.
9. Р. Крузе. Путевые заметки от Иркутска до Вилюйска в 1832 г. Ж. Мин. вн. дел, СПб., 1834, ч. XI, 45—74.
10. Ф. Врангель. Путешествие по северным берегам Сибири и по Ледовитому океану, совершенное в 1820, 21, 22, 23 и 24 гг. экспедицией, состоящей под начальством флота-лейтенанта Ф. фон-Врангеля, СПб., 1841, ч. I, II. + 41 + 356 + 3 стр.; ч. II. 300 + 5 н. стр. с 4 карт. Прибавление 145 стр. с 9 лист. рис.
11. Соколов. Берег между Леной и Енисеем — записки лейтенанта Харитона Прокопьевича Лаптева. З. гидрогр. деп., СПб., 1851, 9.
12. Н. Меглицкий. Общий отчет действительной Верхоянской поисковой партии в течение лета 1850 г. 2. Геогностический очерк Верхоянского хребта и описание месторождений серебристо-свинцовых руд на реке Эндьбале. Горн. Ж., 1851, ч. II, кн. V, 141—210, с 4 табл. (Также в Verh. d. Russ. Kais. Min. Ges. zu St.-Pet., Jahrg. 1850 u. 1851, 118—162 mit 1 Taf.).
13. Хитров. Описание Жиганского улуса. З. Сиб. отд. геогр. общ., СПб., 1856, кн. I, отд. I, 53—84 с карт.

14. А. Аргентов. Описание Николаевского Чаунского прихода. Там же, 1857, кн. III, 79—106.
15. К. Н. Вейцель. Кемпендяйские и Багинские соляные источники. Там же, смесь, 23—26 с 1 карт.
16. В. Райский. Исторический очерк Якутского Тамгинского железодельного завода и Эндыбальского серебряного рудника в Верхоянском округе. Там же, Иркутск, 1863, кн. VI, отд. I, 24—38.
17. П. Кларк. Виллюйс и его округ. Там же, 1864, кн. VII, 91—165; отд. отд. 75 стр.
18. Негман. Bull. Soc. Nat. Moscou, 1867, 40, Кн. IV, р. 481.
19. А. Павловский. Заметка о Виллюйском крае. И. Сиб. отд. Геогр. общ., Иркутск, 1873, 4, № 1, 32—42; № 2, 82—91.
20. П. В. Еремеев. О гроссуляре. З. Мин. общ., сер. 2, СПб., 1880, 208.
21. — То же, там же, 1881, 299.
22. Норденшильд. Путешествие вокруг Европы и Азии на пароходе „Вега“ в 1878—1880 гг., СПб., 1881, вып. 1—6.
23. А. Шамарин. Анализы поваренной соли, соляных и маточных рассолов и чранных камней с Сибирских солеваренных заводов. И. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 1885, 16, № 4—5.
24. Р. К. Маак. Виллюйский округ Якутской области, СПб., 1886, ч. II, стр. 360+CVII с карт., табл. и проч.
25. Р. Прендель. О вилуите. (Сравнительное минералогическое исследование.) З. Новоросс. общ. ест., Одесса, 1887, 12, вып. 2, 1—48; отд. отд.
26. М. Мельников. Описание Якутской экспедиции (1851 г.) покойного горн. инж. Н. Г. Меглицкого. Горн. Ж., 1893, 3, № 7—8, 111—159, 309—337.
27. И. Д. Черский. Предварительный отчет об исследованиях в области рр. Колымы, Индигирки и Яны. Год I (1891) от г. Якутска через верхнее течение р. Индигирки до с. Верхнеколымска. З. Акад. Наук, СПб., 1893, 73, прил. № 5, 35 с карт., профилями и разрезами.
28. Г. Майдель. Путешествие по Северовосточной части Якутской области в 1868—1870 гг., ч. I. З. Акад. Наук, СПб., 1894, 74, прил. № 3, 1—595; ч. II, СПб., 1896, 1—308.
29. В. Л. Серошевский. Якуты (опыт этнографического исследования), СПб., изд. Геогр. общ., 1896, 1, XII + 720 с карт. и 168 рис.
30. Я. В. Стефанович. От Якутска до Аяна. Путевые наблюдения (Аянской экспедиции 1894 г.). З. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ. по общ. географии, Иркутск, 1896, 2, вып. 3, 184 стр.
31. А. Л. Чекановский. Дневник путешествия по Оленеку в 1874 г. З. Геогр. общ. по общ. географии, СПб., 1896, 20, № 1, 186—164.
32. — Оленекская экспедиция (письмо А. Л. Чекановского к секретарю Общества). Там же, 165—194.
33. — Экспедиция по Лене в 1875 г. Там же, 195—298.
34. Д. Васильев. (Каменный уголь на Лене.) Корреспонденция из Иркутска. Горнозаводский листок, Харьков, 1899, № 9, 1 мая, 3802.
35. Э. Толль. Очерк геологии Новосибирских островов и важнейшие задачи исследования полярных стран. З. Акад. Наук, сер. VIII, физ.-мат. отд., СПб., 1899, 9, № 1, IV + 20, и 2 карты.
36. К. А. Волосович. О геологических работах на Новосибирских островах. ИАН, СПб., 1902, 16, № 5, 240—243.
37. И. П. Толмачев. Почвенный лед с р. Березовки (в Северовосточной Сибири). Научные результаты экспедиции, снаряженной Академией Наук для раскопки мамонта, найденного на р. Березовке в 1901 г., СПб., 1903, 1, 125—141.

38. К. А. Воллосович. Доклад о геологическом строении Новосибирских островов и земли Беннета, а также о связи их тектоники с данными, имеющимися в части геологического строения северной части Сибирского материка (обычн. зас. 27 сент. 1905 г.). З. Мин. общ., сер. II, СПб., 1905, 43, вып. II, 34—37.
39. В. С. Реутовский. Полезные ископаемые Сибири, СПб., изд. Горн. деп., 1905, 2 части, 482—399 с 108 черт. и 9 рис. в тексте, с 1 геол. карт. и 4 лист. карт. полезн. ископаемых.
40. О. О. Баклунд. Ромбический пироксен из „Гиперстенового гнейса“. ИАН, сер. VI, СПб., 1907, 1, №№ 12—18, 467—470.
41. — О гнейсовом массиве в Северной Сибири. (Über ein Gneissmassiv im nördlichen Sibirien.) Т. Геол. муз. Акад. Наук, СПб., 1907, 1, 91—170.
42. Н. Backlund. Über ein Gneissmassiv im nördlichen Sibirien. (О. О. Баклунд. О гнейсовом массиве в Северной Сибири). ИАН, сер. VI, СПб., 1907, 1, №№ 12—18, 797—798.
43. П. Л. Драверт. Экспедиция в Сунтарский соленосный район. (Предв. отч., предв. Якутск. обл. стат. комитету). Т. Якутск. обл. стат. ком., Якутск, 1908, вып. I, отд. отд., 41 стр.
44. А. П. Герасимов. Сведения о месторождениях соли в Восточной Сибири (Иркутской губ., Якутск. обл. и Забайкальской обл.). И. Геол. ком., СПб., 1909, 2, № 9, прот., 249—261.
45. К. А. Воллосович. Сообщение о поездке между Леной и озером Тастах летом 1908 г. ИАН, сер. VI, СПб., 1909, 3, № 7, 511—514.
46. И. Садовников. Олекминский горный округ (полезные ископаемые). Горн. и золотопром. изв., Томск, 1910, №№ 2, 3.
47. С. Ф. Малявкин. О залежах железной руды в Якутской области (Ж. прис. Геол. ком. зас. 30-го марта 1910 г.). И. Геол. ком., СПб., 1910, 24, № 4, прот., 135—136.
48. П. Л. Драверт. Список минералов Якутской области, представленных в коллекции Якутского городского музея, с указанием их месторождений. Прил. к прот. зас. Общ. ест. при Казанск. унив. (41-й год 1909—1910), № 25, Казань, 1910, 25 стр.
49. А. Е. Ферсман. Минералогические заметки. III. О немалитах и их русских месторождениях. ИАН, сер. VI, СПб., 1911, 539—556.
50. С. Ф. Малявкин. О вилюйских месторождениях соли. И. Геол. ком., СПб., 1911, прот., 134—186.
51. П. Л. Драверт. Материалы к этнографии и географии Якутской области. Прил. к прот. зас. Общ. ест. при Казанск. унив., № 278, Казань, 1912, 49 стр. с 3 рис. и доп. ст. „К вопросу о нахождении в природе гидратов NaCl“; отд. отд.
52. С. Ф. Малявкин. О месторождениях поваренной соли и ее запасах в Вилюйском округе Якутской области. И. Геол. ком., СПб., 1913, 32, № 3, прот. 35—38, с 2 табл.
53. В. Н. Зверев. Краткий отчет о геологических исследованиях в долине р. Алдана. Там же, № 4, 363—404 с 1 карт.
54. Г. И. Доленко. Долина р. Лены близ Якутска. Предв. отч. об орган. и исполн. раб. по иссл. почв Аз. России в 1912 г., СПб., 1913, 211—225.
55. Р. И. Аболин. В тайге Ленско-Вилюйской долины. Там же, 225—267 с 4 табл. и карт.
56. Н. Неелов. Отчет по исследованию устья реки Лены, произведенному подполковником Нееловым в 1912 г. З. по гидрогр., изд. Главн. гидрограф. упр., СПб. 1914, 38, вып. 1, 63—113.
57. Л. А. Либерман. Промышленные перспективы в Якутской области. „Юз инженер“, Екатеринбург, 1914, № 6—12.



58. Н. Кириченко. О геологии о. Четырехстолбового. З. Горн. инст., Пгр., 1914, 5, вып. II, III, 157—169 с 15 рис.
59. В. Н. Зверев. Геологические исследования в долине р. Май и низовьях Алдана. Предв. отч. за 1913 г. И. Геол. ком., Лгр., 1914, 33, № 9, 1025—1061 с 4 табл. и 2 карт.
60. П. Л. Драверт. Опалы в Якутской области. Прил. к прот. зас. О. Ест. при Казанск. унив., Казань, 1914, № 309; отд. отт. 10 стр.
61. Л. А. Либерман. Промышленные перспективы Якутской области. „Южн. инженер“, Харьков, 1915, № 3, 80—87; № 4, 117—118.
62. О. О. Баклунд. Нефелиновый базальт (онкционит с Северного Ледовитого океана). ИАН, сер. VI, СПб., 1915, № 4, 289—308.
63. Труды Комиссии сырья. (Отчет о деятельности Комиссии сырья и химических материалов при химическом отделе Петроградского комитета военно-технической помощи, ноябрь, 1915 — апрель, 1916). Пгр., 1916, вып. I, 14.
64. К. К. Никифоров. В верховьях Нижней Тунгуски и правых притоков среднего течения Вилюя. Предв. отч. об орган. и исполн. раб. по иссл. почв Аз. России в 1914 г., Пгр., 1916, 21—52 с 6 рис. и 1 карт.
65. Е. К. Миткевич-Волчасский. Геологические исследования в бассейне р. Нюкжи в 1915 г. И. Геол. ком., Пгр., 1916, № 3 с картой.
66. Л. А. Либерман. По Вилюйскому округу Якутской области. И. Общ. штейгеров, Дебальцево, 1916, № 1, 17—26.
67. — По Вилюйскому округу Якутской области. Там же, Луганск, 1916, № 3, 21—33.
68. Е. В. Еремина, В. С. Малышева и М. И. Добрынина. Соединения бария в России. М. для изуч. ест. произв. сил России, Пгр., 1916, № 4, 60 стр.
69. К. Егоров. Поездка в солонный район р. Кемпендйя Якутской области. И. Вост. Сиб. отд. Геогр. общ., Иркутск, 1916 с 12 рис., 1 маршру. карт.; отд. отт. 25 стр.
70. Г. И. Доленко. Части Лено-Вилюйского водораздела Якутской области. Предв. отч. об орган. и исполн. раб. по иссл. почв Аз. России в 1914 г., Пгр., 1916 53—62 с 12 рис.
71. А. Г. Ржонсеницкий. Геологические исследования в западной части Лено-Вилюйского междуречья по долинам рр. Шеледуя, Нью, Чоны и ее притока Вакунайки. Отч. о сост. и деят. Геол. ком. в 1916 г. И. Геол. ком., Пгр., 1917, 34, № 1, 475—485.
72. В. Н. Зверев. Отчет о работах в долине р. Вилюя в районе его левых притоков рр. Ыгетты, Калмалаха и Ахтаранды. Там же, 36, № 1, 452—475.
73. А. Г. Ржонсеницкий. Краткий отчет о геологических исследованиях в бассейне Вилюя и Лены. З. Мин. общ., сер. Ц, Пгр., 1918, 51, вып. I, 201—230.
74. — О распространении морского доггера в северной Сибири. Там же, 57—66.
75. — Маршрутные геологические исследования в восточной части Лено-Вилюйского месторождения. Отч. о сост. и деят. Геол. ком. в 1917 г. И. Геол. ком., Пгр., 1918, 37, № 1, 72—75.
76. П. Л. Драверт. Платина и ее сибирские месторождения. „Сибирский рассвет“, Омск, 1919, сент.—окт., № 11—12, 90—101.
77. Ф. А. Матисен. Экспедиция к устью реки Лены в связи с использованием Северного морского пути. Краткий отчет начальника экспедиции, с 3 лист. карт, Иркутск, 1921.
78. А. П. Кириков и Б. Наследов. Серебристо-свинцовые месторождения Верхоянского хребта Якутской области. Т. центр. упр. пром.-хоз. разведок, Москва, изд. Главн. упр. горн. промысл. ВСНХ, 1922, вып. 2, 153—159.

79. П. Л. Драверт. Определитель важнейших минералов Сибири с указанием их месторождений. Т. Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., Омск, 1922, вып. III, 72 стр. отд. отд.
- 79bis. А. Е. Ферсман. Материалы к исследованию цеолитов России. IV. Общий обзор цеолитов России. Т. Геол. и мин. муз. Акад. Наук, Лгр., 1922, 2, вып. 7, 358.
80. Л. Л. Солодовникова. Немалит с р. Олекмы Якутской области. ДАН-А, Лгр., 1923, 19—22.
81. Ф. В. Соколов. Очерк юговосточной части Якутской области. И. Геогр. общ., Лгр., 1923, 5, 1919—1923, вып. I, 181—236.
82. Н. К. Высоцкий. О коренных месторождениях платины на Урале и в Сибири. Речи и доклады, прочитанные на открыт. годичн. зас. прис. Геол. ком. 12 февр. 1923 г., Лгр., 1923, 15—21.
83. — Платина и районы ее добычи. Сб. „Естественные производительные силы СССР“, Лгр., изд. КЭПС, вып. 11, ч. II, Минералы и руды платины, ч. III, Геологическая характеристика месторождений платины, 1924, 343 стр.
84. В. А. Обручев. Новые золотоносные районы Восточной Сибири (З. Алданский район). Горн. Ж., М. 1924, № 3, 283—291.
85. — Новые золотоносные районы Восточной Сибири (2 Вилюйский район). Там же, № 4—5, 415—418.
86. В. Н. Зверев. Геологические исследования в долине р. Вилюя Якутской области. Отч. о деят. и сост. Геол. ком. в 1924 г. И. Геол. ком., Лгр., 1925, 44, № 2, 118—204.
87. П. Л. Драверт. Следы златолита на Вилюе. Т. Сиб. сельск.-хоз. акад., Омск, 1925, отд. отд. 3 стр.
88. — Месторождения целестина в Якутской Автономной Республике. Там же, 1925, 4; отд. отд. 17 стр.
89. А. Е. Ферсман. Драгоценные и цветные камни СССР. Монография КЕПС (район Восточно-Сибирских траптов), Лгр., 1925, 2, № 3, 350—353.
90. В. Н. Зверев. Условия золотоносности Вилюйского района. И. Геол. ком., Лгр., 1925, 44, № 5, 539—562 с 1 карт.
- 90bis. А. В. и О. М. Шубниковы. Статистический метод в применении к изучению внешней формы кристаллов. ИАН, сер. VI, Лгр., 1926, № 5—6, 363—384.
91. В. Н. Зверев. Очерк полезных ископаемых Якутской республики. Якутия. Сборник статей. Лгр., изд. Акад. Наук СССР, 1927, 165—196.
92. М. К. Аммосов. Якутия как золотопромышленная республика. (К проблемам индустриализации и специализации экономических районов СССР). „Хозяйство Якутии“, Якутск, 1927, № 6, 27—50; отд. отд. 26 стр.
93. П. В. Грунвальд. Горные богатства Якутии. (Очерк). Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской Автономной Советской Социалистической Республики, Якутск, изд. Якутской горнотехнич. конторы при Народн. комиссар. торговли и промысл. Я. А. СССР, 1927, № 1 128 стр. с 11 карт.
94. П. Л. Драверт. Гипс в Якутии. Т. Сиб. инст. сельск.-хоз. и лес. (Сиб. сельск.-хоз. академия), Омск, 1927, 8, вып. II, 43—50; отд. отд.
95. В. А. Обручев. Золотоносные районы Якутии. Очерк, Лгр., 1928. Рукопись.
96. В. Н. Зверев. Полезные ископаемые Якутии, Лгр., 1928. Рукопись.

К. К. Гильзен и И. И. Гинзбург

## Исследования грунта Онежского озера

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 9 мая 1928 г.)

К. К. Гильзен (ум. 1919 г.).

### 1. Предварительный отчет об исследованиях грунта Онежского озера

Летом 1914 г. была организована поездка по Онежскому озеру для гидрологического и естественно-исторического исследования его. Для означенных исследований был предоставлен казенный пароход „Петрозаводск“. В этой поездке принимали участие гидрологи С. А. Советов и Р. Ю. Гутман, ботаники С. М. Вислоух и Р. Р. Кольбе и санитарный врач В. В. Соловьев. Исследование грунта озера и сбор зоологического материала я взял на себя.

Наша экспедиция выехала из Ленинграда 1 июня и 2 июня достигла начального пункта въезда в Онежское озеро, находящегося у пристани с. Вознесенье, а 3 июня мы пересели на ожидавший нас озерный пароход „Петрозаводск“ и в тот же день выехали на 6 суток в озеро. Погода благоприятствовала во все время нашей поездки.

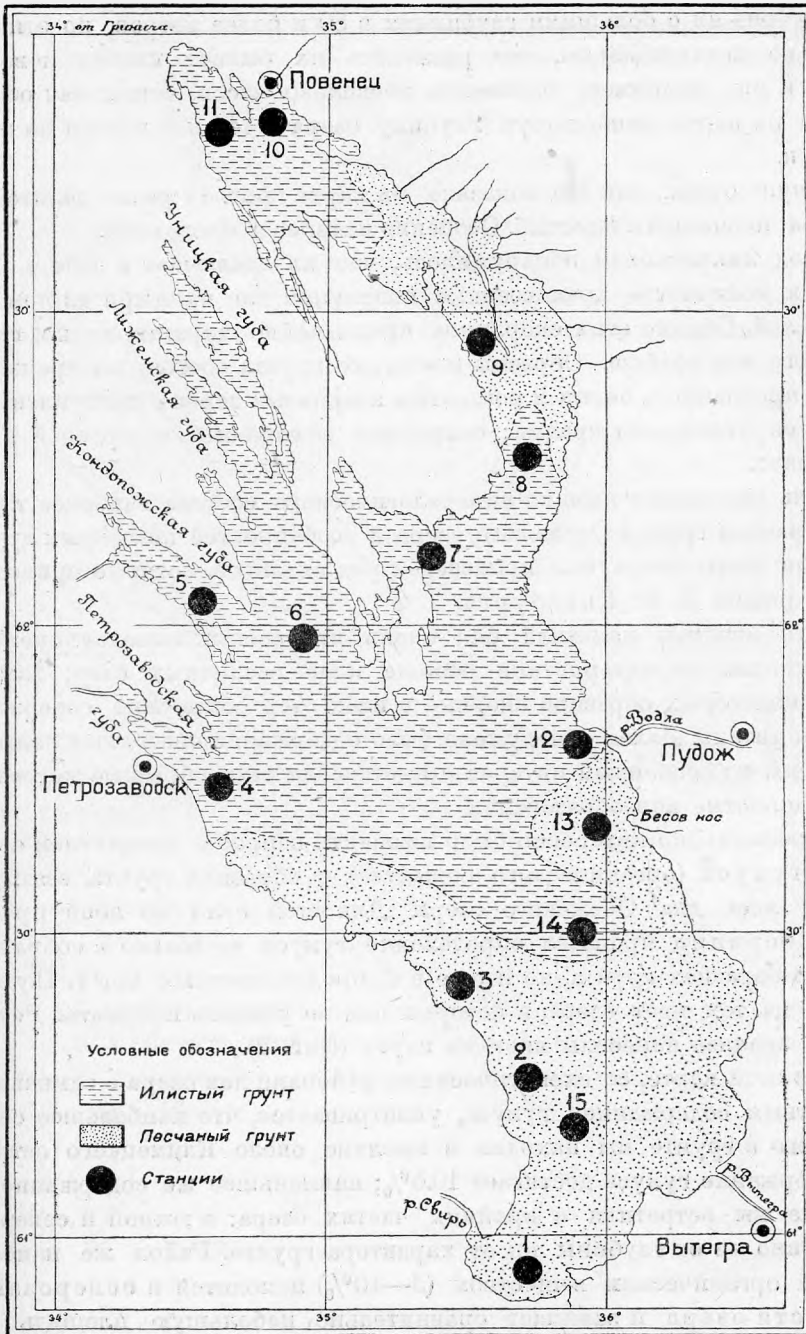
Все исследования производились с парохода, при чем было сделано 15 станций или остановок; исследования на каждой из них продолжались 1—2 часа. В число работ на каждой станции входило: измерение глубины и температуры воды в разных ее слоях, определение цвета и прозрачности последней и ряд других наблюдений; кроме того, брались пробы

<sup>1</sup> Ввиду большого интереса, который представляет изучение илов для уяснения целого ряда вопросов геохимии, мы сочли нужным напечатать предварительный отчет К. К. Гильзена, написанный в 1915 г., а также химико-минералогическое исследование ила И. И. Гинзбурга, оконченное в 1919 г., содержащие целый ряд данных, не потерявших своего значения в настоящее время.

воды, образцы грунта и планктон. Во время же хода — все наблюдения приводились в порядок, планктонный лов консервировался и просматривался под микроскопом, причем отмечались те или другие особенности его. Собранные образцы грунта также рассматривались более подробно и определялись цвет, консистенция, запах и другие внешние их признаки; кроме того, определялось выделение сероводорода, реакция на кислотность и выбирались из образцов более крупные растительные части, камешки, железистые конкреции и живые животные.

Каждый образец грунта, извлеченный со дна озера, представлял для нас очень интересный материал для исследования его на месте; так например, образцы со станции № 5 с глубины 40 м, № 6 — с 85 м и № 7 — с 12 м, с площади илистого дна, богатого органическим веществом, обнаружили выделение сероводорода (фиг. 1). На станциях №№ 5, 8 и 10 в захваченных драгой образцах, представляющих собою вязкую серооливковую массу, мы находили бурые прослойки и пятна железистых образований, а на станциях №№ 11 и 14 драга принесла нам зеленоватокоричневый ил, в котором были включены твердые обломки пластинок толщиной, приблизительно, в  $\frac{1}{2}$ —1 см. Верхняя, довольно гладкая, поверхность этих обломков была красновато-желтого цвета, остальная же их часть — совершенно черного цвета. Обломки эти, под влиянием воздуха, а может быть и более высокой температуры, распадались и обращались в черную кашеобразную массу. Сохранить их в природном виде мне удалось лишь в крепком спирте, а также быстрой их сушкой около котла парохода. Большое количество захваченных драгой обломков, свежие поверхности их излома, чистый цвет красновато-желтой их поверхности, а также общий для всех обломков наружный вид, их форма и характер давали основание предполагать, что драга сорвала с поверхности дна большую корку железистого образования и в то же время захватила часть нижележащего ила. Станция № 13 с глубины 32 м против Бесова носа, дала нам опять интересный образец грунта. Это был мелкий песок с большим количеством черных крупинок, которые оказались состоящими из мелких железисто-марганцовых конкреций. Затем, на станции № 12, против р. Водлы с глубины 13 м, песчаный грунт был очень богат растительными остатками и живыми животными, а на станции № 2 — нам удалось добыть чрезвычайно интересных живых высших ракообразных, характерных для реликтовых озер как остаточные формы бывшей морской фауны.

Рельеф дна Онежского озера довольно однообразен, представляя довольно ровную, спускающуюся со стороны берегов площадь с преобладающими глубинами, в средней части ее от 30 до 60 м. Характерно то обстоятельство, что по направлению с северо-запада на юго-восток, по прямой линии — Лижемская губа — Петропавловский мыс, на дне озера



Фиг. 1. Карта Онежского озера со схематическим указанием распространения на дне озера илистого и песчаного грунта, с обозначением станций, с которых взяты образцы грунта.

имеется ряд ям с большими глубинами в 80 и более метров, но эти ямы настолько незначительны, что разыскать их бывает иногда довольно трудно и мы, например, пробились несколько часов, отыскивая обозначенную на карте наибольшую глубину озера в 144 м и все же не могли ее найти.

Грунт озера, как это показано на карте (фиг. 1) резко делится на два типа: песчаный и илистый. Особенно интересен последний.

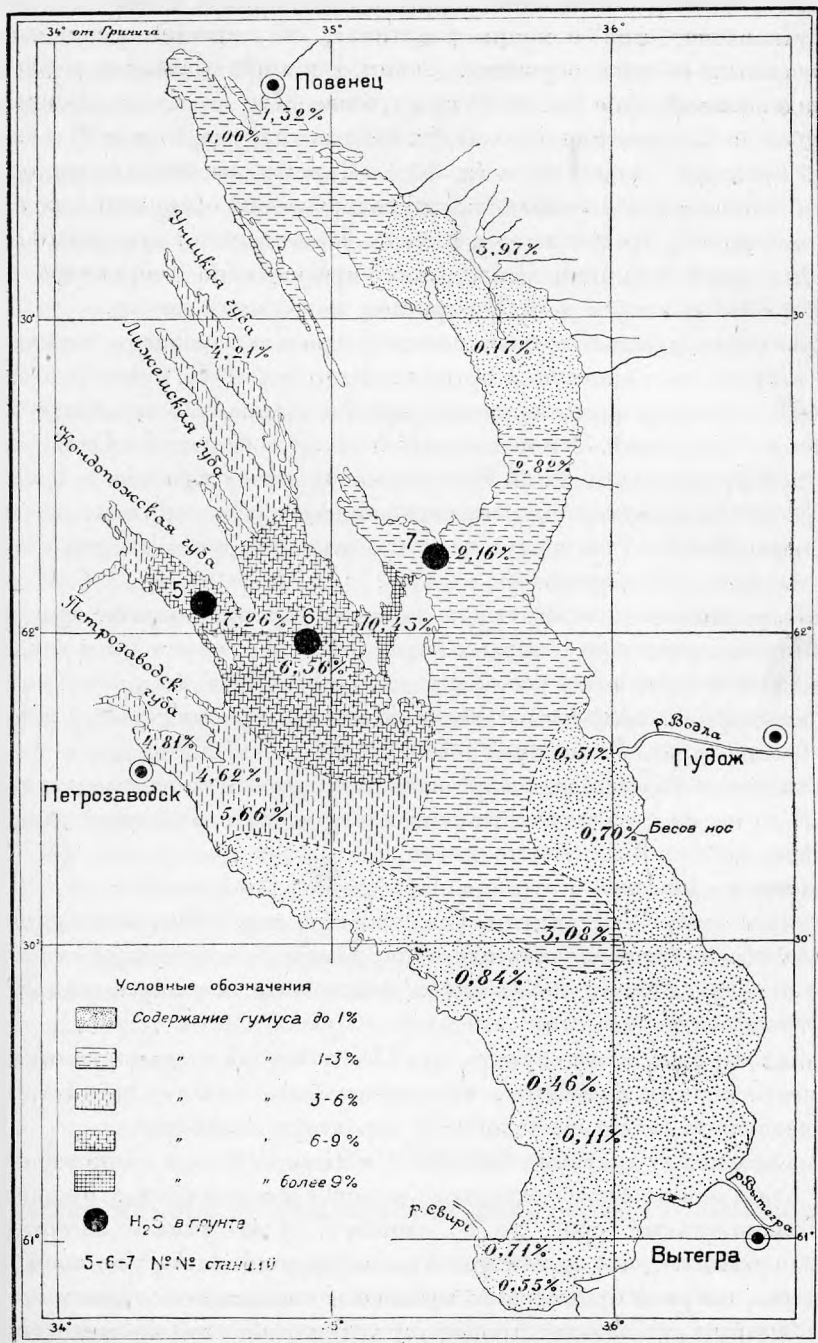
Под микроскопом обнаружилось, что ил включает в себе в очень большом количестве кремнеземные скорлупки или панцыри диатомовых водорослей. Обилие этих скорлупок чрезвычайно характерно для глубоководного ила вообще. Образцы песчаного грунта состоят по преимуществу из прозрачных, белых и розоватых кварцевых зерен с притупленными и даже округленными краями; скорлупок диатомовых водорослей в них очень мало.

Для выяснения химико-минералогического состава наиболее типичных образцов грунта Онежского озера и особенностей некоторых других образцов этого озера был произведен ряд анализов, которые приведены ниже в работе И. И. Гинзбурга.

Эти анализы наметили ряд очень интересных выводов, имеющих значение для характеристики вообще илов различных озер; валовой анализ некоторых образцов впервые в илах озер обнаружил содержание бария и титана. Далее обнаружено было содержание свободных гидратов глинозема, но особенный интерес представляли разнообразные железисто-марганцовистые новообразования.

Чрезвычайно интересно было выяснить вопрос о процентном содержании гумуса (органического вещества) в образцах грунта, взятых из разных мест дна Онежского озера. Для этой цели по моей просьбе г. Зильберминц произвел определение гумуса не только в собранных мною 15 образцах грунта, но и еще в 6, представленных мне г. Пушкаревым из тех мест озера, в которых нам не удалось побывать. Результаты 21 анализа нанесены мною на карту (фиг. 2).

На этой карте, со схематическими районами дна озера с одинаковым процентным содержанием гумуса, усматривается, что наибольшее содержание его в грунте мы находим в проливе около Климецкого острова, где содержание гумуса достигает 10.5%; наименьшее же содержание его в грунте мы встретили в крайних частях озера: в южной и северной, независимо ни от глубины ни от характера грунта. Район же наиболее богатый органическим веществом (3—10%) находится в северозападной части озера и занимает сравнительно небольшую площадь дна. Какие причины способствовали накоплению гумуса на указанной площади — в настоящее время, в виду недостаточного еще исследования озера, трудно сказать.



Фиг. 2. Карта Онежского озера с указанием процентного содержания гумуса в грунте.

На той же карте отмечены черными кружками те станции, на которых установлено, при помощи реактивов, образование сероводорода в извлеченных со дна образцах. Таких станций оказались всего три: 1) в Кондопожской губе (ст. № 5) на глубине 40 м; 2) между Кондопожской губой и Климецким островом, (п. № 6) на глубине 85 м, и 3) в начале Великой губы на глубине 12 м (п. № 6). Первые две станции находятся в районе площади дна с очень большим содержанием органического вещества — от 6 до 9%, третья же — в районе менее богатом гумусом (2.16%). На первых двух станциях наблюдалось чрезвычайно энергичное образование в образцах грунта  $H_2S$ , в третьем же — очень слабое.

Для более детального выяснения вопроса об участии микроорганизмов в процессе разложения органического вещества, мною были взяты на разных станциях пробы образцов грунта специально для бактериологических исследований. Эти исследования были произведены П. П. Смирновым под руководством Б. Л. Исаченко. Приведу краткое резюме:

Пробы были подвергнуты исследованию на следующие процессы:

*Нитрификация* — ни в одном из 6 образцов грунта нитрифицирующих организмов обнаружить не удалось.

*Денитрификация* — обнаружена во всех пробах грунта, при этом разложение селитры шло с образованием газообразного азота, или же с образованием нитритов в зависимости от организмов.

*Восстановление сульфатов* — обнаружено на станциях №№ 5 и 6, т. е. на тех станциях, где ил отдавал сероводород.

*Разложение органических содержащих серу веществ с образованием  $H_2S$*  — обнаружено на всех станциях, причем возбудителей разложения, повидимому, несколько.

*Брожение клетчатки* — было обнаружено на станции № 11.

*Усвоение азота* — организмы, усваивающие азот (*Clostridium pasteurianum* и *Azotobacter chroococcum*) в иле обнаружены на следующих станциях: на №№ 5, 6, 11, 14 и 15 — *Clostridium pasteurianum*, а на станциях №№ 8 и 11 — *Azotobacter*.

Таким образом, можно думать, что *Clostridium* распространен в иле более широко, чем *Azotobacter*, что может быть следует рассматривать как естественное следствие аэробного характера *Azotobacter*.

Так как между взятием образцов — в июне 1915 г., и концом февраля 1915 г., когда начато было бактериологическое исследование, прошел довольно значительный срок, то по словам Б. Л. Исаченко, естественно надо было ожидать, что менее устойчивые формы могли уже погибнуть и, возможно, энергия бродильных процессов несколько понизилась.

Кроме вышеуказанных процессов, установлено также передвижение железа, при участии микроорганизмов, хотя этот процесс не мог быть достаточно определенно прослежен; было установлено образование



пленок и других явлений, дающих основание предполагать участие в этом процессе микроорганизмов.

Исследование собранного зоологического материала не вполне окончено, а потому делать какие-либо определенные выводы я пока воздерживаюсь. Укажу лишь на две, чрезвычайно интересные находки, а именно: двух небольших животных из высших ракообразных: *Pallastella quadripinosa* (Esm.) из рода *Gammarus*, отряда *Amphipoda* и *Mysis relicta* (Loven) из рода *Schizopoda*. Оба эти животные характерны для реликтовых озер как остаточные формы бывшей морской фауны.

Исследование диатомовых водорослей в образцах грунта Онежского озера было произведено с большою тщательностью С. М. Вислоухом и Р. Р. Кольбе.

Ими было определено, в собранных нами образцах, всего 360 форм диатомовых водорослей, из коих 5 форм новых для науки.

Любопытно, что среди указанных 360 форм диатомовых, ими найдено: 43 формы, которые встречаются одинаково как в пресных, так и в солоноватых водах, а следовательно могут быть рассматриваемы как древние реликтовые формы и кроме того, 5 форм диатомовых, которые считаются типичными обитателями солоноватых вод и в пресных водах в обычных условиях не встречаются, а потому их нужно признать типично реликтовыми формами. Таким образом, в Онежском озере можно считать всего 48 форм диатомовых, (14%) которые носят более или менее ясно выраженный реликтовый характер. Кроме реликтовых форм найдено еще 11 форм диатомовых, которые относятся к типично альпийско-арктическим формам и указывают на арктический характер этого водоема. Вероятнее всего, мы имеем здесь дело с так называемыми ледниковыми реликтами.

Кроме указанных своеобразных форм диатомовых здесь встречается ряд типично пресноводных форм.

Вышеизложенные, вкратце, результаты исследования грунта, произведенные совместно небольшою группой лиц разных специальностей, свидетельствуют о том громадном интересе, который представляет собою изучение Онежского озера.

И. И. Гинзбург

## 2. Химико-минералогическое исследование ила Онежского озера

В настоящее время широко исследуется ил озер, особенно соленых и сернокислых, связанных с лечебными грязями. Меньшему исследованию подвергается ил обыкновенных озер. Редко, когда эти исследования связываются с вопросами химико-минералогического состава ила и с жизнью отдельных элементов его минеральной части.

Покойным К. К. Гильзеном (ум. в 1919 г.) была начата большая работа по исследованию Онежского озера с разных точек зрения. Мне предложено было заняться химико-минералогическим исследованием ила. Работа произведена была еще в 1917 г. в Лаборатории минералогии и геологии проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга в Ленинградском политехническом институте. Анализы производились в химической лаборатории того же Института А. И. Никитинским с Н. Н. Ефремовым. Детальному исследованию подвергся лишь ил со станции № 6 (фиг. 3), расположенной в северозападной части Онежского озера, с глубины в 85 м. Остальные исследования касались ряда дополнений другими образцами, которые помогали объяснению истории жизни разных окислов в иле.

### МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИЛА

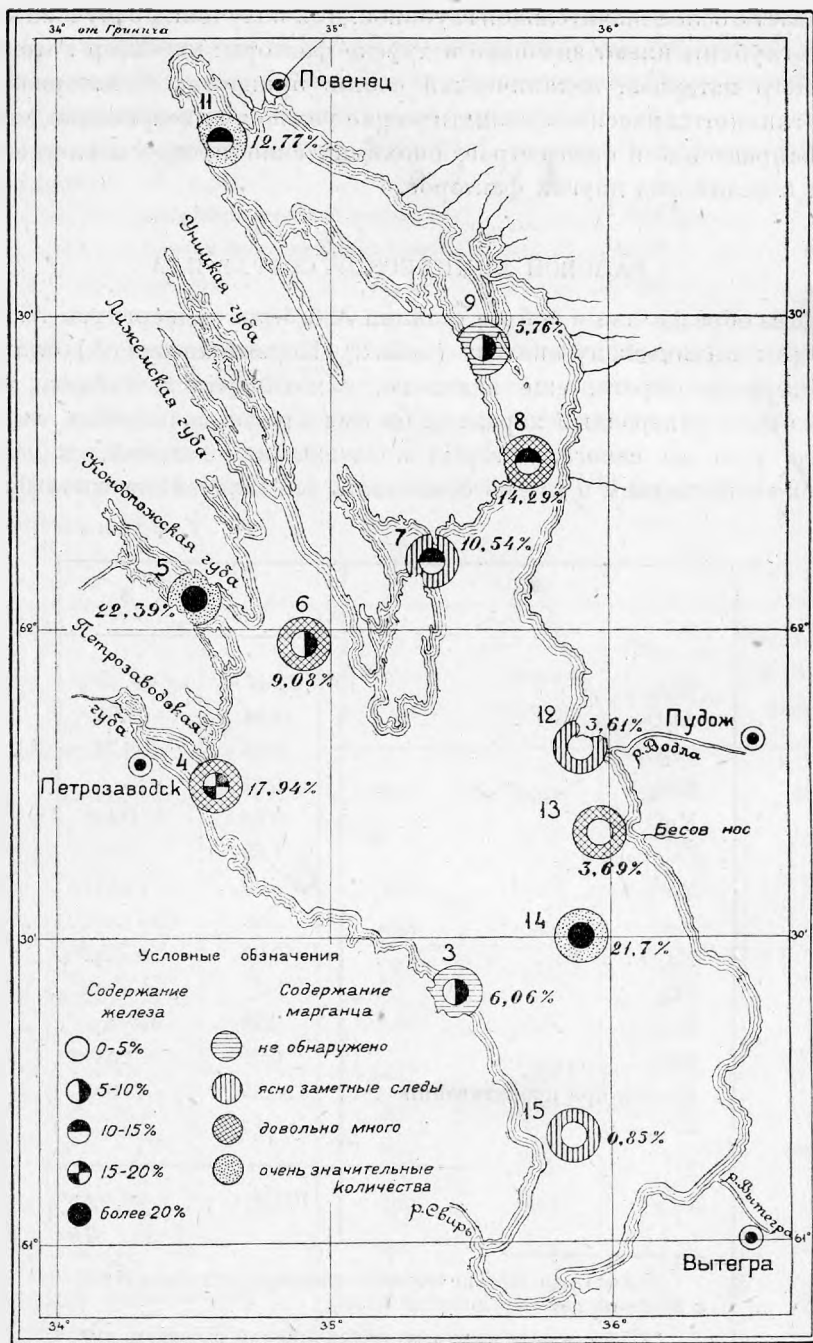
Подвергшийся исследованию образец ила со станции № 6 представлял собой в свежем состоянии, по словам К. К. Гильзена, густую тягучую массу сметанообразной консистенции, очень липкую, вязкую, серооливкового цвета с удельным весом = 1.101. По высушивании образец терял 82.9% воды и получались однородные довольно плотные комочки светлосерого цвета с желтоватым оттенком, с удельным весом 1.687. Кубик высушенного ила после нескольких лет лежания превратился в твердую крепко сцементированную массу, не разбивающуюся при падении. Согласно механическому анализу, произведенному К. К. Гильзеном, этот ил очень близок к механическому составу лучших огнеупорных глин.

В таблице 1 мы приводим результаты механического анализа ила Онежского и некоторых других озер

Таблица 1

Величина частиц	Илы Онежского озера					Ил оз. Иван Большое гл. 24 м	Ил с оз. Черствец гл. 13 м				
	ст. № 12 гл. 13 м	ст. № 15 гл. 34 м	ст. № 5 гл. 40 м	ст. № 11 гл. 80 м	ст. № 6 гл. 85 м						
Крупнозем {	1 — 0.5 мм	—	61.14	6.41	23.21	0.11	—				
	0.5 — 0.25	—				0.14	0.32	0.15			
Мелкозем {	0.25 — 0.05	85.82%	35.37	93.6	76.79	1.21	1.42				
	0.05 — 0.01					51.48	99.67	86.92	99.83	60.00	99.94
	< 0.01					46.98	8.55	37.62			

Обычно полагают, что тонкие отмученные глины связаны со значительными глубинами, а мы видим, что количество мелкозема не всегда



Фиг. 3. Карта Онежского озера с обозначением содержания в грунте железа и марганца в различных местах озера.

совпадает с более значительной глубиной. Для получения отмученных глин кроме глубины имеют значение и другие факторы: характер потока приносящего материал, механический состав принесенного материала, близость глинистых массивов, климатические условия выветривания, характер дна, направление и сила ветров, биохимические процессы на дне самого озера и целый ряд других факторов.

### ВАЛОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИЛА

Два образца ила с той же станции № 6 были подвергнуты А. Н. Никитским химическому анализу (табл. 2). Первый анализ (А) был сделан из материала сырого, еще влажного, находившегося в банке, второй анализ имел поверочный характер, он был сделан из образца воздушно-сухого, того же самого, который послужил для дальнейших вытяжек. Поэтому с последним и нужно сравнивать все дальнейшие вытяжки.

Таблица 2

	А	Б
SiO <sub>2</sub> . . . . .	52.55%	54.87%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.94	7.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	9.08	9.73
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.67	—
MnO . . . . .	0.90	0.44*
CaO . . . . .	1.89	3.32
MgO . . . . .	2.40	2.17
K <sub>2</sub> O . . . . .	2.15	не опр.
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.97	не опр.
SO <sub>3</sub> . . . . .	—	не опр.
S . . . . .	0.29	не опр.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.81	1.48**
Потеря при прокаливании . .	20.25	17.30
— O = S . . . . .	0.11	—
	100.40	96.16***

\* Числа для MnO не выражают всего количества MnO и введены для определения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\*\* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — определено из солянокислой вытяжки, см. ниже.

\*\*\* Сумма R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18.50, кроме того BaO — 0.08%.

Различие анализов А и Б может объясняться как неполной тождественностью взятого для анализа материала, так и тем, что анализируемый материал не был предварительно отмучен от возможных включений карбонатов, зерен кварца различных размеров и т. д.

Согласно определению В. А. Зильберминца в образце ила № 6 содержится:

гигроскопической воды . . . . .	8.32%
потери при прокаливании . . . . .	12.06
гумуса . . . . .	6.56

О том, что мы имеем здесь дело не со случайными результатами анализов „случайной“ пробы показывают также анализы ила озер Иван Большое и Черствец Витебской губ., произведенные также А. И. Никитинским и представленные мне К. К. Гильзенем.

Приводим эти анализы, пересчитанные на 100 без потери при прокаливании:

Т а б л и ц а 3

	Ил со ст. № 6 Онеж- ского оз.	Ил с оз. Иван Большое	Ил с оз. Черствец	Песок со ст. № 15 Онеж- ского оз.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	65.51	69.11	65.80	92.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	11.16	7.13	11.70	1.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	11.32	12.02	10.12	0.86
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.84	0.74	1.06	0.08
MnO . . . . .	1.13	1.60	0.99	0.10
CaO . . . . .	2.36	2.37	2.18	1.95
MgO . . . . .	2.98	0.57	1.74	1.10
K <sub>2</sub> O . . . . .	2.67	2.87	3.90	1.21
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1.21	2.93	1.35	0.66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.39	0.54	0.50	0.08
SO <sub>3</sub> . . . . .	0.60	0.66	0.75	—
Потеря при прокаливании . .	—	—	—	0.83

<sup>1</sup> При пересчете S в SO<sub>3</sub>.

Весьма интересные соотношения получаются при сравнении валовых анализов песка и ила Онежского озера, приведенные в таблице 3. (Анализ песка был сделан А. И. Никитинским). В песке (на глубине в 34 м) со станции № 15 имелось: частиц диаметром 1—0.5 мм — 22%, 0.5—0.25 мм. — 39.12% и мелкозема—35.37%.

Песок конечно состоит преимущественно из зерен кварца. Глинозема весьма мало. Щелочи и щелочные земли содержатся не столько в песке, сколько в иле; все же в песке содержатся те же окислы, что и в глине. Относительно высокое содержание щелочей особенно в иле имеет свои объяснения в целом ряде причин, из которых наиболее существенные следующие: 1) присутствие абсорбционных систем гумусовых кислот со щелочами; 2) абсорбция глинистыми продуктами и каемками выветривания щелочей; 3) нахождение в иле слюды, которая может быть унесена далеко от берега озера, долгое время плавать в верхних слоях воды и лишь спустя продолжительное время отложиться на дне озера, и 4) присутствие неразложившихся остатков полевых шпатов и других содержащих щелочи минералов. На высокое содержание CaO и MgO оказывает влияние присутствие раздробленных остатков раковин.

Нужно отметить, что на состав глубоководного озерного ила влияет не только приносимый реками аллювий, окружающие озера берега и состав дна, но и приносимая ветром пыль, а также все те вещества, которые приносятся водами в растворимом состоянии или же в виде коллоидных суспензий.

Особенно резко нужно подчеркнуть влияние на состав озерного ила условий почвенного выветривания. Резче всего это влияние заметно на содержании в илах окислов железа, глинозема и марганца.

#### СОДЕРЖАНИЕ КРЕМНЕЗЕМА

На небольших глубинах SiO<sub>2</sub> преобладает главным образом в виде кварцевого песка, на более значительной глубине начинают примешиваться к кварцевому песку остатки диатомовых. В исследованном иле Онежского озера со станции № 6 количество растворимого в 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> кремнезема, не связанного с глиноземом, достигает 11.15%. Существование свободного растворимого кремнезема подтверждается и рядом содовых и солянокислых вытяжек различных других илов. В таблице 4 даны результаты анализа солянокислой вытяжки илов (10% HCl в течение 10 часов) и последующей 5% содовой вытяжки. (По данным, приводимым в работах К. К. Гильзена).

Количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в приведенных анализах для илов со станций №№ 6, 12, 10 и 9 слишком невелико, чтобы оно связало весь растворенный SiO<sub>2</sub>, что тоже указывает на существование свободного SiO<sub>2</sub>. Весьма инте-

Таблица 4

	Глубина в метрах	SiO <sub>2</sub> в %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в %
1. Ил Онежского озера ст. № 6 . . .	85	20.55	3.78
2. „ Ладожского озера „ № 2 . . .	14	4.08	4.08
„ „ „ „ № 4 . . .	40	2.16	1.65
„ „ „ „ № 18 . . .	49	10.07	5.48
„ „ „ „ № 12 . . .	66	25.08	5.82
„ „ „ „ № 10 . . .	73	27.82	7.25
„ „ „ „ № 9 . . .	34	26.04	5.61
3 „ Бологое . . . . .	4	9.386	4.08

ресно, что во многих случаях с глубиной количество растворимого SiO<sub>2</sub> увеличивается (ст. №№ 18, 10, 12, 6). К сожалению, все-таки нельзя сказать, сколько SiO<sub>2</sub> находится свободного и сколько связанного с Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Для более точного определения количества свободного SiO<sub>2</sub> в иле Онежского озера, кроме 5% солянокислой вытяжки и последующей 5% содовой вытяжки, была сделана прямая 5% содовая вытяжка из отдельной навески (см. табл. 5). Растворимого SiO<sub>2</sub> оказалось 11.15%, которые следует отнести к свободной SiO<sub>2</sub>.

Свободная SiO<sub>2</sub> существует не только в илах, но даже и в рудных озерных образованиях; так в железисто-марганцовых скоплениях Онежского озера внутри ила (ст. № 11) количество подобного SiO<sub>2</sub> доходит до 4.31% (см. ниже).

#### СОДЕРЖАНИЕ ГЛИНОЗЕМА

Чтобы ближе подойти к решению вопроса о характере глинозема в иле, произведена была из предварительно выщелоченного в воде ила со станции № 6 5% солянокислая вытяжка на водяной бане в течение 1 часа, причем для увеличения количества HCl последней было взято 200 куб. см на навеску в 2 г. За нею следовала 5% содовая вытяжка в течение 1 часа на водяной бане, причем, как уже было указано, предварительно была сделана из отдельной навески самостоятельная содовая вытяжка в тех же самых условиях. Полученные результаты приводятся в таблице 5.

Слабой солянокислой вытяжкой удалось разложить и привести в раствор только полутурные окислы и кремнекислоту, которые составили 93.3% всего вещества, перешедшего в раствор, на долю остальных

Таблица 5

	5% HCl вытяжка	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> вытяжка после 5% HCl	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> вытяжка из отдельного определения	Б + В + Г	При пересчете на 100 %		Молекулярные отношения
	Б	В	Г				Mol
SiO <sub>2</sub> . . .	2.17 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	18.38 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11.15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11.15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> свободн. SiO <sub>2</sub>	32.84	} 60.53	} 0.46
				9.40 связанн. SiO <sub>2</sub>	27.69		
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . .	3.78	} 0.17	0.27	3.78	11.14	} 33.30	} 0.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .	7.35			7.35	21.65		
MnO . . .	0.28	—	—	0.28	0.82	—	—
CaO . . .	0.19	—	—	0.19	0.56	—	—
MgO . . .	0.74	—	—	0.74	2.18	—	—
K <sub>2</sub> O . . .	0.28	—	—	0.28	0.82	—	0.0086
Na <sub>2</sub> O . . .	0.13	—	—	0.13	0.37	—	0.0061
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.48 <sup>1</sup>	—	—	0.48	1.42	—	—
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	—	—	—	0.17	0.51	—	—
	15.40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	18.55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11.42 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	33.93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	—	—

окислов пришлось всего 6.7%. Минералов, кроме глин, разложилось как видно весьма мало; из глин каолин в этих условиях не мог разложиться, или во всяком случае разложение его могло здесь оказаться чрезвычайно слабым.

Пересчитывая разложившееся глинистое вещество на молекулярные отношения, мы получаем  $Al_2O_3:SiO_2 = 1:4.2$ , т. е. глину типа монтмориллонита.

Можно думать, что в иле содержатся коллоидальные гидраты  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ , соединенные в коллоидальные глины, стремящиеся приблизиться к стехиометрическим отношениям.

Весьма любопытно, что легко растворимый  $Al_2O_3$  находится не только в иле, но и в отдельных железистых и марганцовых скоплениях. В железо-марганцовых конкрециях Онежского озера 5% HCl в течение

<sup>1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — определено из отдельной навески.



одного часа выщелочила 4.95%  $Al_2O_3$  на 7.69%  $SiO_2$  (вместе с содовой вытяжкой), а в марганцевых конкрециях 8.21%  $Al_2O_3$  на 4.39%  $SiO_2$ ; в железистых корочках, образующихся на поверхности дна Онежского озера  $Al_2O_3$  оказалось в валовом анализе 7% (см. ниже).

$Al_2O_3$  в иле может находиться в виде силикатов безводных (полевого шпата, слюды), водных (каолина и др. глин), кремне-глиноземистых гелей с стехиометрическими и иными отношениями и наконец в виде свободного коллоидного гидрата.

В иле озер большого приноса гидратов алюминия в виде золя или в виде солей не существует, если только не происходят процессы смывания самой почвы или размывания глинистых массивов, которые могут вынести в озера большое количество мути, содержащей глинозем (вторичные бокситы и глины, осаждающиеся в озерах).

## СОДЕРЖАНИЕ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА

По моему предложению Н. Н. Ефремов произвел ряд прямых определений содержания железа в иле из разных станций Онежского озера (табл. 6).

Таблица 6

Онежское озеро. Станции	Глубина в метрах	$Fe_2O_3$ в %	Потери при про- каливании в %	Содержание марганца	Содержа- ние круп- нозема в %	Содержа- ние мелко- зема в %	Содержа- ние гумуса в %
№ 9 . . .	4	5.76	1.06	нет	53.98	4.02	0.17
№ 3 . . .	5.5	6.06	2.18	"	66.22	33.78	0.84
№ 7 . . .	12	10.54	17.04	следы	0.84	99.16	2.16
№ 12 . . .	13	3.61	1.31	"	—	85.82	0.51
№ 4 . . .	25	17.94	13.70	много	7.74	92.26	5.66
№ 8 . . .	32	14.24	13.74	"	1.14	98.86	2.82
№ 13 . . .	32	3.69	2.62	"	53.07	46.93	0.70
№ 5 . . .	40	22.39	13.39	—	6.41	93.59	7.26
№ 14 . . .	60	21.70	13.92	очень много	6.80	93.70	3.03
№ 11 . . .	80	12.77	11.70	"	23.21	76.79	1.00
№ 6 . . .	85	11.37	20.25	"	0.33	99.67	6.56

Данные показывают, что для средних глубин содержание  $Fe_2O_3$  делается больше в типично илистых разностях.

Большое количество гумуса не мешает большому содержанию окислов железа, а иногда даже ему сопутствует. Для сравнения приводим в таблице 7 данные, относящиеся к соседнему Ладожскому озеру. (По данным К. К. Гильзена).

Таблица 7

Ладожское озеро. Станции	Глубина в метрах	$Fe_2O_3$ в %	Потеря при прока- ливании	Содер- жание $Mn_2O_4$	Содер- жание гумуса
№ 2 . . .	14	3.42	3.29	не опр.	0.16
№ 4 . . .	40	1.65	1.92	"	0.22
№ 18 . . .	49	5.21	6.56	"	0.48
№ 12 . . .	66	10.21	9.57	"	3.48
№ 10 . . .	73	8.88	10.69	2.51	4.54
№ 9 . . .	187	10.87	10.55	0.20	4.67

Количество окислов железа в иле Ладожского озера в общем значительно ниже, чем в иле Онежского.

В озерной воде окислы железа могут находиться в виде солей, в виде железистых гуматов или в виде солей окислов железа. В первом случае их свертывание в иле может совершаться благодаря действию ионов  $SiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $CaO$  и  $SO_3$ ; в остальных случаях окислы железа обычно находятся растворенными в виде двууглекислой закиси железа или последние образуются путем окисления органической части гуматов с возможным образованием углекислых солей закиси железа. Растворенная в воде углекислая соль закиси железа в присутствии кислорода окисляется, гидролизуясь при этом в нерастворимые гидраты окиси железа. Ряд факторов может сопутствовать этим процессам окисления, выпадения и концентрации окислов. К этим факторам следует отнести деятельность бактерий, водорослей и некоторых организмов и все те процессы, которые связаны с образованием сернистых соединений железа в илах; в этом случае мы имеем уже дело с фиксированием окислов железа не путем процессов окисления, но восстановления.

Иногда можно наблюдать образование железистых корочек на поверхности илов. Так, мне был доставлен образец черного рыхлого ила (со ст. № 11, глуб. 80 м), покрытого бурой, довольно твердой и резко ограниченной от самого ила корочкой. Образец сохранился в спирту

до исследования и потому не подвергся особенно сильному изменению. Для валового анализа было отобрано 0.6 г корочки этого ила. Результаты анализа, произведенные Н. Н. Ефремовым приведены в таблице 8.

Таблица 8

SiO <sub>2</sub> . . . . .	30.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	37.90
MnO . . . . .	2.60
CaO . . . . .	не опр.
MgO . . . . .	" "
K <sub>2</sub> O . . . . .	" "
Na <sub>2</sub> O . . . . .	" "
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	2.37
Потеря при прокаливании	17.99
	98.01

С этой же станции № 11 К. К. Гильзенем были мне предоставлены образцы серого ила, в котором находились отчасти темные, отчасти бурые включения более или менее круглые или слегка овальные; в некоторых образцах эти включения были в таком большом количестве, что придавали всему образцу резко пятнистый характер, состоя почти на  $\frac{1}{4}$  из этих включений; согласно валовым определениям Н. Н. Ефремова в этом иле содержалось 12.77% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 11.70% потери при прокаливании и 1% гумуса; окиси марганца было очень много.

Включения были анализированы отдельно. Согласно принятому мною методу, А. И. Никитинский произвел 5% солянокислую вытяжку в течение 1 часа (А), затем 5% содовую вытяжку в течение такого же времени (Б), и при этих же условиях непосредственную 5% содовую вытяжку из свежего образца (В). Кроме того были сделаны отдельные определения валового характера (Г) на ВаО, SO<sub>3</sub> и проч. (см. табл. 9).

Обращаясь к полученным результатам, следует указать на сравнительно незначительное содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. К сожалению, валового определения MnO в иле со станции № 11 не было сделано, но здесь в солянокислой вытяжке (А) количество MnO велико. Мы имеем в данном случае дело не столько с железистыми, сколько с железисто-марганцовым образованием.

Для установления, в каком виде находятся окислы Mn, был определен так называемый „активный кислород“ в 1.93%, а затем, связав его с O в MnO, было определено отношение Mn к обоим кислородам:

Таблица 9

	5% HCl вы- тяжка	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> вытяжка после 5% HCl	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	При пере- счете на 100	A + B + Г — В	Отдельные валовые определения
	А	Б	В			
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.65	11.15	4.31	SiO <sub>2</sub> связ. . .	7.69	17.23
	—	—	—	„ свободн.	4.31	9.66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.95	} 0.27	—	—	4.95	11.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	9.23		—	—	—	9.23
MnO . . . . .	13.05	—	—	—	13.05	29.27
CaO . . . . .	0.89	—	—	—	0.89	2.00
MgO . . . . .	1.11	—	—	—	1.11	2.49
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.29	—	—	—	0.29	0.65
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.20	—	—	—	0.20	0.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.77	—	—	—	0.77	1.73
O . . . . .	—	—	—	1.93	1.93	4.35
BaO . . . . .	—	—	—	0.18	0.18	0.39
SO <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	0.17	0.17	—
Потеря при про- каливании . . . . .	—	—	—	15.01	15.01	—
Гумус . . . . .	—	—	—	4.49	—	—
Нерастворимый осадок . . . . .	—	—	—	39.95	—	—
	31.34	11.42	4.31	—		100.00

получилось  $Mn:O = 1.92$ , т. е. мы имеем здесь одну из высших форм окисления марганца.

Отношение  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  (связанному) равно 1:1.27. В данном случае имеется глина аллофановидного типа (коллоидального характера) в 4.3% свободной кремнекислоты.

Сравнивая выше приведенные анализы железистой корочки и этих железисто-марганцовистых включений, мы видим резкую разницу в содер-

жании  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Сернистое железо в этих образованиях вряд ли имеется, так как количество  $\text{SO}_3$  весьма мало. Скорее всего  $\text{SO}_3$  соединилось с  $\text{BaO}$  в сернокислый барий. Сопровождение окислов марганца солями бария весьма характерно.

Нам кажется, что мы имеем здесь дело с небольшими конкреционными образованиями, сцементированными впоследствии илистой массой или же с выполнениями пузырьков газов секретозного характера. Но все-таки вопрос здесь не решается так просто, ибо в образце ила с той же станции вышеупомянутая корочка покрывает именно типичный сильно железистый бархатночерный ил, для корочки же, в виду ее связи с последним, приходится признать сероводородное брожение. Таким образом, в образцах, взятых из одной и той же станции мы видим одновременное существование двух разных железистых образований как по составу и по внешнему виду, так и по способу образования.

Что касается вопроса относительно материала, откуда берутся окислы железа, то мы имеем здесь дело не только с приносом гидратов железа, но частично еще и с самостоятельным образованием их на дне озер путем разложения силикатов, благодаря химико-бактериологическим процессам.

#### СОДЕРЖАНИЕ ОКИСЛОВ МАРГАНЦА

Марганец находится как в самом иле (в иле со ст. № 6  $\text{MnO} = 1.13\%$ , в иле со ст. № 11  $\text{MnO} = 2.6\%$ ), так и в конкрециях.

Исследованию подверглись мелкие марганцово-железистые конкреции со станции № 13 (глуб. 32 м). Они были выделены из песка путем механической отборки.

В лупу можно было ясно видеть, что они представляют собою несколько отдельных ядрышек (2—3—4), сцементированных между собою; при действии  $\text{HCl}$  вследствие растворения связывающего их цемента, ядрышки распадались и получался песчанистый остаток.

Такие марганцовистые конкреции находились и в песке из других станций.

Аналізу подвергся цемент, связывавший отдельные зернышки. Была сделана обычная 5% солянокислая вытяжка в течение 1 часа, при этом весь цемент растворился, и остался лишь совершенно белый песок. Анализ произведен был А. И. Никитинским (см. табл. 10).

Обращаясь к рассмотрению результатов анализа, следует указать на малое содержание  $\text{SiO}_2$  (недостаток вещества не позволил сделать прямую содовую вытяжку). При малом содержании кремнезема содержание глинозема здесь так велико, что невольно напрашивается мысль, не находится ли часть  $\text{Al}_2\text{O}_3$  совершенно свободной и не связанной; в конкрециях имеется довольно много щелочноземельных металлов, но

Таблица 10

	5% HCl вытяжка	5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> вытяжка	А + Б	При пересчете на 100
	А	Б		%
SiO <sub>2</sub> . . . . .	1.32	3.07	4.39	6.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.21	} 0.17	8.21	} 11.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	12.53		12.53	
MnO . . . . .	31.96	—	31.96	45.86
O . . . . .	6.24	—	6.24	8.96
CaO . . . . .	2.16	—	2.16	3.10
MgO . . . . .	0.93	—	0.93	1.30
K <sub>2</sub> O . . . . .	1.41	—	1.41	2.03
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.89	—	0.89	1.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.77	—	0.77	1.15
	66.42	3.24	69.66	100.00

что более интересно, — это большое содержание щелочей (2.30%). При малом содержании кремнезема такое большое количество щелочей может быть связано лишь с Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или с MnO в виде алюмината или манганата. Любопытно, что отношение Mn к O равно 1:1.86, т. е. буквально то же отношение 1.86, которое получили Irvin и Murray при исследовании марганцовых крупинок в терригенных отложениях на глубине 5—27 м (в нашем случае на глубине 33 м).

Интересно сравнить результаты солянокислых вытяжек, полученных при исследовании ила со станции № 6, железисто-марганцовых конкреций со станции № 11 и этих марганцовых конкреций. Приводим эти данные вместе с последующими содовыми вытяжками, пересчитанными на 100 в таблице 11.

Количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, перешедшее в раствор действием HCl во всех случаях почти одинаково, а количество SiO<sub>2</sub> и других окислов различно.

Очевидно ряд физико-химических условий образования железистых конкреций со станции № 11 (с глуб. 80 м) и марганцовистых — со станции

Таблица 11

	Ил со ст. № 6	Железно- марганцо- вистые конкреции со ст. № 11	Марганцо- вистые кон- креции со ст. № 13
SiO <sub>2</sub> . . . . .	60.53	26.89	6.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	11.14	11.16	11.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21.65	20.68	18.50
MnO <sub>2</sub> . . . . .	0.82	29.27	45.86
O . . . . .	?	4.35	8.96
CaO . . . . .	0.56	2.00	3.10
MgO . . . . .	2.18	2.49	1.30
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.82	0.65	2.03
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.37	0.45	1.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1.42	1.73	1.15

№ 13 (с глуб. 32 м) были несколько отличны друг от друга. Железистые конкреции непосредственно связаны с илом, а марганцовистые свободны от ила и их зависимость от состава песка, в котором они встречаются, отсутствует. MnO<sub>2</sub> вероятно связан с щелочами и щелочными землями; к сожалению в этих марганцовистых конкрециях не были определены ни CO<sub>2</sub> ни SO<sub>4</sub>. Часть щелочей и щелочных земель может присутствовать в виде абсорбционных систем.

Процессы осаждения MnO<sub>2</sub>, совершающиеся на небольших глубинах в песчаных частях Онежского озера отличаются от аналогичных процессов, совершающихся на дне больших океанических глубин. Для подтверждения приведем солянокислые вытяжки нескольких твердых марганцовых конкреций (А) и мягких (Б) с глубины океана в 3951 м и сравним их с солянокислыми вытяжками наших Онежских конкреций В (см. табл. 12).

Условия выпадения MnO<sub>2</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в озерах вероятно близки и похожи друг на друга. Недаром в озерах так часто имеет место образование железисто-марганцовых конкреций, что в морях встречается редко. Там преобладают марганцово-железистые конкреции.

В илах марганец находится может быть в виде MnS, и его передвижение кверху совершается лишь в небольшой степени, о чем можно судить по результатам анализа железистой корочки, где MnO гораздо

Таблица 12

	А	Б	В
$Al_2O_3$ . . . . .	—	0.30	8.21
$Fe_2O_3$ . . . . .	5.86	14.60	12.53
$Ca_3(PO_4)_2$ . . . . .	—	—	0.77
$MnO_2$ . . . . .	63.23	46.89	38.20
$SiO_2$ . . . . .	5.60	9.00	4.39

меньше, чем в самом иле. Распределение  $MnO$  на две озера неравномерно, на близком расстоянии друг от друга (иногда на расстоянии 200 м) в одном случае могут отлагаться марганцовисто-железистые руды, в другом случае — железистые руды. Может быть в улавливании окислов марганца из воды играют роль некоторые организмы и водные и болотные растения.

#### СОДЕРЖАНИЕ ИЗВЕСТИ

В иле Онежского озера содержание извести не велико, всего от 2 до 3.3%; также невелико содержание  $CaO$  в других озерах северной полосы России: Ладожском, Онежском, Иван-Большом и озере Черствед. Что весьма любопытно, это то обстоятельство, что в Онежском озере  $CaO$  в иле не входит в виде карбоната и даже сульфата, ибо в первом случае мы должны были ее получать в солянокислой вытяжке, которая обнаружила лишь 0.19%  $CaO$ , во втором случае мы должны были ее получить в водной вытяжке, но здесь количество  $CaO$  и  $SO_3$  оказалось очень малым (см. ниже). Очевидно, известь в исследованном иле связана с гумусовыми кислотами, или же находится в виде силиката.

#### СОДЕРЖАНИЕ МАГНЕЗИИ

В иле состанции №6 содержание  $MgO$  в валовом анализе доходит до 3% и даже в песках этого озера при 92%  $SiO_2$  содержится 1.10%  $MgO$ ; несомненно относительно высокое содержание  $MgO$  в иле находится в зависимости от ближайших к озерам выходов диабазов. В иле озер  $MgO$  находится в виде неразложившихся силикатов, а также, возможно, в виде новообразований в связи с  $SiO_2$ ; наконец, может быть, возможно существование  $MgO$  в виде карбоната.



## СОДЕРЖАНИЕ ЩЕЛОЧЕЙ

Щелочи в илах частью связаны с  $\text{SiO}_2$ ; под микроскопом обнаружено присутствие слюды. Небольшая часть щелочи связана с  $\text{Cl}$  и часть щелочи находится в виде гуминовых соединений, как это доказывают водные вытяжки, (табл. 13).

Таблица 13

	Водная вытяжка ила со ст. № 6	100% пересчет на $\text{Na}_2\text{O}$	100% пересчет на $\text{K}_2\text{O}$
$\text{SiO}_2$ . . . . .	сл.	—	—
$\text{R}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.15	80.61	28.84
$\text{MnO}$ . . . . .	—	—	—
$\text{CaO}$ . . . . .	0.05	10.20	9.61
$\text{MgO}$ . . . . .	нет	—	—
$\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	} 0.27	28.60	32.70
$\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .			
$\text{SO}_3$ . . . . .	0.08	16.32	15.38
$\text{Cl}$ . . . . .	0.07	14.27	13.47
$\text{CO}_2$ . . . . .	нет	—	—

Связывая  $\text{K}_2\text{O}$  с  $\text{Cl}$  — 0.15, а остаток  $\text{Cl}$  с  $\text{Na}_2\text{O}$  — 0.12 у нас все-таки остается 0.12 свободного  $\text{Na}_2\text{O}$ , который приходится связать с гумусовыми кислотами или с окислами марганца и алюминия в виде манганатов или алюминатов.

Резюмируя произведенное исследование следует указать, что в илах озер наряду с неразложившимися силикатами, безводными и водными, находится сложный коллоидальный комплекс свободных окислов глинозема, окиси железа, кремнезема, а на меньших глубинах — и высших окислов марганца; щелочи и щелочные земли находятся связанными не только с анионами, но и в виде поглощенных оснований как с органическими частями ила, так и с илами упомянутых окислов. Коллоидную часть ила, весьма сложную по своему происхождению и составу, мы постарались здесь выявить, так как она и есть та живая часть его, которая действительна в сложных реакциях, совершающихся на дне озер, где биологические и физико-химические процессы не отделены друг от друга, взаимно

переплетаются и сопутствуют один другому. К сожалению, детальное исследование произведено только над илом Онежского озера. Чрезвычайно желательно дальнейшее продолжение подобных исследований над илами других озер, так как подобный сравнительный материал параллельно аналогичному исследованию илов морей должен лечь в основу понимания целого ряда глинистых пород, которые мы наблюдаем в природе. Только подобный геохимический подход может дать ключ к разбору того сложного комплекса, который представляет собою то, что мы называем в общезнании глиной. Очень важно, чтобы все эти исследования производились одними и теми же методами и чтобы работа микробиолога, гидролога, химика и минералога шла рука об руку.

---

А. С. Гинзберг и Х. С. Ниегосян

## Об изменениях в аллофаноидных глинах при нагревании

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения Физико-Математических Наук 20 февраля 1929 года)

Продолжая свои работы в области изучения изменений, происходящих в глинах при их обжиге, имеющих не только глубокий теоретический интерес, но и существенное значение для огнеупорных материалов и керамической промышленности, мы остановили свое внимание на ряде водных алюмосиликатов, хотя и являющихся более редкими компонентами глин, чем каолинит, но, тем не менее, могущих играть существенную роль при их термической обработке.

Согласно с Н. Stremme водные алюмосиликаты глин можно разбить на две группы: 1) аллофаноиды, сравнительно легко разлагаемые соляной кислотой, куда относятся аллофан, галлуазит, коллирит и др., и 2) неразлагаемые соляной кислотой, как например, каолинит.<sup>1</sup>

Задачей настоящего исследования являются минералы первой группы, т. е. аллофаноиды. Материалом для работ послужили сборы, произведенные летом 1926 г. в окрестностях с. Потехина Хакасского округа Енисейской губернии А. С. Гинзбергом, имевшим возможность ознакомиться с этим месторождением, благодаря любезному предложению проф. Я. С. Эдельштейна и материальной поддержке Геологического комитета, которым и выражается глубокая благодарность.

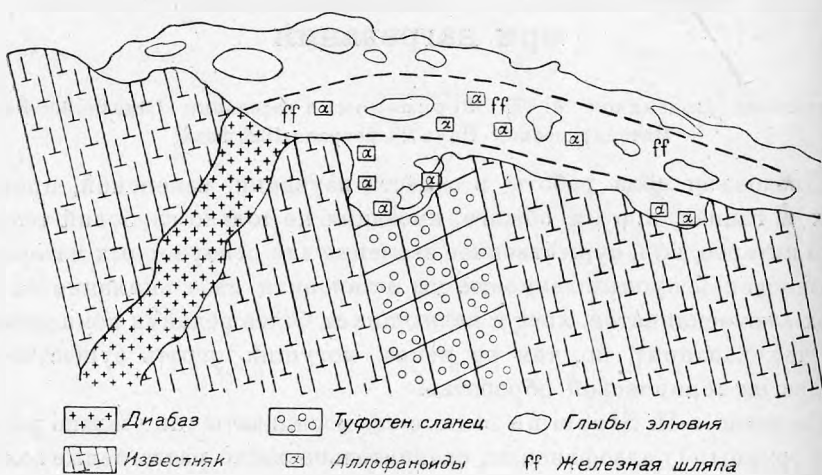
Первые сведения об этом месторождении мы встречаем в работе проф. С. М. Курбатова,<sup>2</sup> где им приводится анализ и дается описание найденного в 1919 г. голубого прозрачного стекловатого минерала, принимаемого за аллофан.

<sup>1</sup> Н. Stremme. Wasserhaltige Aluminiumsilicate. Handb. d. Mineralchemie, 1917, 2, Abt. 2, 33, 35.

<sup>2</sup> С. М. Курбатов. Новое месторождение соединений урана и ванадия в Минусинском уезде Енисейской губернии. ИАН, 1925, № 9—11, 315.

Летом 1925 г. Г. А. Билибиным, сотрудником геологического отряда проф. Я. С. Эдельштейна, работавшего в Хакасском округе, были более подробно изучены многочисленные аллофаноподобные минералы окрестностей с. Потехина в так называемом Лоценковом логу и на горе Ключевой, причем, в связи с радиоактивностью некоторых образцов, в целях разведки были заложены шурфы. Работы по шурфованию продолжались и в следующем 1926 г., когда и был собран материал, послуживший для данного исследования.

Найденные здесь аллофанолы крайне разнообразны как по внешнему виду, так и по окраске, варьируя от совершенно бесцветных, стекло-



Фиг. 1. Залегание аллофановидных глин, гора Ключевая близ с. Потехина Хакасского округа.

ватых образований через разности голубые, зеленые, фиолетовые, бурые до совершенно черных; макроскопически лишены кристалличности.

Одной из наиболее интересных проблем является вопрос о происхождении этих своеобразных водных алюмосиликатов. С. М. Курбатов в вышецитированной работе склоняется к представлению о гидротермальном их образовании за счет воздействия прорвавшейся в известняки изверженной породы, в данном случае, диабазом.<sup>1</sup>

Детальное изучение условий залегания аллофанов наводит однако на мысль, что гипергенетическое их образование является более вероятным. Сообразно разрезу у горы Ключевой (фиг. 1), мы имеем внизу известняки, согласно переслаивающиеся с туфоженным сланцем; известняки прорываются диабазом. Сверху идет железная шляпа и глыбовый элювий.

<sup>1</sup> С. М. Курбатов, там же, 321.

Аллофан встречается гнездами в железной шляпе, а также на верхней границе элювия, как бы облекая коренные известняки. Материалом для железной шляпы, вероятнее всего, послужил туфогеновый сланец, аллофаны же могли возникнуть за счет тех же сланцев или из самих известняков. Приблизительно таковы же условия нахождения аллофанов и во втором месторождении, в Лощенковом Логу, где была заложена шахта глубиной в 8—10 м, не вышедшая еще из пределов железной шляпы; но и здесь внизу были найдены желтый и светлобурый стекловатый аллофан.

Приуроченность аллофанов к железной шляпе и элювию, их крайняя непрочность и легкость превращения в алюмогидрокальцит, процесс, подробно изученный и описанный Г. А. Билибиным,<sup>1</sup> говорят против гидротермального способа их образования. Для окончательного решения вопроса представлялось весьма желательным подвергнуть эти своеобразные гидроалюмосиликаты физико-химическому, особенно термическому исследованию, что и представляет основную задачу нашей работы.

Для испытания было взято 5 различных образцов, отличающихся цветом и внешним видом, а именно разности: голубая, белая, зеленая, оранжевая и черная. Химический их анализ, произведенный Х. С. Никогосяном, дает следующие результаты:

Таблица 1

I. Голубая разность (Blaue Varietät).

	Пересчет на 100% <sup>2</sup>	Эквивалентные количества	Молекулярные отношения
SiO <sub>2</sub> = 41.14%	41.63%	0.659	1.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 35.60	36.03	0.353	} 0.358
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.81	0.82	0.005	
CaO = 0.28	—	—	
< 110° H <sub>2</sub> O = 8.15	8.26	0.459	1.28
> 110° H <sub>2</sub> O = 13.33	13.26	0.736	2.06
	21.48	21.52	1.195
			3.34
99.31%	100.00%		

<sup>1</sup> Г. А. Билибин. Алюмогидрокальцит — новый минерал. З. Мин. Общ., 1926, 55, вып. 2, 243.

<sup>2</sup> При пересчете на 100% щелочи не принимались во внимание. Считая, что CaO входит в состав CaCO<sub>3</sub>, соответствующая величина и эквивалентное количество CO<sub>2</sub>, вычитаемое из потери при прокаливании, отбрасывались.

Округляя цифры молекулярных соотношений до целых чисел и выделяя воду, освобождающуюся при прокаливании, написав ее спереди, получаем следующую приближенную формулу:



Таблица 2

## II. Белая разность (Weisse Varietät).

	Пересчет на 100% <sup>1</sup>	Эквивалентные количества	Молекулярные отношения
SiO <sub>2</sub> = 39.17%	40.02%	0.663	1.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 34.37	35.12	0.344	} 0.350 1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.87	0.88	0.006	
CaO = 0.70	—	—	
< 110° H <sub>2</sub> O = 11.42	} 24.02 11.67	} 0.648	} 1.88
> 110° H <sub>2</sub> O = 12.60			
99.13%	100.00%		

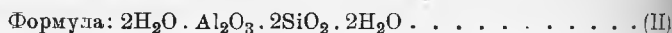
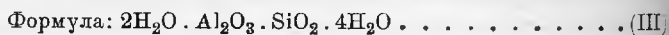


Таблица 3

## III. Зеленая разность (Grüne Varietät)

	Пересчет на 100% <sup>1</sup>	Эквивалентные количества	Молекулярные отношения
SiO <sub>2</sub> = 24.63%	25.74%	0.426	1.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 34.04	35.58	0.348	} 0.353 1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.78	0.82	0.005	
CaO = 2.57	—	—	
< 110° H <sub>2</sub> O = 25.63	} 38.24 26.79	} 1.487	} 4.21
> 110° H <sub>2</sub> O = 12.61			
100.26%	100.00%		



<sup>1</sup> См. прим. 2 на стр. 223.

Таблица 4

IV. Оранжевая разность (Orangefarbene Varietät)

	Пересчет на 100% <sup>1</sup>	Эквивалентные количества	Моле- кулярные отношения
SiO <sub>2</sub> = 37.01%	37.73%	0.624	1.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 36.89	37.61	0.368	} 0.388
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 3.14	3.20	0.020	
CaO = 0.69	—	—	
< 110° H <sub>2</sub> O = 8.96	} 21.58	} 21.46	} 1.31
> 110° H <sub>2</sub> O = 12.62			
	12.32	0.684	1.76
			} 3.07
99.31%	100.00%		

Формула: 7H<sub>2</sub>O . 4Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 6SiO<sub>2</sub> . 5H<sub>2</sub>O . . . . . (IV)

Таблица 5

V. Черная разность (Schwarze Varietät)

	Пересчет на 100% <sup>1</sup>	Эквивалентные количества	Моле- кулярные отношения
SiO <sub>2</sub> = 24.10%	25.84%	0.428	1.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 36.00	38.61	0.378	} 0.380
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0.23	0.24	0.002	
CaO = 3.17	—	—	
MgO = 0.32	—	—	
K <sub>2</sub> O = 0.64	—	—	
Na <sub>2</sub> O = 0.57	—	—	
< 110° H <sub>2</sub> O = 23.32	} 35.41	} 35.31	} 3.68
> 110° H <sub>2</sub> O = 12.09			
	10.30	0.576	1.52
			} 5.2
100.44%	100.00%		

Формула: 3H<sub>2</sub>O . 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . 2SiO<sub>2</sub> . 7H<sub>2</sub>O . . . . . (V)

<sup>1</sup> См. прим. 2 на стр. 223.

Изучая данные анализа и рассматривая полученные формулы, мы видим, что наши минералы не являются однотипными. По содержанию глинозема, кремнезема и высокотемпературной воды близко стоят голубая и белая разности; отличие сказывается только в количестве воды ниже  $110^{\circ}$ . Второй тип образуют зеленая и черная разности, в коих наблюдается небольшое расхождение в содержании воды. Несколько особняком стоит оранжевая разность; по отношению глинозема к кремнезему она занимает промежуточное положение, именно у первого типа (I и II)  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:2$ ; второй тип (III и V) характеризуется отношением  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:1$ ; наконец, в разности IV мы имеем  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:1.5$ .

Сравнивая результаты анализов с соответствующими данными для различных гидроалюмосиликатов, приведенными в статье С. Dölter о минералах глин,<sup>1</sup> мы видим, что первый тип — голубая и белая разности ближе всего подходят к галлуазиту (I. c., pp. 135—136, №№ 4, 9, 18, 19, 25, 27; p. 135, № 3; p. 40, № 25). Наиболее близко составу голубой разности отвечает анализ галлуазита из Horse Cave, приведенный в статье Van der Meulen,<sup>2</sup> именно:  $\text{SiO}_2=41.69$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3=35.88$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3=0.37$ ;  $\text{CaO}=0.06$ ;  $< \text{H}_2\text{O}=7.97$ ;  $> \text{H}_2\text{O}=14.01$ .

Белой разности, впрочем, еще точнее соответствует анализ, приведенный у С. Dölter (ibid., p. 141) для редкого минерала, ньютонита, формула которого будет  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , при теоретическом составе:  $\text{SiO}_2=40.95$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3=34.64$ ;  $\text{H}_2\text{O}=24.41$ , тогда как галлуазит имеет формулу:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , что отвечает содержанию  $\text{SiO}_2=43.61$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3=36.89$ ;  $\text{H}_2\text{O}=19.49$ .

Второй тип — зеленая и черная разности, согласно тем же данным С. Dölter (ibid., p. 137, №№ 2 и 4) довольно близко совпадают с анализами аллофана, для которого при формуле  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  теоретически мы должны иметь:  $\text{SiO}_2=23.91$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3=40.46$ ;  $\text{H}_2\text{O}=35.63$ .

Что же касается оранжевой разности, то отнести ее к какому-либо определенному виду не удастся; согласно данным С. Dölter наиболее близким является анализ № 2 (ibid., p. 135), относимый к галлуазиту, хотя самим же Dölter подчеркивается, что материал вряд ли был однородный.

Весьма вероятно, что и в нашем случае с оранжевой разностью мы тоже имеем дело не с одним каким-либо определенным гидроалюмосиликатом, а со смесью их, на что указывает отношение  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:1.5$ , тогда как, согласно с теоретическими представлениями акад. Вернадского о симметричном кольцевом строении алюмосиликатов, на одну частицу  $\text{Al}_2\text{O}_3$  должно приходиться четное количество молекул кремнезема. Правда, известен ряд водных алюмосиликатов, к которым это поло-

<sup>1</sup> С. Dölter. Analysenzusammenstellung der Tonmineralien. Handb. d. Mineralchemie, 1917, 2, Abt. 2, 120.

<sup>2</sup> Am. J. Sci., 1917, 43, № 254, 141.



жение неприменимо, как например, самоит, недавно описанный ионит,<sup>1</sup>  $5\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ; впрочем, по более поздним указаниям, ионит может быть идентифицирован с анокситом, для которого С. Ross и W. F. Foshag дают формулу  $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ , вместо установленной Dittler и Hibbsch,  $8\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{SiO}_2$ .<sup>2</sup>

К этой же группе принадлежит и недавно открытый минерал, кохит,<sup>3</sup> по формуле  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  почти тождественный с нашей оранжевой разновидью, эмпирический состав которой отвечает  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Однако, кристаллографические особенности кохита (принадлежит к кубической системе), а, главное, физические свойства его отличаются от нашего минерала, давая резкий эндотермический эффект при  $800^\circ$  и не обнаруживая никаких остановок в более низких пределах, тогда как наш оранжевый минерал (табл. 6) обнаруживает 3 излома ниже  $800^\circ$ , четвертая же остановка при  $886^\circ$  отвечает экзотермической реакции. Кроме того, кривая обезвоживания для кохита дает основную потерю конституционной воды около  $650\text{--}700^\circ$ , значительно выше, чем даже у каолинита, между тем как соответствующие данные для исследуемых нами гидроалюмосиликатов указывают на существенную дегидратацию ниже  $200^\circ$ .

Однако, минералы эти сравнительно редки и индивидуальность их вряд ли может считаться вполне установленной. Кроме того, исключительно высокое содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.14$  подтверждает неоднородный характер нашего минерала.

Чтобы сравнить результаты анализов и определить характер каждого минерала, можно воспользоваться диаграммой, предложенной для водных алюмосиликатов E. Wherry.<sup>4</sup> Для проектирования он пользуется равнобедренным прямоугольным треугольником; по катетам от вершины прямого угла откладывается процентное содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ , причем 100% этих компонентов соответствует вершинам острых углов. Третий компонент, вода, откладывается по биссектрисе прямого угла, причем 100% соответствует нулевой точке предыдущих компонентов, 0% лежит на пересечении биссектрисы с гипотенузой. Достаточно найти точку пересечения двух компонентов по прямоугольным координатам, параллельно катетам, и опустить из нее перпендикуляр на биссектрису, чтобы получить соответствующее количество третьего компонента.

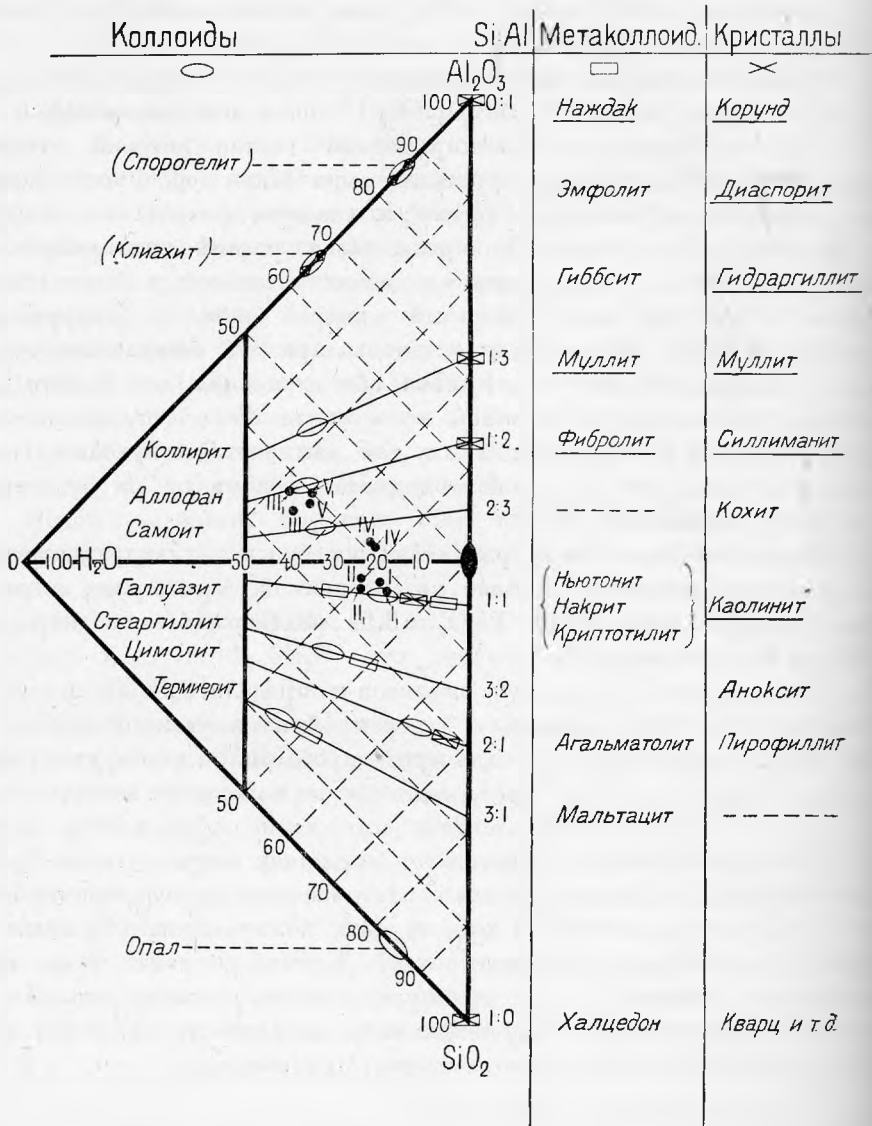
<sup>1</sup> V. T. Allen. *Am. Min.*, 1927, 12, 78.

<sup>2</sup> V. T. Allen. *Anauxite from the Jone Formation in California. Am. Min.*, 1928, 13, 145. — C. S. Ross and W. F. Foshag. *Ibid.*, 153.

<sup>3</sup> Shukusuké Kôzu Kunikatsu Seto and Kameki Kinoshita. *A new mineral Kôchite. Sci. Reports Tôhoku Univ.* 3 ser., 1924, 2, № 1—2, pp. 1—7. Shukusuké Kôzu and Shô-ichi-rô Saiki. *Further studies on Kôchite. Ibid.*, pp. 9—22.

<sup>4</sup> E. Wherry. *A Tabulation of the Aluminium Silicate Minerals. Am. Min.*, 1925, 10, № 6, 140.

Пользуясь такой проекцией, Е. Wherry изобразил на диаграмме состав известных и вполне установленных крайне разнообразных водных



Фиг. 2. Диаграмма состава гидроалюмосиликатов.

алюмосиликатов, отмечая особыми значками кристаллическое, коллоидальное и метаколлоидальное состояние в соответствующих минералах.

На построенную таким образом диаграмму (фиг. 2) мы и нанесли результаты приведенных выше анализов, обозначив соответствующие точки римскими цифрами, причем содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  бралось непосредственно из результатов анализа после пересчета на 100% (см. выше); со значком „прим“ указаны соответствующие значения, полученные пересчетом из вычисленных выше приближенных формул. Смещение точек на диаграмме получилось весьма незначительное.

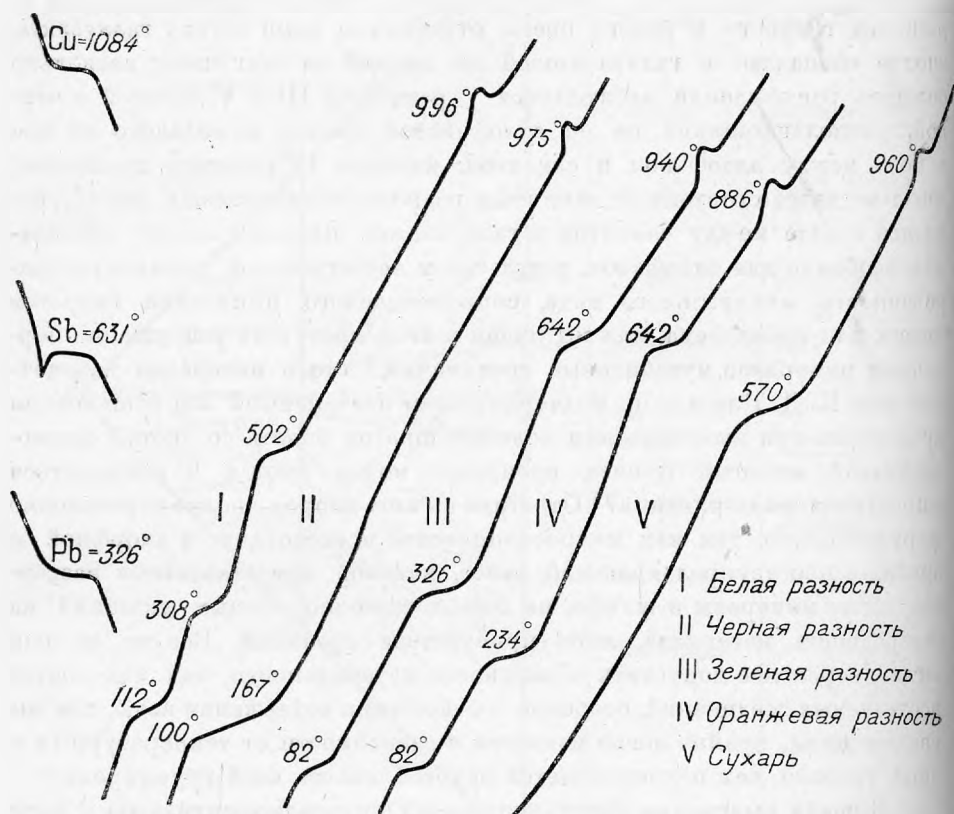
Изучая положение нанесенных пяти точек, мы видим, что I и II разности голубого и белого цвета, отнесенные нами к типу галлуазита, вполне совпадают с галлуазитовой же линией на диаграмме; несколько большее расхождение наблюдается у разностей III и V, зеленой и черной, располагающихся не на аллофановой линии, а недалеко от нее в поле между аллофаном и самоитом; наконец, IV разность, оранжевая довольно далеко отстоит от типичных гидроалюмосиликатных линий, находясь в поле между самоитом и галлуазитом. Является ли это отклонение, особенно для аллофанов, результатом недостаточной индивидуализированности минерального вида, сопровождаемого примесями гидратов железа или кремнезема, или мы имеем в этих продуктах разрушения первичных минералов мутабильные соединения,<sup>1</sup> столь интересно намеченные еще К. Д. Глинкой, подчеркнувшим постепенный ход отщепления кремнезема при выветривании полевых шпатов вплоть до чистой алюмокремневой кислоты, причем кремнезем может иногда и сохраняться в продуктах выветривания?<sup>2</sup> Ответить на этот вопрос вполне определенно затруднительно, так как микроскопическое исследование в аморфной и крайне слабо двупреломляющей массе, каковой представляются названные выше минералы в шлифе, не дает достаточно точных указаний на однородность материала, либо присутствие примесей. Все же, на наш взгляд, вероятнее допустить возможность мутабильности, так как состав исследуемых соединений, особенно в отношении содержания воды, как мы увидим ниже, крайне легко меняется в зависимости от температурных и иных условий, чем подчеркивается неустойчивость всей группировки.

В целях выяснения конституции этих гидроалюмосиликатов и роли воды в них, мы применили метод термического анализа, получив кривые нагревания при помощи саморегистрирующего пирометра Н. С. Курнакова. Вместе с тем, эти кривые могут дать некоторые указания и на те процессы, которые совершаются в различных температурных интервалах у аллофановидов, что должно представлять интерес и для чисто практических вопросов керамической промышленности.

<sup>1</sup> А. Е. Ферсман. Соединения переменного состава в земной коре. Сб. в честь 25-летия н. деят. В. И. Вернадского, М. 1913.

<sup>2</sup> К. Д. Глинка. Исследование в области процессов выветривания. Т. СПб. Общ. ест., отд. геол. и мин., 1906, 34, вып. 5, 69.

Для опытов бралась навеска в 50.0 г тщательно отобранного и размельченного в порошок вещества, медленно нагреваемого в печи Гергуса; для сравнения наносилась и кривая нагрева самой печи. К сожалению, некоторые записи не удалось, пришлось опыты повторить, причем для голубой разности не хватило вещества, отчего соответствующей кривой нет. Как видно на фиг. 3, представляющей термические кривые нагрева,



Фиг. 3.

наиболее характерной особенностью является присутствие повсюду при температуре около 900—1000° скачка, указывающего на экзотермическую реакцию, вполне аналогично тому, что наблюдается у каолинита, что же касается нижних, эндотермических, остановок, то их положение и количество на разных кривых иное. Для сравнения на нижеприведенной таблице 6 даны температуры остановок как исследованных нами образцов, так и соответствующие величины, полученные рядом других авторов.

К сожалению, аналогию приходится проводить, основываясь на минералогическом названии, тогда как в химическом отношении наблюдаются сильные колебания, чем, вероятно, и обуславливается заметное расхождение в температурных указаниях.

Таблица 6  
Температура остановок аллофанов

	Эндотермическая реакция			Экзотермическая реакция
Ньютонит. Белая разность (II)	112°	308°	502°	996
Галлуазит Le Chatelier <sup>1</sup> . . . . .	150—200		700	1000
Галлуазит Cobb <sup>2</sup> . . . . .	50—130		490—560	860—930
Галлуазит („Аллофан“) Курнакова и Черных <sup>3</sup> . . . . .	170—240			
Аллофан. Черная разность (V) . . . . .	100—167			975
Аллофан Le Chatelier <sup>1</sup> . . . . .	150—220			1000
Аллофан Самойлова <sup>4</sup> . . . . .	100—200			970
Аллофан. Зеленая разность (III) . . . . .	82	326	642	940
Аллофан. Cobb <sup>2</sup> . . . . .	50—140	270—350	860—905	950—970
Оранжевая разность (IV) . . . . .	82	234	642	886

Из этой таблицы мы видим, что среди аллофанов есть группа с 4 остановками типа ньютонита, с 3 остановками типа галлуазита и

<sup>1</sup> Le Chatelier. De l'action de la chaleur sur les argiles. C. R., 1887, 104, 1443. См. также Н. Stremme, l. c., p.45.

<sup>2</sup> H. S. Houldsworth and J. W. Cobb. The behaviour of fire-clays . . . . . on heating. Trans. Ceram. Soc., 1923, 22, 111.

<sup>3</sup> Н. С. Курнаков и В. В. Черных. Физико-химическое исследование некоторых водных силикатов окиси железа и алюминия. З. Мин. О., 1923, 57, вып. 1, стр. 61. Исследованный авторами минерал из коллекции Горного музея № 909/2 под названием аллофан, согласно приведенному ими анализу № VIII стоит ближе к галлуазиту, чем к аллофану, для которого теоретическое содержание SiO<sub>2</sub> около 24%, тогда как у галлуазита 43.60, а у исследованного минерала 36.31% (стр. 63). На этом основании минерал помещен в нашей таблице вместе с галлуазитом. Термическая запись велась только до 350°.

<sup>4</sup> Я. В. Самойлов. О химическом строении каолина. ИАН, 1914, 791.

с 2 — типа аллофана; при множественности остановок возможно предположить также наличие механической смеси разных минералов.

Продолжая дальше изучение таблицы, мы видим у всех кривых наличие экзотермической реакции около  $900-1000^{\circ}$ ; о полной аналогии с каолиновой остановкой была речь выше. Равным образом, на всех кривых представлена нижняя остановка около  $100-200^{\circ}$ , типично аллофановидная, так как у каолинита она не наблюдается. На кривых галлуазитового, ньютонитового и смешанного типов мы имеем остановку, правда, заметно колеблющуюся для разных образцов, в среднем около  $600^{\circ}$ , что очень напоминает обычную эндотермическую остановку у каолинита; если принять во внимание, что и по составу, особенно в отношении  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 2$ , между каолином, галлуазитом и ньютонитом существует большое сходство, то указанная аналогия становится еще яснее. Главнейшее различие в конституции этих соединений, очевидно, связано с наличием воды, выделяющейся при низких температурах, чем и обусловлены нижние остановки. Наконец, на кривых ньютонита и смешанного ряда наблюдается четвертая остановка, около  $300^{\circ}$ , характер которой пока еще не вполне ясен. Принимая во внимание, что в наших аллофаноидах, судя по шлифам, можно наблюдать вторичные образования в виде сферолитов, описанных Билибиным под названием алюмогидрокальцита, возможно некоторые остановки приписать разложению этого минерала.

Исходя из соображений, что, в связи с явлениями перегревания, в зависимости от скорости процесса, адсорбции и т. п. термические кривые не дают вполне точных результатов, мы поставили опыты по обезвоживанию.

Метод этот детально был разработан в последнее время Г. Г. Уразовым,<sup>1</sup> а затем сотрудниками проф. G. Linck;<sup>2</sup> последними указывается возможность по величине потери воды при постоянной температуре около  $430^{\circ}$ , судить об отношении между кристаллическим каолином и аморфными компонентами в глинах, так как для них характерно непрерывное выделение воды, тогда как выделяющаяся при постоянной температуре вода рассматривается как конституционная. В связи с этим чистые каолиниты на кривой обезвоживания характеризуются наличием значительного излома, тогда как у других гидроалюмосиликатов в роде монтмориллонита, сукновальной глины, сильно загрязненной кембрийской глины из Прибалтики и пр., кривые имеют более или менее плавный ход.

<sup>1</sup> Г. Г. Уразов и Н. И. Влодавец. Физико-химическое исследование Боровичских огнеупорных глин. И. Геол. ком., 1926, 45, № 7, 821 и И. Инст. Ф.-Х. анал. 1927, 3, 725.

<sup>2</sup> G. Calsow. Über das Verhältniss zwischen Kaolinen und Tonen. Chemie d. Erde, 1926, 2, H. 4, 415—441. — H. Boege. Über den Kaolingehalt von Tonen. Ibid., 1927, 3, H. 2, 341—369. — G. Linck. Über den mineralogischen Bestand der Tone. Ibid., 370—374.

В наших опытах навеска в электрической печи при непрерывном токе сухого воздуха выдерживалась при определенной температуре, контролируемой терморегулятором, до постоянного веса. Опыт заканчивался, когда при повторных взвешиваниях не наблюдалось больше никакой потери в весе. Результаты наблюдений сведены в таблицу 7, на основании которой вычерчена диаграмма обезвоживания (фиг. 4). Материалом служили разности белая, зеленая и черная.

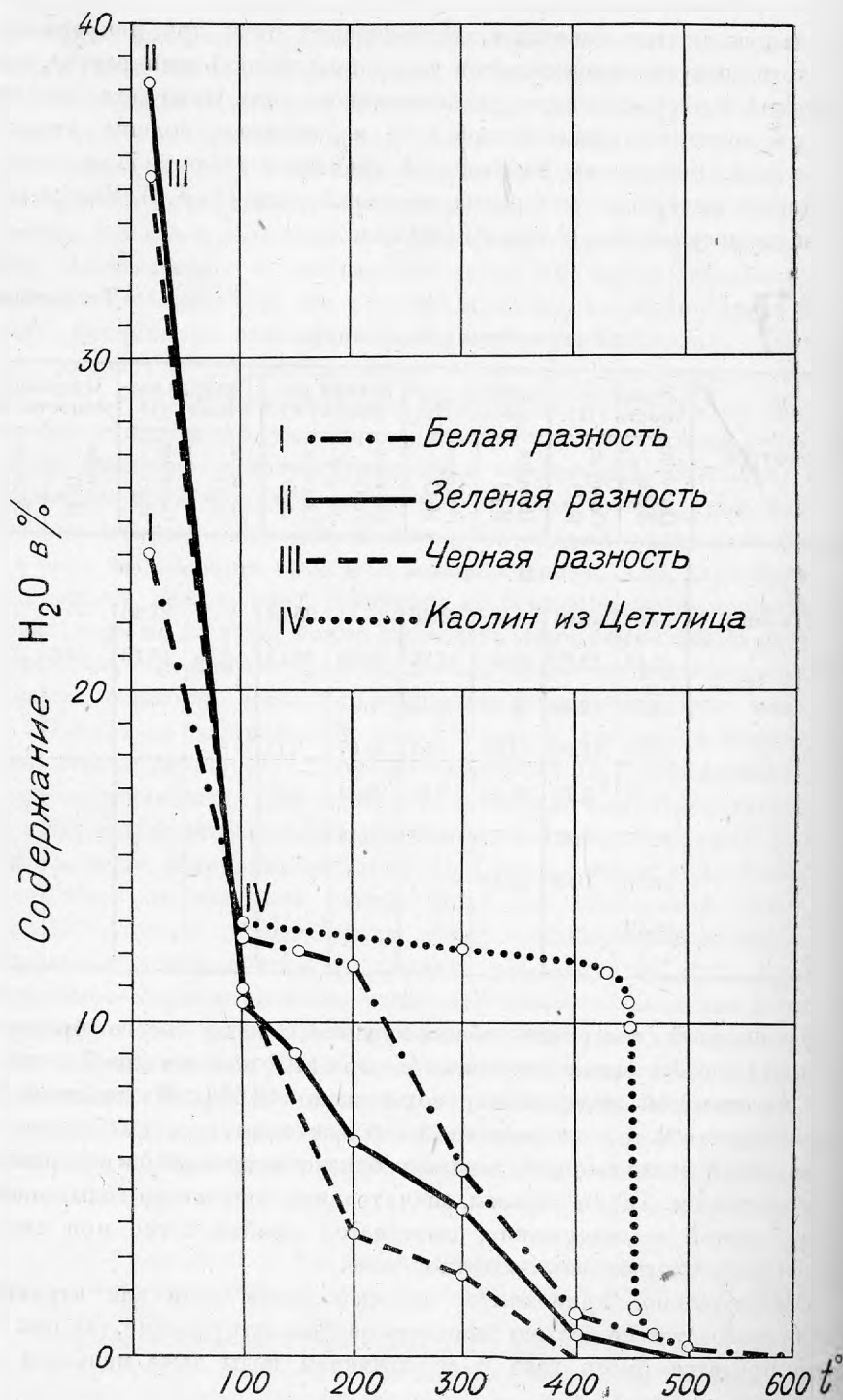
Таблица 7

## Результаты обезвоживания

Температура	Белая разность (II)		Зеленая разность (III)		Черная разность (V)		Голубая разность (I)		Оранжевая разность (IV)	
	Потеря H <sub>2</sub> O	Содерж. H <sub>2</sub> O	Потеря H <sub>2</sub> O	Содерж. H <sub>2</sub> O	Потеря H <sub>2</sub> O	Содерж. H <sub>2</sub> O	Потеря H <sub>2</sub> O	Содерж. H <sub>2</sub> O	Потеря H <sub>2</sub> O	Содерж. H <sub>2</sub> O
	П р о ц е н т ы									
15° (комн.)	—	24.04	—	38.43	—	35.44	—	21.48	—	21.58
110	11.42	12.62	25.63	12.80	23.32	12.12	8.15	13.13	8.96	12.62
150	11.56	12.48	29.33	9.10	—	—				
200	12.08	11.96	31.86	7.57	31.67	3.77				
300	18.32	5.72	35.10	3.33	32.94	2.50				
400	22.57	1.47	37.70	0.73	35.44	—				
500	23.66	0.38	38.43	—						
600	24.04	—								

На сводной диаграмме обезвоживания прежде всего бросается в глаза, что все 3 кривых пересекаются при 110° почти в одной и той же точке, отвечающей содержанию воды около 12.5%. Из таблицы 7-й видно, что и для 2 других разностей остаток воды при 110° совпадает с приведенной выше цифрой, довольно близко подходящей к содержанию воды в каолините. Таким образом, значительное количество воды, иногда до двух третей ее содержания, выделяется крайне легко при низких температурах, уподобляясь цеолитной воде.

Следовательно, применение аллофаноидных глин для керамического производства не должно вызывать особых затруднений, так как при обжиге придется иметь дело с содержанием воды даже меньшим, чем у каолинита.



Фиг. 4. Диаграмма обезвоживания.



Несмотря, однако, на сходство с каолинитом в смысле содержания воды при  $110^\circ$ , дальнейший ход процесса обезвоживания показывает, что аллофаноидные глины существенно отличаются от каолиновых глин; для сравнения на диаграмме проведена кривая обезвоживания каолина из Zettlitz, согласно данным G. Calsow.

На этой кривой мы видим, что главная масса „конституционной“ воды выделяется при постоянной температуре в интервале между  $400—450^\circ$ , чем и обусловлен значительный вертикальный участок на самой кривой. Между тем, на наших кривых, особенно отвечающих типу аллофана (черная и зеленая разности) потеря воды до самого конца совершается более или менее постепенно, чем и обусловлен почти плавный вид соответствующих кривых. Что же касается кривой обезвоживания галлуазитового (ньютонитового) типа для белой разности, то, напоминая скорее аллофаноидные глины, она все же отличается от предыдущих тем, что на интервале между  $100^\circ$  и  $200^\circ$  не обнаруживает никакой реакции, после же  $200^\circ$  остаточная вода продолжает выделяться вполне постепенно до полной потери ее при  $600^\circ$ , — выше, чем для каолинита.

Сравнивая кривые обезвоживания с кривыми нагревания как для чистого каолинита, так и для аллофаноидных глин с отношением  $Al_2O_3:SiO_2 = 1:2$  (галлуазит, ньютонит), мы видим, что, несмотря на различный характер и способ выделения воды, термические эффекты эндо- и экзотермического характера намечаются приблизительно в тех же температурных интервалах, около  $600$  и  $1000^\circ$ , что косвенно подтверждает высказанное нами<sup>1</sup> положение об образовании при указанных условиях метакаолинита  $Al_2Si_2O_7$  и его последующего распада. Что же касается настоящего аллофана (черная разность), то, хотя по характеру обезвоживания он вполне соответствует остальным аллофаноидным глинам, но на кривой нагревания имеется только верхняя экзотермическая реакция, вероятно, связанная с распадом  $Al_2SiO_5$ , или его превращением в муллит.

В целях более полного изучения свойств исследуемых гидроалюмосиликатов, мы поставили ряд опытов химического характера, вполне оправдавших себя в нашей предшествующей работе о каолините. Интересно подчеркнуть плодотворность этого метода, давшего весьма убедительные результаты для понимания процессов, совершающихся в каолините при нагревании: в недавно появившейся работе, K. A. Vesterberg<sup>2</sup> пришел к тем же результатам, что и мы, именно, между  $500^\circ$  и  $800^\circ$  совершается не распад на свободные  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ , а образуется силикат  $Al_2Si_2O_7$ .<sup>3</sup>

<sup>1</sup> А. С. Гинзберг, X. С. Никогосян и А. В. Читаев. Об изменениях каолинита при нагревании. Т. Инст. прикл. мин., 1926, вып. 22.

<sup>2</sup> K. Alb. Vesterberg. Om Kaolin och dess termiska förändringar. Ark. f. Kemi. Min. och Geol., 1926, 9, H. 3, № 14, 1—26.

<sup>3</sup> K. Alb. Vesterberg. Ibid., 12.

Как упоминалось уже выше, все глинистые гидроалюмосиликаты, согласно Stremme, разбиваются на аллофаноидную группу, разлагаемую соляной кислотой, и на каолиновую группу, стойкую по отношению к этому реагенту. С этой точки зрения интересно было испытать характер разлагаемости ньютонита, белой разности (II), за исключением значительного содержания низкотемпературной воды, весьма схожей по физико-химическим данным с каолинитом. Для сравнения приведены некоторые испытания и с аллофаном, черная разность (V). Навеска бралась около 1 г и подвергалась воздействию 100 куб. см реактива. Результаты сведены на таблице 8.

Таблица 8

## Растворимость в разных реактивах

	Дистилл. вода на холоду и при кипячении	10% HCl на холоду	10% HCl при кипя- чении	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> на холоду	10% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> на холоду	
Время . . .	34 дня	34 дня	1 час	28 дней	16 дней	Ньютонит, белая разность (II)
Навеска . .	1.0000	1.0062	1.0460	0.9936	0.9994	
SiO <sub>2</sub> . . .	—	1.64%	0.42%	0.27%	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	—	6.52%	8.31%	2.33%	—	Аллофан, черная разность (V)
Время . . .	28 дней		1 час			
Навеска . .	1.0030		1.0016			
SiO <sub>2</sub> . . .	—		12%			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	—		46%			

На основании этих цифр следует, что в смысле разлагаемости ньютонит занимает переходное положение, так как, значительно уступая в степени растворимости аллофану, все же легче подвержен воздействию кислот, чем неразлагаемый каолинит.

Следующим моментом испытания является установление прочности связи низкотемпературной воды в ньютоните, в какой и заключается основное различие ньютонита от каолинита.

Кроме того, ставились и опыты замены воды в составе ньютонита углекислотой и аммиаком.

Эти наблюдения носят пока характер скорее качественных проб и должны рассматриваться как материал, который только при достаточном количестве собранных фактов сможет получить вполне удовлетворительное толкование.

Как мы видели выше, ньютонит легко отдает часть своей воды, теряя 11.42% уже около 110°. Интересно было проверить, насколько легко можно отнять эту воду другими способами. Для этого навеска воздушно-сухого порошка (1.0188), выдерживалась 7 суток в эксикаторе над серной кислотой, причем получилась потеря в 11.23%, т. е. была извлечена вся низкотемпературная вода.

Далее, воздушно-сухой порошок оставался в открытом сосуде в течение 14 дней на воздухе при комнатной температуре, чтобы установить его отношение к гигроскопической влаге; однако, в связи с колебаниями температуры лаборатории, согреваемой центральным отоплением, достигнуть окончательного равновесия не удалось, причем наблюдались колебания то в сторону прибавки веса, то наоборот, в общем от  $-1.32\%$  до  $+0.08\%$ . После этого навеска в 1.3490 г выдерживалась в течение 10 дней в парах воды, для чего в химический стакан с водой на дно помещался фарфоровый треугольник, на котором располагался открытый сосуд с порошком. Соответствующая прибавка выразилась всего лишь  $+0.61\%$ , т. е. в воздушно-сухом состоянии при комнатной температуре мы имели почти предельное количество поглощенной воды.

Следующим экспериментом являлась попытка заменить воду в ньютоните углекислотой, для чего через сосуд, в котором помещался стаканчик с порошком прогонялся ток предварительно высушенной углекислоты. Результат оказался довольно неожиданный: спустя 40 часов не только не было обнаружено прибавки в весе, но, наоборот, получилась потеря в 3.1%, что вероятно объясняется увлечением некоторого количества воды током сухого углекислого газа в связи с изменением парциального давления.

Зато, определенный прирост можно было констатировать, если насыщать соответствующую навеску порошка нашего минерала аммиаком. Первоначально, мы пробовали перегонять аммиак и пропускать его через ряд приборов для осушения, но оказалось, что избавиться от воды окончательно не удавалось. Тогда мы стали получать аммиак разложением хлористого аммония в смеси с окисью кальция путем нагревания в фарфоровой реторте; аммиак пропускался через ряд колонок и трубок с  $\text{CaCl}_2$  и был совершенно сухой, судя по отсутствию увеличения в весе последней хлоркальциевой трубки. Навеска была взята большая (2.233 г), причем через 18 часов получилась прибавка в весе в 4.66%. Затем эта же увеличившаяся навеска была высушена в термостате при 110° и обнаружила потерю в весе в 15.91%; если припомнить, что ньютонит теряет 11.42% воды при 110° и прибавить сюда предшествующее увеличение в весе от аммиака в 4.66%, то соответствующая теоретическая потеря была равна 16.08%, что почти вполне совпадает с действительной цифрой 15.91%.

Что в действительности происходит при насыщении аммиаком, адсорбция ли его, химическое ли замещение, причем вытеснена ли часть воды или только присоединился аммиак, — сказать пока преждевременно. Совпадение в теоретической и практической цифрах потери в весе говорит скорее за простое присоединение аммиака без потери воды, но, так как молекулярные веса воды и аммиака почти одинаковы, то соответствующий вывод все же остается недостаточно убедительным.

Следующая серия опытов производилась над ньютонитом, лишенным низкотемпературной воды, т. е. выдержанным в термостате при  $110^{\circ}$  до постоянного веса, причем соответствующая навеска после термостата помещалась в пары воды, либо подвергалась действию тока аммиака и углекислого газа. В первом случае навеска в 0.843 г выдерживалась над парами воды шесть суток, в результате чего получилась прибавка в весе всего лишь в 4.39%, т. е. в условиях опыта вода восстановилась далеко не в полной мере. Насыщение аммиаком в течение 19 часов дало прибавку в весе в 2.02%. В струе углекислоты после 24 часов не только не замечалось уменьшения в весе, как было установлено при соответствующем испытании при комнатной температуре, а наоборот, получилась прибавка в 2.19%. Эта проба выдерживалась затем открытой на воздухе при комнатной температуре в течение 7 суток, в результате чего получилась небольшая прибавка в 0.9%, вероятно, на счет гигроскопической воды; высушенная затем в сушильном шкафу при  $115^{\circ}$  обнаружила потерю в 3.23%, что близко совпадает с суммой предыдущих прибавок ( $2.19 + 0.9 = 3.09$ ).

Аналогичные же опыты были повторены над веществом, предварительно прокаленным при  $700^{\circ}$ , когда, судя по кривым нагревания и обезвоживания, вся вода в ньютоните должна была удалиться. Соответствующая навеска в 1.3490 г выдерживалась при комнатной температуре над парами воды в течение 10 дней, причем обнаружила прибавку в 3.72%, что подчеркивает значительное сродство к воде ядра водных алюмосиликатов даже после нагрева выше точки выделения всей воды. Опыты насыщения аммиаком попрежнему дают довольно значительную прибавку, 2.72% после 16 часов. Равным образом, повидимому, усваивается и небольшое количество углекислоты, где наблюдаемая прибавка в весе выразилась цифрой в 0.93%.

Наконец, последняя серия испытаний была проделана над ньютонитом, предварительно прокаленным при  $1100^{\circ}$ . Соответствующая навеска в 0.9196 г выдерживалась над парами воды 5 суток и дала прибавку всего лишь в 0.28%. Для сравнения приводим величину прибавки в весе в 0.14%, полученную для прокаленного тоже при  $1100^{\circ}$  вещества и оставленного на воздухе в комнате в течение тех же 5 суток. Ясно из сравнения порядка этих цифр, что увеличение в весе может быть приписано

только влиянию гигроскопической воды. Равным образом, ничтожны прибавки в весе от аммиака (0.32%) и углекислоты (0.07%).

Из последней серии опытов вытекает, что только после прокалки около 1000° утрачивается всякое сродство к воде, очевидно, в связи с теми экзотермическими реакциями, которые обнаруживаются на всех исследованных нами кривых нагревания около этого температурного интервала, когда, вероятно, происходит разрушение ядра гидроалюмосиликата. Вместе с тем, на основании всего вышеизложенного вытекает важное для керамической практики положение, что, в случае применения аллофаноидных глин, необходимо соответствующие изделия подвергать сильному обжигу, ибо иначе может иметь место заметное усвоение воды и связанное с этим изменение объема.

Основной задачей наших исследований является установление тех процессов, которые совершаются в глинах при нагревании. Подойти к разрешению этого вопроса можно тремя путями — методом оптическим, рентгеноскопическим и химическим. На основании соображений, развитых в нашей работе об изменении каолинита при нагревании,<sup>1</sup> мы остановились на последнем, причем в качестве реактива служила смесь в равных количествах 10%-х растворов  $K_2CO_3$  и  $NaOH$ .

Совершенно в аналогичных же условиях велась нами работа по выщелачиванию нагретых до различных температур, а затем закаленных образцов аллофаноидных глин.

Результаты всех этих испытаний сведены на таблице 9, где для каждого опыта указана соответствующая навеска, пересчет выщелоченного количества кремнезема и глинозема в процентах от всей навески и от первоначального содержания в ней соответствующих окислов. Для сравнения приведены также данные, полученные в выщелачиванной нашей работе, для боровичского каолинита („сухаря“), андалузита и искусственной смеси химически-чистых препаратов кремнезема и глинозема в отношении 2:1. Необходимо еще раз подчеркнуть, как это было нами указано и в предшествующей работе, что эти опыты по выщелачиванию не могут претендовать на чрезвычайную точность, давая скорее порядок цифр, так как условия эксперимента, естественно, несколько отличаются в связи со степенью измельчения, кристалличности, величины навески и т. п.

Рассматривая эту таблицу, мы замечаем, прежде всего совершенно обособленное положение андалузита, резко выделяющегося по своей слабой растворимости, особенно в отношении глинозема, при всех температурных условиях, причем степень выщелачивания остается все время почти неизменной (табл. 9).

<sup>1</sup> А. С. Гинзберг, Х. С. Никогосян и А. В. Читаев. Т. Инст. прикл. мин., 1926, вып. 22, 13.

Растворимость  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в 100 куб.

Вещества, взятые для исследования	Высушено до постоянного веса при 100°					Закалено при 700°				
	В % от навески		В % от содержания		Навеска	В % от навески		В % от содержания		В % от содержания
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$		$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	
1. Андалузит $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ .	3.38	0.54	10.16	0.89	1.1558	3.19	0.47	9.22	0.75	1.161
2. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{SiO}_2$ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .	15.78	9.89	35.12	21.84	0.9287	42.58	29.93	78.61	65.33	0.866
4. Белая разность, нью-тонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . .	24.13	18.36	61.59	53.42	0.9899	32.45	26.87	82.33	78.16	0.917
5. Голубая разность, галлузит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . .	24.83	19.11	60.37	53.68	0.9976	34.82	25.78	84.75	72.43	0.917
6. Оранжевая разность $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .	32.20	16.40	87.02	44.45	0.9116	32.00	28.91	86.46	78.33	0.9116
7. Черная разность, аллофан $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	20.29	23.08	84.20	64.10	0.9408	21.16	26.32	87.80	73.11	0.931

Далее бросается в глаза сильное различие в характере разлагаемости каолинита и аллофановидных глин при низких температурах, причем выщелачивание увеличивается по мере уменьшения содержания кремнезема, являясь максимальным для аллофана.

Совершенно тождественную картину дают ньютонит и галлузит, что должно быть сопоставлено, очевидно, с их чрезвычайно близкой конституцией. Важно подчеркнуть, вместе с тем, что, за исключением данных для низких температур, растворимость после закалки при 700 и 1000° у этих двух образцов вполне совпадает с соответствующими данными для каолинита, что идет в параллель с аналогией в характере остановок на

Таблица 9

 смеси 10% растворов  $K_2CO_3$  и  $NaOH$ 

Закалено при 1000°					Закалено при 1400°					Примечания
В % навески		В % от содержания		Навеска	В % от навески		В % от содержания		Навеска	
$SiO_2$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$Al_2O_3$		$SiO_2$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$Al_2O_3$		
4.48	0.38	12.82	0.52	0.7150	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	16.42	5.78	28.94	12.63	0.8158	Искусственная смесь препаратов от Kahlbaum. Сплавлена
1.92	21.52	86.76	47.27	—	12.40	1.64	27.8	4.2	1.0000	Боровичский сухарь
1.17	12.47	82.04	36.27	0.9914	10.22	2.85	26.09	8.29	1.0016	Природный минерал. С. Потехино
1.92	15.27	82.50	42.89	0.7309	—	—	—	—	—	Природный минерал. С. Потехино
1.88	3.26	91.52	8.83	0.9862	—	—	—	—	—	Природный минерал. С. Потехино
1.88	13.67	86.84	37.97	0.9656	—	—	—	—	—	Природный минерал. С. Потехино

кривых нагревания. Признав же, согласно нашим прежним наблюдениям для каолинита образование комплексного ангидрида  $Al_2Si_2O_7$ , при эндотермической реакции около 600° и распад его на свободные окислы при экзотермическом процессе около 1000°, нужно допустить возможность подобных же явлений и у минералов галлуазитового ряда. Аналогия становится еще более подчеркнутой, если посмотреть на соответствующие величины растворимости после закалки при 1400°, где наблюдается совершенно иное выщелачивание, резко уменьшившееся как в отношении кремнезема, так особенно в отношении глинозема, причем получаются очень близкие цифры для каолинита, ньютонита и сплавленной искусственной

смеси кремнезема и глинозема в отношении 2:1, что указывает на образование при очень высоких температурах нового соединения, одинакового во всех трех случаях, согласно диаграмме Bowen, очевидно, муллита.

Процесс образования муллита идет за счет свободных окислов, получившихся около  $1000^{\circ}$ , и совершается при более высокой температуре. Доказательством этого может служить крайне интересное наблюдение Shinjo Satoh, впервые установившего при помощи дифференциального метода наличие еще одной экзотермической реакции при нагревании каолинита в интервале  $1200-1300^{\circ}$ ; правда, в связи с иными представлениями автора о процессах изменений в каолините при нагревании, чем это принято нами, и самое объяснение реакции при  $1200^{\circ}$  дается иное — не соединение свободных окислов в муллит, а соединение свободного кремнезема с диссоциированным силикатом алюминия по схеме:  $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiAl}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$ .<sup>1</sup>

С этими данными могут быть сопоставлены и недавние рентгеноскопические наблюдения J. F. Nyslop и H. P. Rooksby, установившие, что свыше  $1060^{\circ}$  исчезают решетки, принадлежащие  $\alpha$ - и  $\beta$ -фазам (так названы различные соединения глинозема и кремнезема, в том числе и  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ), и остается только муллит.<sup>2</sup>

Что касается аллофана, то нужно подчеркнуть очень близкие цифры выщелачивания, получившиеся после прогрева образца до  $100^{\circ}$  и до  $700^{\circ}$ , что указывает на слабую изменяемость ядра в этом интервале, вполне подтверждающуюся и отсутствием термического эффекта на кривой нагревания в этих пределах; после же закалки около  $1000^{\circ}$  растворимость аллофана заметно изменилась, приближаясь к величинам, наблюдавшимся во всех упомянутых выше примерах. Сопоставляя этот факт с полной аналогией в характере верхней экзотермической остановки на кривой нагревания аллофана с таковой же для каолинита, возможно предположить, что и здесь тоже происходит распад комплексного ангидрида, правда другого состава, чем у каолинита, на свободные окислы.

Несколько особняком стоит оранжевая разность, приближаясь по своей выщелачиваемости скорее к аллофанам, но отличаясь резко от всех остальных образцов очень слабой растворимостью глинозема после закалки при  $1000^{\circ}$  (8.83% от содержания, вместо обычных  $\approx 40\%$ ).

Такое сильное уменьшение растворимости можно сопоставить с значительным понижением температуры верхней остановки ( $886^{\circ}$  вместо  $\approx 1000^{\circ}$ ), благодаря чему образовавшаяся свободная окись алюми-

<sup>1</sup> Shinjo Satoh. The heat effects on fire-clays and their mixture. Sci. Reports Tôhoku Univ., 3 ser., 1923, 1, № 3, 159—201.

<sup>2</sup> J. F. Nyslop and H. P. Rooksby. The effect of heat on the crystalline break-up of Kaolin. Trans. Ceram. Soc., 1927—28, 27, II, 93.



ния сильнее и дольше прокаливалась до температуры закалки в  $1000^{\circ}$ , чем в остальных случаях, когда глинозем только при этой температуре и образовывался в связи с соответствующим распадом комплексного ангидрида; уменьшение же растворимости глинозема с повышением температуры может быть объяснено образованием второй модификации, более стойкой по отношению к растворителям, как это следует, в особенности, из работ Tammann и Pape.<sup>1</sup>

На основании всего вышеизложенного, сравнивая между собой результаты химического и термического исследования, мы можем прийти к выводу, что у всех гидроалюмосиликатных минералов глин при нагревании наблюдается после выделения воды образование комплексного ангидрида, который при температуре около  $1000^{\circ}$  распадается на свободные окислы, в свою очередь, при дальнейшем обжиге вновь соединяющиеся, вероятнее всего, в форме муллита. Основное же различие глин аллофаноидных и каолиновых сводится к характеру воды, выделяющейся в первом случае в главной своей части при низких температурах, с чем должна быть сопоставлена и более легкая их растворимость в различных реактивах. Наконец, крайне легкая подвижность воды, теряющейся уже при незначительном нагревании, подтверждает гипергенетический характер генезиса этих аллофаноидов.

Секция термического исследования  
силикатов Института металлов.  
Ленинград, декабрь 1928 г.

## A. Ginsberg und Chr. Nikogossian (Chr. Nikogossian). Veränderungen der allophanoiden Tone bei Erhitzung

### Résumé

Diese Arbeit enthält die Resultate einer Untersuchung von Allophanoiden aus dem Bezirk-Chakass (Gebiet Jenissej, Sibirien). Es wurden blaue, weisse, grüne, orangefarbene und schwarze Varietäten dem Studium unterzogen. Nach den chemischen Analysen, welche auf ein Dreiecks-Diagramm nach Wherry projiziert wurden (Fig. 2), sind die blauen Varietäten dem Halloysit nahe, die weissen — dem Newtonit, die grünen und schwarzen — dem Allophan und die orangefarbene Varietäten enthalten eine Mischung von verschiedenen Hydroalumosilikaten. Um die Konstitution dieser

<sup>1</sup> G. Tammann u. Pape. Über die Wasserverlust des Kaolins etc. Z. Anorg. Ch., 1923, 127, 43.

Hydroalumosilikate und die Rolle des in ihnen enthaltenen Wassers zu erklären wurden thermische Analysen ausgeführt und Erhitzungskurven mit dem selbstregistrierenden Pyrometer von N. S. Kurnakov erhalten.

Die Analyse dieser Kurven zeigt uns zwei Haltepunkte für alle Allophanoide: 1) zwischen 100—200°, für den Allophanoid typisch und beim Kaolin nicht vorhanden und 2) zwischen 900—1000°. Dieser Haltepunkt weist auf eine exothermische Reaktion hin und ist dem Haltepunkt des Kaolins ähnlich.

Die Kurven des Halloysit-Newtonit-Typus und des gemischten Typus zeigen noch einen Haltepunkt bei ungefähr 600° (für verschiedene Handstücke variierend), welcher mit dem endothermischen Haltepunkte des Kaolins übereinstimmt. Auch nach der chemischen Zusammensetzung steht Kaolin dem Halloysit und dem Newtonit sehr nahe ( $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3=2$ ).

Der hauptsächlichste Unterschied zwischen diesen Mineralien besteht wohl im Gehalt an Wasser, welches sich bei niedriger Temperatur ausscheidet, dem unteren Haltepunkte der Erhitzungskurve der Allophanoide entsprechend. Die Kurve von Newtonit und von Allophanoiden der gemischten Reihe zeigt uns noch einen Haltepunkt bei 300°, dessen Charakter noch nicht aufgeklärt ist. Einige Haltepunkte auf den Kurven lassen sich durch Zersetzung der in unseren Allophanoiden enthaltenen mikroskopischen Sphärolithe erklären, welche Bilibin<sup>1</sup> als Alumohydrocalcit beschrieb.

Ausserdem wurde der Dehydratationsprozess untersucht. Die fließende Kurve der Dehydratation zeigt uns, besonders bei den Typen des Allophan (schwarze und grüne Varietäten), dass der Wasserverlust bis zum Schluss allmählich vor sich geht.

Die Dehydratationskurve der weissen Varietäten von Halloysit, obwohl derjenigen der allophanoiden Tone ähnlich, zeigt beim Temperaturintervall von 100 bis 200° keine Reaktion, an dann scheidet sich das übrige Wasser nach und nach bis 600° aus (diese Temperatur ist höher, als bei Kaolin).

Beim Vergleich der Erhitzungskurven und der Dehydratationskurven von Kaolin und allophanoiden Tone (mit  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3=2$ , wie Halloysit, Newtonit) sieht man thermische Effekte von endo- und exothermischem Charakter ca. zwischen 600° und 1000°, was indirekt unsere Vermutung<sup>2</sup> bestätigt, dass in solchen Bedingungen ein Metakaolinit  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$  entsteht und weiterhin zerfällt.

Die Erhitzungskurve von echtem Allophan (schwarze Varietät) gibt nur die obere exothermische Reaktion, welche wahrscheinlich mit dem

<sup>1</sup> G. A. Bilibin. Alumohydrocalcit — ein neues Mineral. Mem. Russ. Ges. Min. 1926, 55, H. 2, 243 und Referat in N. Jb. Min., 1928, 101.

<sup>2</sup> A. S. Ginsberg, Chr. Nikogosian u. A. Čitajev. Die Veränderungen des Kaolinitis bei der Erhitzung. Verhandl. Inst. angew. Min. Moskau, 1926, H. 22.

Zerfall des  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , oder mit seiner Umwandlung in Mullit verbunden ist. Um die Veränderungen in Tonen bei Erhitzung zu erklären benutzten wir auch unsere Methode von Auslaugung der bis zu verschiedenen Temperaturen erwärmter und dann abgeschreckte Allophanoiden. Die Auslaugung bei niedriger Temperatur von Kaolin und allophanoiden Tonen ist verschieden. Je kleiner der Si-Gehalt ist, desto grösser ist die Auslaugung, die ihr Maximum bei Allophan erreicht.

Newtonit und Halloysit ergeben hierin die gleichen Resultate. Es ist wichtig zu bemerken, dass nach der Abschreckung bei  $700^\circ$  und bei  $1000^\circ$  die Löslichkeit dieser zwei Mineralien mit der von Kaolinit übereinstimmt, was der Analogie im Charakter der Haltepunkte auf den Erhitzungskurven entspricht.

Die Auslaugung von Allophan bleibt bei Erhitzung auf  $100^\circ$  und bis zu  $700^\circ$  fast unverändert, was auf schwache Veränderung des Kernes in diesem Temperaturintervall hinweist. Das stimmt gut mit der Abwesenheit von thermischem Effekt in diesem Intervall. Nach der Härtung bei  $1000^\circ$  verändert sich die Löslichkeit von Allophan sehr merklich und nähert sich derjenigen anderer Allophanoide. Der obere Haltepunkt der Erhitzungskurve von Allophan kann, nach Analogie mit dem des Kaolinit, dadurch erklärt werden, dass er einem Zerfall in freie Oxyde eines komplexen Anhydrits (aber von anderer Zusammensetzung als im Kaolinit) entspricht.

Aus den chemischen und thermischen Untersuchungen der Allophanoide schliessen wir, dass alle Hydroalumosilicat-Mineralien der Tone, nachdem sie bei Erwärmung das Wasser verloren, einen komplexen Anhydrit bei ungefähr  $600^\circ$  bilden. Er zerfällt bei  $1000^\circ$  in freie Oxyde und verbindet sich bei weiterer Härtung wahrscheinlich in Form von Mullit

Der Grundunterschied zwischen allophanoiden und kaolinischen Tonen erklärt sich durch den verschiedenen Charakter des Wassers, welches sich in ersteren meistens bei niedriger Temperatur ausscheidet, womit auch ihre höhere Löslichkeit in verschiedenen Reagenzien verbunden sein muss.

---

**Список сообщений, доложенных в 1928 и 1929 гг. на собраниях  
Научного кружка при Минералогическом музее**

**1928**

*LIX собрание, 8 января*

- В. И. Вернадский.** Геохимические основы теории эволюции.  
**М. И. Липовский.** Платиновые месторождения Южной Африки.  
**В. И. Крыжановский.** Демонстрирование новых поступлений.  
**А. В. Щубников.** Демонстрирование новой рентгеновской установки.

*LX собрание, 22 января*

- Д. И. Щербаков.** Впечатления от научной поездки в Германию, Чехословакию и Италию.

*LXI собрание, 6 февраля, посвященное памяти Рамзая*

- А. Е. Ферсман.** Памяти Рамзая.  
**А. А. Григорьев.** О движениях земной коры в связи с работами Рамзая.  
**Э. М. Вонштедт.** Экспедиции Рамзая в Хибинах.  
**В. М. Куплетский.** Петрографические работы в Хибинах с 1887 по 1927 гг.  
**Е. Е. Костылева.** Обзор минералогических работ экспедиций Рамзая.

*LXII собрание, 23 февраля*

- П. И. Лебедев.** К минералогии кратера Алагеза (Армения).  
**В. С. Трофимов.** О Чикойских месторождениях вольфрамита.  
**В. И. Крыжановский.** Демонстрирование новых поступлений музея.  
**Н. Г. Сергиев.** О железе в полевых шпатах.

*LXIII собрание, 1 марта*

- Н. Н. Гуткова.** О работах летом 1927 г. в центральной части Кольского полуострова.  
**Е. Е. Костылева.** Об эвдиалите и эвколите Хибинских и Ловозерских Тундр.  
**С. С. Смирнов.** Из минералогической практики.

*LXIV собрание, 8 марта*

- П. В. Грунвальд.** Минералы и полезные ископаемые Якутии.  
**Д. С. Белянкин.** О муллите.

*LXV собрание, 18 октября*

- В. И. Влодавец.** О работе на месторождениях Хибинского апатита летом 1928 г.  
**Н. Н. Гуткова.** Демонстрирование коллекции минералов из центральной части Кольского полуострова.  
**В. И. Крыжановский.** Драгоценные камни Сергиевского монастыря.  
**А. В. Шубников.** Новый прибор для выращивания кристаллов.  
**А. Е. Ферсман.** Впечатления из поездки за границу.

*LXVI собрание, 1 ноября*

- А. И. Цветков.** Об изменении окраски апатита при нагревании.  
**А. В. Шубников.** Вывод некоторых теорем по симметрии.  
**А. Е. Ферсман.** Геохимия Средней Азии.

*LXVII собрание, 10 ноября*

- Н. М. Прокопенко.** Термальные источники и газовые струи Александровского хребта Каракольского района.  
**Б. А. Федорович.** Минеральные образования района Буамского ущелья (Киргизия)  
**Д. И. Щербаков.** Из впечатлений поездки на Памир.

*LXVIII собрание, 24 ноября*

- А. А. Сауков.** Работы 1928 г. по обследованию сурьмяно-ртутных месторождений Южной Ферганы.  
**В. А. Зильберминц.** Демонстрирование минерала лессингита.  
**А. Ф. Соседко.** О разведке серных месторождений в Каракумах.

*LXIX собрание, 6 декабря*

- А. Е. Ферсман.** Последние данные по Тюя-Муюну.  
**В. И. Крыжановский.** О работе в Ильменских и Вишневых горах летом 1928 г.  
**Г. Г. Леммлейн.** Явления залечивания трещин в кристаллах.  
**А. Е. Ферсман.** Месторождение изумрудов Южной Африки.

## 1929

*LXX собрание, 10 января*

- А. Н. Лабунцов.** Впечатления из поездки по Памиру и Афганистану.  
**А. В. Шубников.** Некоторые наблюдения над ростом кристаллов.  
**В. И. Крыжановский.** К минералогии Ахматовской копи.  
**А. А. Флоренский.** К минералогии Южной Осетии.

*LXXI собрание, 17 января*

- П. М. Мурзаев.** О кварцах Крыма.  
**Б. М. Куплетский.** Щелочные роговые обманки центрального водораздела Кольского полуострова.  
**Г. В. Гвахария.** Цеолиты Красного Моста (Тифлисск. у.).  
**Д. И. Щербаков.** Маршруты геолого-минералогического сектора Памирской экспедиции.

*LXXII собрание, 7 февраля*

- А. С. Гинзберг и X. С. Никогосян.** Об изменении аллофановидных глин при нагревании.  
**С. С. Смирнов.** К минералогии Забайкалья.

*LXXIII собрание, 15 февраля*

- Е. Е. Костылева.** Об энigmatите Хибинских Тундр.  
**Б. М. Куплетский.** О минерале группы астрофиллита с Урма-вараки.  
**А. Н. Лабунцов.** О новом минерале ферманите из Хибинских Тундр.

*LXXIV собрание, 16 мая*

- Г. Г. Леммлейн.** О вторичных жидких включениях в минералах (в кварце, берилле и др.).  
**В. И. Крыжановский.** Месторождение шунгита в Карелии.  
**А. Е. Ферман.** Из наблюдений при перелете Хива -- Чарджуй.

*LXXV собрание, 24 мая*

- С. Александров.** О рудах редких элементов в САСШ.

*LXXVI собрание, 30 мая*

- В. И. Вернадский.** О воде в минералах и породах.  
**Д. С. Белянин.** О некоторых искусственных минералообразователях.  
**Б. А. Гаврусевич.** Пегматитовые жилы Волыни.  
**А. Н. Лабунцов.** К минералогии Западного Памира.

*LXXVII собрание, 6 июня*

- Н. Н. Гуткова.** О новом титаносиликате — мурманите.  
**А. В. Шубников.** О симметрии непрерывных сред.  
**А. Е. Ферман.** К геохимии Челекена.

*LXXVIII собрание, 10 октября*

- А. Н. Лабунцов.** О молибдените Хибинских Тундр.  
**А. В. Шубников.** О равновесной форме кристаллов.  
**А. Е. Ферман.** О работах в Хибинах летом 1929 г.

*LXXIX собрание, 12 октября*

- В. Эйтель (Берлин).** Из работ Института силикатов в Дамеме  
**И. Д. Курбатов.** Из области процессов кристаллизации.
-

**Список научных работ, связанных с деятельностью Минералогического музея и его Научного кружка за 1928—1929 гг.<sup>1</sup>**

- И. С. Астапович.** К вопросу о движении болидов в атмосфере. Астр. бюлл., 1929, № 25.  
— О некоторых кометных радиантах. Там же.  
— Ростовский болид (1 февр. 1929). Там же.  
— Об Уфимском болиде 4 VII 1928. Миров., 1929, 18, вып. 1.  
— Современные задачи любителя в метеорной астрономии. Там же, вып. 2.  
— Определение высот болида 20 сентября 1925 г. Там же, вып. 3.  
— Болид 17 февраля 1929 г. Там же.  
— О болиде 4 августа 1928 г. Там же.  
— Обработка метеоров за 1925 г. Там же.  
— Уфимский болид 4 VII—28 г. Там же, вып. 4.  
— Попытка определения элементов орбиты Белозерского метеорита 1662 г. Там же, вып. 5.  
— Новые поступления метеоритов в Академию Наук. Там же, вып. 5.  
— К вопросу о звуках при полете болидов. Там же, вып. 6.  
— Одновременное появление 4 метеоров. Там же.  
— Метеорные потоки южного полушария. Русск. астр. кал. 1929, 32, 140.  
— Болид 19 сент. 1916 г. Бюлл. колл. набл. (печатается).  
— Болид 20 VIII—25 г. И. Научн. инст. им. Лесгафта.  
— Об определении истинного числа метеоров. Астр. бюлл., 1929, № 26.  
— Об одной группе метеоритов. Там же.  
— Об абсолютной яркости падающих звезд. Миров., 1929, 18, вып. 6.  
— Еще к вопросу о звуках при полете болидов. Там же.  
— Об определении истинной скорости болидов. Там же.  
— Задачи любителя в метеорной астрономии. Тр. II Съезда любит. астр.-геоф.
- I. S. Astapovič** (I. S. Astapowitsch). Shower of Pons-Winneckids etc. Астр. бюлл., 1928, № 23.  
— Some Results of Meteor Observations in 1925. Там же, № 24.  
— Fireball of 20 VIII 1925. Там же.

<sup>1</sup> В настоящий список включены все работы сотрудников ММ, а также и те работы, которые велись над материалами музея посторонними лицами. Работы последних отмечены звездочкой.

- I. S. Astapovič.** Sur l'apparition d'un groupe d'étoiles filantes. Там же.  
 — A Connection between Brightness and Length of Path of Meteor-streams. Там же.  
 — The upper Limit of Extinction height of Fireballs. Там же.  
 — Meteor vom 26. August 1928. Astr. Nachr., 1929, 236, № 5643—44.  
 — Feuerkugel von 5. August 1926. Ibid.  
 — „ vom 10. Januar 1913. Ibid.
- В. И. Вернадский.** Задачи минералогии в нашей стране. „Природа“, 1928, № 1, стб. 21—40.  
 — Эволюция видов и живое вещество. Там же, № 3, стб. 227—250.  
 — О задачах и организации прикладной научной работы Академии Наук СССР. Отч. КЕПС, Л. 1928, № 20, 1—42.  
 — Геохимия в Союзе (Сб., изд. в Москве).  
 — О геохимических постоянных культурных растений. ДАН.-А, 1929, № 2, 38.  
 — Об элементах редких земель в массивных горных породах. Там же, 35.  
 — О концентрации радия живыми организмами. Там же, 33.  
 — Travaux sur l'histoire des Sciences. L'Acad. d. Sc. de l'URSS. 1917—1927. Л., изд. АН, 1929, 173.  
 — О капиллярной воле минералов и горных пород. ДАН.-А, 1929, № 15, 369.  
 — О классификации и химическом составе природных вод. „Природа“, 1929, № 9, стб. 735.  
 — Живое вещество. Сб. ст. 1922—1929, Гос. изд.
- V. Vernadskij (W. Vernadsky).** Le bactériophage et la vitesse de la transmission de la vie (перев. с русск.). Rev. Gén. d. Sc., Paris, 1928.  
 — Über die chemische Energie des Lebens in der Biosphäre. Cbl. f. Min., 1928, В. № 11.  
 — La Biosphère. Paris, 1929 (перераб. русск. изд. 1926.).  
 — Über den Kaolinkern d. Alumosilikate u. ihre Stellung in der Erdrinde. (Die Naturwiss. in d. Sowjet-Union. Sammelbd. Berlin, 1929).  
 — Die Biosphäre, L. 1929 (перераб. русск. изд. 1926).  
 — Geochemie. Ausgewählte Kapitel. Leipz., 1930 (3-е перераб. изд. руск. книги „Очерки геохимии“).
- \* **Н. И. Влодавец.** Мыльный камень с бугра Сейгали в центральных Каракумах. Серная проблема в Туркменистане. Сб. 2. М. ОКИСАР, Л. 1928, № 17, 167—170.  
 — (Совместно с А. Е. Ферсманом). Процессы каолинизации в Изумрудных Копях на Урале. ДАН.-А, 1928, № 12, 207—209.  
 — Висмут. Нерудные ископаемые, Л., изд. КЕПС, 1929, 4, 11—32.  
 — Нефелин. Там же, 259—266.  
 — Редкие земли (церий, торий, цирконий и гафний). Год. обзор мин. ресурс. за 1926/27 г., Л. изд. Геол. ком., 1929, 2.  
 — Перевод Г. Хевеши. Редкие земли с точки зрения строения атома. Н. хим.-техн. изд., Л. 1929.
- N. Wlodawec (N. Wlodawetz).** Nephelin. Z. prakt. Geol., 1929, № 1.
- Н. Н. Гутцова.** О находке минерала группы кеффекилита в третичных отложениях Крыма. ДАН.-А, 1929, № 1, 7—10.



- \***Е. Е. Костылева.** Изоморфный эвдиалито-эвколитовый ряд из Хибинских и Ловозерских тундр. Т. Мин. муз. АН, 1929, 3, 169—222.
- W. I. Kryszanowsky u. I. S. Astapowitsch.** Zusammenstoss mit der Erde. „Die Koralle“, 1929, 175.
- Л. А. Кулик.** Материалы по Овифакскому железу. З. Київск. т-ва Прир., 1928, 27, вып. 2, 3.
- О мусоре Вселенной. Газ. „Уральский рабочий“, Свердловск, 14 янв. 1928.
- За Тунгусским метеоритом. Ж. „Хочу все знать“, 1928, № 4, 107.
- О метеоритном происхождении Австралии. В. Знания, 1928.
- (Совместно с П. Л. Дравертом). Сибирские метеориты. В „Сибирской энциклопедии“.
- L. A. Kulik.** The Tungus Meteorite and the Expedition in search of it. (Печ. в Asia, New-York.)
- \***В. М. Куплетский.** О количественно-минералогическом составе апатито-нефелиновых пород Хибинских Тундр. ДАН-А, 1928, № 5, 69.
- А. Н. Лабунцов.** К вопросу об использовании Хибинского апатита в нашей фосфатной промышленности. Горн. Ж., 1928, № 1, 32.
- Совещание по полевошпатовому сырью 5—7 дек. 1927 г. Там же, № 2, 126.
- (Под редакцией А. Н. Лабунцова). Первый всесоюзный съезд минералогов в 1927 г. Сообщ. о н.-техн. раб. респ. Л., Н. хим.-техн. изд., 1928, вып. XXIII, 1—86.
- (Под редакцией А. Н. Лабунцова и И. И. Гинсбурга). Материалы второго совещания по полевому шпату. М. КЕПС, 1928, № 71.
- К вопросу о циркониевой промышленности. „Мин. сырье“, 1929, № 3.
- Работы Минералогического отряда Памирской экспедиции. Осв. бюлл. ОКИСАР, 1929, № 7.
- Минералогическая поездка в Сев. Карелию. — Ж. „Хочу все знать“, 1929, № 20.
- Поисково-разведочные работы в Хибинских Тундрах. Там же, № 21.
- Поездка в Афганистан в конце 1928 г. „Природа“, 1929, № 4, стб. 345—358.
- Ферсманит — новый минерал из Хибинских Тундр. ДАН-А, 1929, № 12, 297.
- Апатит. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1929, 4, 211—214.
- Геолого-минералогические исследования на Западном Памире и в провинции Бадахшан в Афганистане в 1928 г. Т. Пам. эксп., вып. IV, изд. АН, 1930.
- Месторождение молибденита в Хибинских Тундрах. ДАН-А, 1929, № 19, 455—457.
- Хибинские нефелино-apatитовые месторождения. Ж. „Хочу все знать“, 1929, № 10.
- Georg Lämmlein.** Secundäre Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien. Z. Krist., 1929, 71, 237—256. (см. А. В. Шубников и Г. Г. Леммлейн).
- И. Д. Старынкевич-Борнеман.** Менделеевит. Печатается в Т. Рад. инст.
- А. Е. Ферсман.** Геохимия Урала. В сводке: „Генеральный план хозяйства Урала“, Свердловск.
- Геохимия Сибири. В „Сибирской энциклопедии“.

- А. Е. Ферсман. К химическому составу земли и метеоритов. ДАН-А, 1928, № 12, 203.
- Стрoение и состав земли как космического тела. Н. слово, 1928, № 6—7, 23—62.
- Путеводитель экскурсии на Тюя-Муюнский рудник. Путевод. III Всесоюзн. геол. съезда в Ташкенте. Л. 1928, 1—20.
- Полевостратовая промышленность Норвегии. „Мин. сырье“, 1928, № 9—10, 698—700.
- Роль авиации в современной географии. Т. Лгр. Унив., 1928, 185—190.
- Драгоценные и цветные камни. В „Технической энциклопедии“.
- Занимательная минералогия. Изд. Время, 1928, 1—313.
- О богатствах СССР. „Искры науки“, М. 1928, № 2, 1—31.
- „В. И. Вернадский“; „Геохимия“. В „Большой советской энциклопедии“.
- Апатито-нефелиновая проблема Хибинских Тундр. М. по химизации народн. хоз. СССР. Л., Н. хим.-техн. изд., 1929, 5, 1—98.
- Проблема нерудных ископаемых. Там же, 1929, 2, 1—105.
- Проблема химика. Там же, 1929, 4, 18—24.
- Минеральное сырье в промышленности будущего. Там же, 71—73.
- Проблемы избыточного минерального сырья. Там же, 74—78.
- „ хибинского апатита. Там же, 81—89.
- „ нефелина. Там же, 90—94.
- „ редких элементов. Там же, 95—103.
- В песках Каракумов. Л., изд. Сойкина, 1929, 1—68.
- Экспедиционная деятельность Академии Наук СССР и ее задачи. М. КЭИ, 1929, вып. 19, 1—38.
- Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1929, 4. Прил. III. Абразионные материалы 289. Глины флоридовые 309. Колчедан серный 320. Мрамор 326.
- История атома в истории земли. „Природа“, 1929, № 4, стб. 293—306.
- На острове Челекене. Там же, № 7—8, 638—644.
- Проблема Хибинских и Ловозерских тундр. Там же, № 5, стб. 379—401.
- Гипсовая роза гигантских размеров. Там же, стб. 707.
- Классификация минерального сырья. „Мин. сырье“, 1929.
- География минерального сырья. Там же, 886—889.
- Уроки одного открытия. „Химия и хозяйство“, 1929, № 2—3, 10—22.
- Химизация геологии. Там же, № 4.
- Хибинские апатиты как сырье для суперфосфатной и стеклонофарфоровой промышленности. „Полевн. ископ. Л. обл. и проблема их использования“. Облсовнархоз, Л. 1929, 5—11.
- Занимательная минералогия. Изд. Время, 2 изд., 1929, 1—318.
- (Совместно с Н. И. Влодавцом.) Процессы каолинизации в Изумрудных Копях на Урале. ДАН-А, 1928, № 12, 207.
- (Совместно с Д. И. Щербаковым.) Научно-исследовательские работы в Центральных Каракумах в целях содействия организации водного хозяйства в скотоводческих районах. М. ОКИСАР, сер. Туркменск., вып. 17. (Серн. пробл. в Туркменистане, 2). Л. 1928, 226—238.
- (Совместно с Д. И. Щербаковым.) Наполнители и отяжелители. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1929, 4, 107—110.

- A. Fersmann.** Geochemische Migration der Elemente. Teil. I. Abb. z. prakt. Geol. u. Berg. Halle, 1929, **18**, 1—116.
- Die Schriftstruktur der Granitpegmatite und ihre Entstehung. Z. Krist., 1929, **69**, 77—104.
- Probleme der Nichterze in der Weltwirtschaft. Intern. Bergwirtsch. u. Bergtechn., 1929, № 17, 267—270.
- Die Migration der chemischen Elemente in der Erdrinde und ihre wissenschaftliche und praktische Bedeutung. Die Naturwiss. i. d. Sowjet-Union. Sammelbd., 1929, 1—27.
- Die Organisation der Wissenschaft in der U. d. SSR. Minerva-Z., 1929, **5**, 173—177.
- Nos ressources en minéraux non-métalliques. „La vie écon. d. Soviets“, 1929, № 100.
- L'histoire de l'atome dans l'écorce terrestre. „Scientia“, Torino, Nov. 1929.
- La vojo scienco de estonto. Лрс. (на эсперантском языке).
- (Под ред.). Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1928, **3**, 1—719.
- То же, 1929, **4**, 1—390.
- (Под. ред.) Хибинские и Ловозерские Тундры, П. Т. Инст. по изуч. Севера, 1928, вып. 39, 1—398.
- Е. В. Цинзерлинг.** Статьи в „Технической энциклопедии“: агат, алмаз, берилл, бирюза, везувиян, гагат, гипс (алебастр, селенит, ангидрит), гранат, жемчуг, змеевик (агальматолит), изумруд.
- Г. П. Черник.** В чем может выразиться помощь геолога в инженерно-строительном деле. Горн. Ж., 1928, № 12, 867-875.
- К минералогии месторождений по р. Слюдянке. Т. Мин. муз. АН, 1929, **3**, 132—158.
- Месторождения радиевых руд, имеющих техническое значение. Горн. Ж., 1929, № 4, 485—499.
- Забытая возможность. (Висмутовые месторождения Забайкалья). Там же, № 5, 730—736.
- Монацит, его месторождения, добыча и техническо-заводская переработка для надобностей газо-камышной промышленности. Там же, № 6—7, 987—1006.
- Результаты анализов минералов эшинитовой семьи и несколько слов по поводу минералов эшинит-бломстрандит-пройеритового ряда вообще. Ж. Русск. физ.-хим. общ., 1929, **61**, вып. 5, 735—773.
- А. В. Шубников.** Минералы для оптических целей и точных приборов. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1929, **4**, 73—78.
- „Браве“. В „Большой советской энциклопедии“.
- A. Schubnikow.** Über die Bohrfiguren im Glimmer. Z. Krist., 1928, **66**, 434—440.
- Ein neuer Kristallzüchtungsapparat. Ibid., 1929, **69**, 516—518.
- Über den Effekt beim Aufeinanderlegen zweier regelmässiger Figurensysteme. Ibid., **69**, 503—510.
- Über die Symmetrie des Kontinuums. Ibid., **72**, 272—290.
- А. В. Шубников и Б. К. Бруновский.** О пьезоэлектричестве аморфных и кристаллических тел в электрическом поле. ИОФМ, 1928, 367—374.
- A. Schubnikow und G. Lämmlein.** Die Kristallisation auf der Oberfläche der Schmelze. Z. Krist., 1928, **67**, 329—338.

- О. М. Шубникова.** Рефераты работ по минералогии, петрографии и кристаллографии, напечатанные в Академических изданиях (с 1 янв. 1928 г.). *N. Jb. Min.*, 1929, 1.
- А. и С. Шубниковы.** О природе вичинальных граней октаэдра кварцов. (Ответ О. М. Аншелесу). *З. Мин. общ.*, Л. 1929, **58**, 144—149.
- \***Д. И. Щербаков.** Сера. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1929, **4**, 267—278.
- \***Д. И. Щербаков и А. Ф. Соседко.** Работы Южно-ферганской экспедиции по изучению сурьмяно-ртутных месторождений. *ДАН-А*, 1928, № 11, 181—186.

### Работы, напечатанные в 1927 г.<sup>1</sup>

- А. В. Шубников.** О сочетаниях правильных систем фигур на плоскости, *П. ИАН*, 1927, № 3—4, 177—184.
- Гармония в природе и искусстве. „Природа“, 1927, № 7—8, стб. 609—622.
- Муар. Там же, 1927, № 2, стб. 83—88.
- Новая рентгеновая трубка для исследования кристаллов. *ДАН.-А*, 1927, № 24, 408.
- <sup>1</sup> Шлифовка сферических поверхностей вращающейся трубкой. *Т. Мин. муз. АН*, 1927, **2**, 125—130.
- А. В. Шубников и Г. Г. Леммлейн.** Об ортотропизме роста кристаллов. *ДАН-А*, 1927, № 4, 61—64.
- A. Schubnikow u. G. Lämmlein.** Beobachtungen über die Orthotropie des Kristallwachstums. *Z. Krist.*, 1927, **65**, 297—303.
- \***Д. И. Щербаков.** Сера. Нерудные ископаемые, изд. КЕПС, 1927, **2**, 539—592.

<sup>1</sup> В дополнение к списку, помещенному в т. III Т. Мин. муз.

В т. IV Трудов ММ во всей цитируемой литературе приняты следующие сокращения:

Б. — Бюллетень	КЭИ — Комиссия экспедиционных исследований
В. — Вестник	М. — Материалы
ДАН — Доклады Академии Наук	Н. — Научный
Д. — Доклады	ОКИСАР — Особый комитет по исследованию Союзных и Автономных Республик
Е. — Ежегодник	Т. — Труды
Ж. — Журнал	Cbl. — Centralblatt
З. — Записки	Jb. — Jahrbuch
И. — Известия	J. — Journal
ИАН — Известия Академии Наук	N. Jb. — Neues Jahrbuch
ИОФМ — Известия Академии Наук по Отделению Физико-Математических Наук	Z. — Zeitschrift
КЕПС — Комиссия по изучению естественных производительных сил СССР	C. R. — Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Paris.
Кр. — Краеведение, Край	
кр. — Кружок	

При сокращенном наименовании периодических изданий слова: императорский, российский, русский, государственный пропускаются.