

### Изоморфный эвдиалито-эвколитовый ряд из Хибинских и Ловозерских Тундр.

Е. Е. Костылевой.

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом в заседании Отделения  
Физико-Математических Наук 11 апреля 1928 года.)

В Хибинских и Ловозерских Тундрах минералы эвдиалито-эвколитового ряда являются после полевого шпата, нефелина и эгирина наиболее распространенными. С одной стороны, они входят, как второстепенная составная часть в породы обоих щелочных массивов, с другой, являются наиболее обычными минералами большинства жильных пегматитовых выделений. Сбор эвдиалитов, сделанный экспедициями А. Е. Ферсмана в 1920—24 годах<sup>1</sup> и последующими экспедициями 1925, 1926 и 1927 годов в Хибинских и Ловозерских Тундрах, явился материалом для настоящей работы.

W. Ramsay, описавший в 1893 году эвдиалит Кольского полуострова, первый высказал мысль, что эвдиалит представляет ряд изоморфных соединений, природу которых он ближе не рассматривал.<sup>2</sup> Богатый материал эвдиалитов, собранный указанными русскими экспедициями в щелочных массивах Кольского полуострова, дает возможность установить для эвдиалитов

<sup>1</sup> А. Е. Ферсман (под ред.). Хибинский массив. Тр. Сев. Научно-Пром. Эксп. 1923 г., вып. 16.— А. Е. Ферсман. Хибинские и Ловозерские Тундры. Том I. Тр. Научно-Исследов. Инст. Севера, 1925 г., вып. 29.— Н. Н. Гуткова. Краткий отчет о минералогических работах в Ловозерских Тундрах летом 1926 г. ДАН-А, 1927, стр. 147.— А. Н. Лабунцов. Результаты командировки в Хибинские Тундры в 1925 г. ДАН-А, 1926, стр. 15.— А. Н. Лабунцов. Отчет о командировке в Хибинские Тундры летом 1926 г. ДАН-А, 1927, стр. 5.— А. Н. Лабунцов. Минералогические исследования в Хибинских Тундрах. Освед. Бюлл. ОКИСАР, 1927, № 19.— Е. Е. Костылева. Отчет о работах в Хибинских Тундрах летом 1923 г. ДАН-А, 1927, стр. 3.

<sup>2</sup> W. Ramsay. Über den Eudialyt von der Halbinsel Kola. Neues Jahrb. f. Miner., 1893, Bd. VIII, pp. 722—730.

непрерывный ряд изоморфных членов и вместе с изменением состава наметить изменение физических признаков и установить парагенетические соотношения всего ряда.

#### Оптические свойства.

Определение оптических констант: оптического знака, показателей преломления и величины двупреломления намечает, с одной стороны, отдельные члены всего ряда, с другой, доказывает непрерывность в составе между ними.

Определение оптического знака выделяет оптически положительные члены — эвдиалиты, оптически отрицательные — эвколиты и промежуточные члены, которые или являются изотропными или характеризуются при очень низком двупреломлении различным оптическим знаком в различных участках одного и того же шлифа. Как будет видно ниже, эти промежуточные различия и в отношении остальных свойств, как показатель преломления, удельный вес, химический состав, являются промежуточными. Для удобства описания им дано название мезодиалита, указывающее на их промежуточное положение в изоморфном ряду.

Определение показателя преломления показывает, что показатель преломления от оптически положительных членов к оптически отрицательным непрерывно растет. Определение показателя преломления делалось двумя путями: 1) для немногих месторождений, дающих крупные кристаллы, возможно было приготовить ориентированные шлифованные пластинки и непосредственно определить их показатель преломления в однородном свете на рефрактометре Abbé-Pulfrich'a<sup>1</sup> с точностью до 4-го знака; 2) для всех остальных месторождений определялся средний показатель преломления при белом свете методом погружения в жидкость. Показатель преломления последней определялся на рефрактометре Fuess'a (мал. модель). Результаты измерения приведены в таблице II.

<sup>1</sup> В виду очень низкого двупреломления минералов лишь в двух из месторождений можно было наблюдать в зрительной трубе рефрактометра 2 линии, отвечающие двум показателям преломления и тем самым определить  $n_g$  —  $n_p$ . Для остальных месторождений эти две линии сливаются в одну, причем вследствие зональности и изоморфности состава особенно резкой границы между светлой и темной частью не наблюдается.

Таблица I. Показатели преломления.

Месторождения	Опт. знак	$n_g$	$n_p$	$n_g - n_p$	n ср.	Примечания
Долина между южными отрогами Кукавумчорра (№ 70) <sup>1</sup>	+				1,6040	Довольно резкая полоса.
Жила Черника (№ 15)	+				1,6058	Одна резкая полоса.
Жила Лявайока (№ 33)	+ и ±				1,6044	Неясная волнистая полоса.
Эвдиалито - энигматит. выделения Ю. Часначорра (№ 18)	±				1,6123	
Непгунитовая лопчина (№ 2)	—	1,6174	1,6215	0,0041		Две очень резкие полосы
Эвколит - сфеновая жила склона Кукиса (№ 76)	—	1,6126	1,6147	0,0023		Две волнистые неясные полосы.
Эвколит долины между южными отрогами Кукиса (№ 112)	—				1,6110	На грани (0001) нерезкая полоса.

Таблица II. Показатели преломления.

Месторождения	Ср. показатель преломл. при белом свете	Опт. знак	Удельный вес	Общая характеристика минерала	Парагенезис
А. ХИБИНСКИЕ ТУНДРЫ.					
Долина между южными отрогами Кукиса. Эвдиалитом с ринколитом (№ 70)	1,599	+	2,863—2,878	Ярко-малиновые идиоморфные включения в полевом шпате и эгирипе.	Ринколит, эгирип, полевой шпат.
Эвдиалитовая жила Лявайока (№ 33)	1,594 1,599	} +	2,84	Ярко-малиновые выделения в нефелиновом сиените.	

<sup>1</sup> Цифры в скобках, в таблицах и тексте, обозначают №№ месторождений, описываемых в томах I и II труда под редакцией А. Е. Фермана «Хибинские и Ловозерские Тундры», loc. cit.

Место-рождения	Ср. показатель преломл. при белом свете	Опт. знак	Удельный вес	Общая характеристика минерала	Парагенезис
" "	1,601 1,6044	} ++	2,88	Малиново-бурые и красно-бурые сплошные выделения в жиле.	Энигматит, эгирин, полевой шпат.
Жила Черника (№ 15)	1,6058	±	2,87	Темно-красные кристаллы и сплошные выделения в жиле.	Ринкозит, лампрофиллит, эгирин, энигматит.
Эвдиалито-эгириновые осыпи, ущ. Рамзая (№ 24)	1,600		2,879—2,903	Ярко-малиновые неправильные выделения с эгирином и полевым шпатом.	Эгирин, полевой шпат, энигматит.
Долина Индигюка (№ 39)	1,608		2,877	Красно-малиновые таблитчатые кристаллы типа I в эгирине II.	Эгирин.
Южный Часначорр (№ 2)	1,600 1,602			Малиново-красные кристаллы типа I в хибаните.	Полевой шпат, нефелин.
Южный Часначорр, эвдиалито-энигматовые выделения (№ 18)	1,606 1,608	± }	2,888—2,917	Бурые выделения с энигматитом.	Энигматит.
Эвдиалито-лампрофиллит. месторождение 3-го цирка Кукиса (№ 58)	1,601	±		Малиново-красные выделения в жиле.	Лампрофиллит, эгирин, полевой шпат.
Поачвумчорр, эвдиалито-энигматовое месторожд. (№ 21)		±	2,901—2,915	Буро-красные кристаллики в энигматите.	Энигматит, полевой шпат.
Контакты Маннепахка. Лопаритовая жила (№ 1)	1,610 1,609	} -	2,941	С лопаритовыми буро-красными сплошными выделениями.	Лопарит.

Место-рождения	Ср. показатель преломл. при белом свете	Опт. знак	Удельный вес	Общая характеристика минерала	Парагенезис
Перевал Лопарский. Эвколито-сфе-новая жила (№ 76)	1,613	—	2,952	Кристаллы красно-бурые и желто-бурые.	Сфен.
Хибин-пахкчорр. Эвколито-вая жила (№ 3)	1,613 1,614	} —	2,786—2,995	Сплошные прозрачные красно-бурые выделения вокруг нефелина, полевого шпата, ильменита.	Нефелин, полевой шпат, ильменит.
Эвколито-альбитовая жила перевала Лопарского (№ 75)	1,620	—	2,955—2,995	Желто-коричневые и красно-коричневые кристаллы.	Микроклин, альбит, астронит, эгирин.
Нептунитовая лоцина. Эвколито-содалитовая жила (№ 2)	1,617	—	2,98	Сплошной, с ясной призматической спайностью коричнево-красного цвета.	Микроклин, содалит и ильменит.
<b>В. ЛОВОЗЕРСКИЕ ТУНДРЫ.</b>					
Ю.-З. цирк Ангвундасчорра (№ 111)	1,593 1,592	} +	2,855	Светло-коричневые кристаллы и сплошные выделения.	Мурманит, натролит, рамзаит, лампрофиллит.
Цирк Сенгвиса. (№ 115)	1,596 1,597	} +	2,877	Мелкие кристаллы в полево-шпате, мурманите.	Мурманит, полевой шпат.
Раслак I-й. (маршрут 1926 г.)	1,598	+	2,884—2,889	Сплошные некрупные выделения светло-малиновые и розовые в нефелиновом сиените.	Полевой шпат, эгирин.
Перевал Тавайока (маршрут № 85)	1,601 1,602	} ±	2,882—2,898	Сплошные выделения, прозрачные и стекловатые красно-коричневого цвета.	Эгирин.

Месторождения	Ср. показатель преломл. при белом свете	Опт. знак	Удельный вес	Общая характеристика минерала	Парагенезис
Карнасурт (маршрут 1926 г.)	1,600 1,602	} ±	2,907 2,905	Сплошные выделения буро-красного цвета.	Эгирин, нефелин.
Перевал Тавайока (№ 106)	1,607		+		
Чингуслуай (№ 118)	1,607	+	2,907	Темно-красные, не крупные выделения, включенные в полевой шпат в эгирин.	Мурманит, эгирин, рамзаит.
Цярк Сенгиса, эвдиалито-рамзаитовая жила. (№ 113)	1,611 1,614	} +	2,90	Крупные сплошные выделения, сильно измененные желто-бурого цвета.	Рамзаит, полевой шпат, эгирин, нефелин.

Для месторождений Хибинских Тундр из таблицы II ясно виден непрерывный рост величины показателя преломления от оптически положительной части всего ряда к оптически отрицательной. Для Ловозерских Тундр такой ясной последовательности не наблюдается. Почти во всех месторождениях Ловозерских Тундр наблюдаются эвдиалиты, реже мезодиаалиты, эвколиты никогда не наблюдались. Эвдиалиты Ловозерских Тундр многих месторождений, как видно из таблицы II, имеют показатель преломления больший, чем эвдиалиты Хибинских Тундр.

Определение величины двупреломления производилось двумя способами: для неориентированных шлифов определение велось на микроскопе Федорова, компенсация производилась вращающимся компенсатором В. В. Никитина. Толщина шлифа определялась методом В. В. Никитина по трещинам препарата: при этом способе определения для большей точности готовились специальные шлифы толщиной около 0,01 мм. Для шлифов ориентированных определение величины двупреломления производилось на обыкновенном микроскопе фирмы Leitz'a, компенсация производилась компенсатором Beresck'a, толщина шлифа определялась методом гердога



Таблица III. Величина дупреломления.

Место-рождения	Район	$n_g - n_p$	Опт. знак	Плеохроизм	Общие замечания	Парагенезис
Цирк Ангвундасчорра (№ 111).	Ловоз-Тундры	0,004	+	Нет.	Зональность слабая, дисперсия нет, по трещинам изменения знак обратный, цвет слегка желтоватый.	Мурманит, эгирин, натролит, рамзаит, ламбродиллит.
Цирк Сенгиса. Лиловые кристаллы. (№ 115)	"	0,003	+	II $n_g$ , малиновый, II $n_p$ бесцветный, буроватый.	Ярко-малиновый цвет по краям, в центре буроватый, зональность не наблюдается.	Полевой шпат, мурманит.
Цирк Сенгиса. Красные столбчатые кристаллы. (№ 115)	"	0,008 } 0,003 }	+	Нет.	Иногда структура песочных часов, конусообразные вроски оптически отрицательные.	" "
Чингуслуай (№ 118)	"	0,002	+	Нет.	Наблюдается зональность и изменение по трещинам.	Мурманит, эгирин.
Долина между отрогами Кукисвумчорра (№ 70)	Хиб. Тундры	0,002	+	Сильный II $n_g$ красный II $n_p$ бледнее.	Однородный, сильно трещиноват.	Ринколит, эгирин.
Ущ. Юкснорлава (№ 84)	"	0,00231 0,00461	+	Нет.	Трещиноват, по трещинам изменение, обратный оптический знак.	Эгирин.
Часначорр. Эвдиалито-энигматитовые выделения (№ 18)	"	0,00059 1,000 0,000	+	Едва заметный, от светло-желтого до бледно-розового.	Наблюдается дисперсия густо-синих и темно-коричневых тонов, зональный.	Энигматит, эгирин.
Шлато Тхатарвумчорра (№ 9)	"	0,00057 0,00018 0,00063	— — +	Не наблюдается.	"	"

Место-рождения	Район	$n_y - n_p$	Опт. знак	Плеохроизм	Общие замечания	Парагенезис
Ущ. Вудьяврчорра (№ 1)	Хвб. Тундры	0,0003 0,00053	— +	$Пn_g$ розовый, $Пn_p$ светло-желтый.	Зональный, наблюдается дисперсия.	Эгирия, лампрофиллит.
Ущ. Рамзая (№ 24)	"	0,00015 0,00047	— —	Очень слабый.	"	Эгирия.
Карнасурт маршрут 1926 г.	Ловоз. Тундры.	Почти изотропный.	+ —	Нет.	Зональность и дисперсия.	"
Перевал Тавайока. (№ 106)	"	"	+ —	Нет.	"	"
Склоны Юкспора. Эвкол. альбитовая жила (№ 75)	Хвб. Тундры	0,00161 0,0040 0,0066	— — —	$Пn_g$ желтый. $Пn_p$ бледнее.	Сильно зональный.	Альбит, эгирия, роговая обманка.
Склон Кукиса. Эвколито-сфеновая (№ 74)	"	0,00317 0,00243	— —	$Пn_g$ розоват. $Пn_p$ светло-желтый.	Зональный.	Сфен.
Юго-восточные склоны Хябиннахкчорра (№ 3)	"	0,0044 0,0025	— —	Нет.	Однородный, чистый материал.	Нефелин, эгирия, ильменит.

де Шона (по пылинкам), шлифы брались нормальной толщины. В случае резко выраженной зональности, величина двупреломления определялась для нескольких слоев. Результаты определения сведены выше в таблице III.

Из рассмотрения этой таблицы видно, что крайние члены изоморфного ряда — эвдиалиты и эвколиты — имеют слабое двупреломление, выражаемое все-таки третьей значущей цифрой. Промежуточные члены — мезодиалиты — имеют двупреломление, приближающееся к 0, или изотропны.

Микроскопическое изучение шлифов показывает следующие особенности:

1) Отмеченное впервые Рамзаям сильно выраженное зональное строение, очень обычно для всего изоморфного ряда. Зональное строение иногда ведет к структуре песочных часов, при которой в кристалле при скрещенных николях наблюдаются конусообразные вроски, вершинами конусов обращенные к центру. Эти конусообразные вроски обладают тем же оптическим



знаком, что и весь кристалл или имеют знак противоположный (удлиненно призматические эвдиалиты цирка Сенгиса при оптически положительном знаке всего кристалла имеют иногда конусообразные вроски знака противоположного).

Более обычно, чем структура песочных часов, наблюдается зональное нарастание кристаллов резко разграниченными довольно симметричными слоями, отличающимися высотой интерференционной окраски. В кристаллах эвколита наблюдается очень сильная зональность (эвколито-сфеновая жила перевала Лопарского № 76, эвколито-альбитовая жила того же месторождения № 75), при чем большей частью к периферии высота интерференционной окраски отдельных слоев повышается. Мезодиалиты обладают особенно сильно выраженной зональностью, при чем различные слои и участки обладают, как указано, меняющимся оптическим знаком.

2) Явление дисперсии, наблюдающееся, главным образом, у мезодиалитов, зависит от изотропности некоторых участков минерала для лучей различной длины волны и выражается в аномальной интерференционной окраске некоторых слоев или участков. Дисперсионная окраска лучше всего наблюдается в препаратах толщиной около 0,01 мм. Дисперсионная окраска бывает в таких препаратах чаще всего синяя, коричневая и серая.

3) Плеохроизм иногда отсутствует совершенно, иногда наоборот, выражен чрезвычайно резко. Эвдиалиты (и мезодиалиты), макроскопически обладающие ярко малиновыми цветами окраски, обладают резко выраженным плеохроизмом следующего характера:  $\Pi n_g$  — ясно малиновый,  $\Pi n_p$  — бледнее или бесцветный. Часто плеохроизм наблюдается лишь у периферии кристаллов, тогда как центральная часть кристалла остается неплеохроичная. У некоторых мезодиалитов наблюдается слабый плеохроизм  $\Pi n_g$  — розовый,  $\Pi n_p$  — светло-желтый. Эвколиты, макроскопически обладающие буро-красными, коричнево-красными и желто-красными цветами, дают плеохроизм  $\Pi n_g$  — ясно желтый или розоватый,  $\Pi n_p$  — бледнее.

4) Собственная окраска препаратов в поляризованном свете в слабой степени отвечает цвету минерала, наблюдаемому макроскопически. Таким образом, ярко малиновые разности эвдиалитов, обладающие сильным плеохроизмом, сохраняют малиновую окраску и в препаратах. Эвколиты желто-красных тонов,

даже при отсутствии плеохроизма, имеют очень слабую светло-желтую окраску в микроскопических препаратах.

5) Спайность во всем изоморфном ряду выражается макроскопически очень неясно, но микроскопически наблюдалась в нескольких направлениях. Лучше всего выраженной является спайность по  $c\{0001\}$ , после нее наиболее заметной является спайность по призме. На столике Федорова на многих препаратах обнаруживалась тоже неясная спайность по ромбоэдрам:  $z\{10\bar{1}4\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$  и очень редко по  $h\{10\bar{1}5\}$ .

6) Явления оптической аномалии и расходящийся крест для разрезов  $\perp$  к оптической оси в сходящемся свете наблюдается неоднократно для всего описываемого ряда.

#### Физические свойства.

Эвдиалит, мезодиалит и эвколит встречаются в Хибинских и Ловозерских Тундрах в крупных сплошных выделениях и хорошо образованных крупных и мелких кристаллах. Твердость их колеблется около  $5 - 5\frac{1}{2}$ . Спайность макроскопически редко хорошо обнаруживается (эвколит Нептунитовой лощины местор. № 2 дает очень хорошую макроскопическую спайность по призме). Излом то мелко раковистый то неровный. Блеск меняется от стеклянного до полужирного. Лишь немногие месторождения дают прозрачные в толстых кусках, не трещиноватые и светлые выделения (эвколит Хибинпакчорра местор. № 3, эвколит Нептунитовой лощины местор. № 2, мезодиалит Тавайока, эвколит-сфеновое месторождение Лопарского перевала № 106, лампрофилито-эвдиалитовое месторождение жилы Черника № 15), более обычные сильно трещиноватые и ячеистые выделения с процессами изменения по трещинам и стенкам ячей. Матовые и полупрозрачные выделения вообще очень характерны для Хибинских и Ловозерских Тундр.

Описанные физические признаки для всего изоморфного ряда являются одинаковыми, цвет и удельный вес, наоборот, меняются. Цвета для эвдиалитов, мезодиалитов и эвколитов в обоих массивах различны: в Хибинских Тундрах эвдиалиты и мезодиалиты наблюдаются малиновых, розовых, розово-красных, вишнево-красных оттенков и тогда неотличимы друг от друга; мезодиалиты в парагенезисе с энigmatитом делаются

грязно-бурыми, красно-бурыми, легко отличаются тогда от эвдиалитов и приближаются зато по цвету к эвколитам. Эвколиты в Хибинских Тундрах никогда не имеют розового, малинового и ярко-красного цветов, а являются коричневыми, кирпично-красными, бурыми и светло-желтыми. В Ловозерских Тундрах эвдиалиты и мезодиалиты имеют желто-бурые, желтые, коричневые, коричнево-красные цвета, гораздо реже — светло-розовые, вишневые и красные.

Удельные веса в силу изоморфного характера эвдиалитовой группы, для различных членов различны и, подобно показателю преломления, растут от эвдиалитов к эвколитам. Колебания в удельном весе наблюдаются не только для различных месторождений, но даже для одного и того же месторождения и даже для отдельных кристаллов, что стоит в связи с зональностью, наблюдаемой как микроскопически, так нередко и макроскопически. Удельные веса определялись двумя путями: 1) Весами Вестфала в жидкости Туля определялись границы, в которых колеблются удельные веса; 2) при помощи пикнометра определялся средний удельный вес. Результаты определения удельного веса сведены в таблице II, из которой видно, что возрастание удельного веса идет одновременно с увеличением показателя преломления. Для Хибинских Тундр из таблицы III видно, что возрастание удельного веса и показателя преломления сопровождается изменением оптического знака из положительного в отрицательный. Для Ловозерских Тундр этого не наблюдается.

#### Химические свойства.

Эвдиалит, мезодиалит и эвколит легко растворяются и желативизируются в HCl при нагревании, перед паяльной трубкой легко сплавляются в светло-зеленое стекло, выделяют при накаливании немного конституционной (не цеолитной) H<sub>2</sub>O и Cl. Химические анализы эвдиалитов и эвколитов показывают значительные колебания в составных элементах: Si, Zr, Ca, Na, и др. и вопрос о химической формуле этих минералов и разнице в составе между ними не является в литературе окончательно выясненным. Главное разногласие в предложенных формулах сводится к роли Zr. Одними исследователями Zr приписывается кислотный характер, другими — основной.

Groth<sup>1</sup> рассматривает эвдиалит и эвколит как соли полукремневой кислоты  $H_2Si_2O_5$ , для эвколита он приводит определенную формулу  $[(Si_2O_5)_4 CaO (Na_2O)_3]$ . Zr он связывает вместе с Si, Cl и OH — с металлами.

Hintze<sup>2</sup> и E. Dana дают эвдиалиту формулу:  $Na_{13} (Ca, K)_6 (Si, Zr)_{20} O_{50} Cl$ .

Rammelsberg<sup>3</sup> рассматривает эвдиалит и эвколит частью как метасоединения  $SiO_2$  и  $ZrO_2$  (где  $ZrO_2$  является кислотой), частью как ортосиликаты, где остальная часть  $ZrO_2$  берется как основание. Cl Rammelsberg связывает с Na, как NaCl, и на основании анализа норвежского эвколита дает формулу  $NaCl + 6Na_2SiO_3 + 9CaSiO_3 + 3ZrSi_2O_6$ .

Brögger<sup>4</sup> принимает  $ZrO_2$  как основание и рассматривает эвколиты как метасиликаты. Cl он связывает с Zr в группу  $ZrOCl_2$ , редкие земли принимает в соединении с гидроксильной группой как основание  $Se(OH)O$ ,  $Y(OH)O$  и формулу для норвежских эвколитов он пишет  $R_3''R_4'Zr(SiO_3)_7$ , где  $R'' = Ca, Fe, Mn, Ce(OH)O$ ;  $R_2' = Na, K, H$ ; немного  $SiO_2$  заменено  $ZrOCl_2$ .

Zambonini<sup>5</sup> на основании 8 старых анализов, приводимых у Hintze и одного более нового анализа Christensen'a<sup>6</sup> от 1906 г. выводит следующие возможные для эвдиалитов и эвколитов формулы:

1) с одной стороны он соединяет Si и Zr как кислоты, с другой — берет все окислы типа  $R''O$  и  $R_2O$  и дает следующую общую формулу:  $R (Si, Zr) O_3 \cdot n[R (Si, Zr)]_2O_5$ , где коэффициент  $n$  варьирует в очень широких пределах от 1,40 до 10;

2) Zr он придает основной характер, связывая его с  $SiO_2$  в группу  $Zr (SiO_3)_2$  и эвдиалит и эвколит он рассматривает как метасиликаты  $Na_2SiO_3$  и  $CaSiO_3$  в соединении с  $Zr (SiO_3)_2$ .

<sup>1</sup> P. Groth. Tabellarische Übersicht der Mineralien. 1890, p. 160.

<sup>2</sup> Hintze. Handbuch der Mineralogie. 1892, 11/2, pp. 1598—1603.  
E. Dana. A System of Mineralogy. 1911, pp. 409—412.

<sup>3</sup> Rammelsberg. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch., 1886, Bd. XXXVIII, p. 497.

<sup>4</sup> W. Brögger. Die Miner. d. südnorw. Augit u. Nephelinsyenite. Zeitschr. f. Krist., 1890, Bd. XVI.

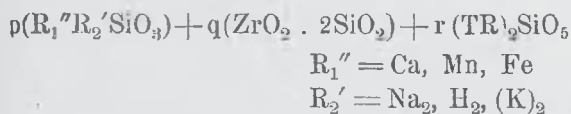
<sup>5</sup> Zambonini. Rivista di Mineralogi e Cristallographi Italiana. Padova, 1916, vol. XLV — XLVI, pp. 157—175.

<sup>6</sup> C. Christensen. Miner. Grönland. 1905, p. 495.

Для обеих формул Zambonini не принимает во внимание  $H_2O$ , считая ее вторичной, как результат выветривания минералов: редкие земли в обеих формулах он включает в группу  $R''O$ . Для обоих случаев он графически находит положение точек, отвечающее разбираемым анализам, при чем колебания в расположении точек довольно большие. В результате, Zambonini не дает окончательного ответа, какая из предложенных формул ближе отвечает действительному составу эвдиалитов и эвколитов, но, повидимому, склоняется в пользу второй.

Не вдаваясь в критическую оценку приведенных формул, необходимо отметить, что все они в большинстве случаев не являются общими для эвдиалитового ряда в целом, а справедливы лишь в каждом отдельном случае для отдельных месторождений.

Для минералов эвдиалитовой группы Хибинских и Ловозерских Тундр произведено 5 анализов, которые вместе с пересчетом на эквиваленты сведены в таблице IV. Из пересчета анализов вытекает следующая эмпирическая формула, общая для всего ряда:



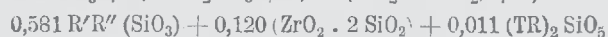
т.-е. минералы эвдиалитового ряда в описываемых месторождениях должны быть рассматриваемы, как продукты присоединения к изоморфным метасиликатам  $Ca [Mn, Fe, Mg] SiO_3$  и  $Na_2 (H_2, K_2) SiO_3$  комплексного ангидрида  $ZrO_2 \cdot 2SiO_2$ . Член  $(TR)_2SiO_5$ , очень непостоянный и незначительный по своему количеству, повидимому, является растворенным в изоморфном сложном метасиликате.

Ниже приводятся результаты пересчета произведенных анализов из таблицы IV и вывод из них указанной формулы:



не хватает  $0,009 = 0,51\% SiO_2$

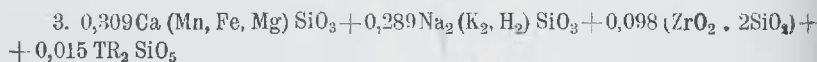
не вошло  $= 0,74\% Cl$ ;



в остатке  $0,04 = 0,24\% SiO_2$

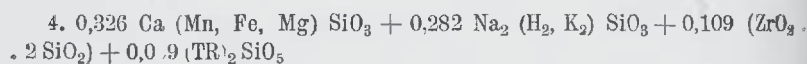
не вошло  $1,66\% Cl$ ;





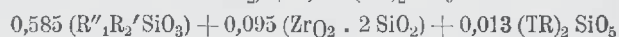
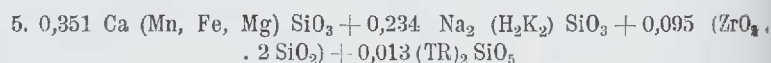
в остатке 0,007 = 0,42% SiO<sub>2</sub>

не вошло 0,35% Cl;



не хватает 0,032 = 1,92% SiO<sub>2</sub>

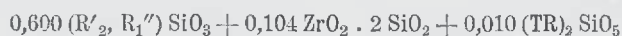
не вошло 1,56% Cl;



в остатке 0,017 = 1,02% SiO<sub>2</sub>

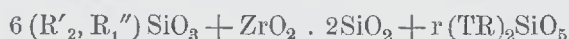
не вошло 1,32% Cl;

Взяв среднее для входящих в формулу компонентов и среднее для % содержания SiO<sub>2</sub>, не укладывающегося в формулу, мы получаем:



не хватает в среднем 0,15% SiO<sub>2</sub>.

Отношение коэффициентов p: q общей формулы как среднее всех анализов может быть установлено 6:1, и приведенная выше формула эвдиалитового ряда может быть написана



Незначительное сравнительно количество редких земель не позволяет детально разобраться в их природе. Разделение редких земель произведено лишь в анализе III, где поэтому возможно установить точно величину коэффициента  $r = 0,015$ . В остальных анализах коэффициент  $r$  вычисляется, исходя из предположения, что количество цериевой, иттриевой и лантанидидимовой группы находятся в равных количествах. Соединение  $(\text{TR})_2\text{SiO}_5$  в данной формуле присутствует в очень небольшом количестве, что согласуется с предположением о примеси этого соединения; поэтому для коэффициента  $r$  цифрового значения не приводится. При производственных пересчетах не принимался во внимание Cl, роль которого не ясна. И. Д. Старынкевич определено, что при выделении H<sub>2</sub>O прокаливанием небольшая часть Cl летит при прокаливании и выделившаяся H<sub>2</sub>O имеет



Таблица IV. Анализы.

	I.		II.		III.		IV.		V.	
SiO <sub>2</sub>	50,09	0,83	49,43	0,8197	48,22	0,804	48,24	0,804	48,05	0,800
TiO <sub>2</sub>	0,39	0,004	1,51	0,06	0,27	0,003	0,41	0,005	0,44	0,005
ZrO <sub>2</sub>	12,82	0,10	15,30	0,120	12,05	0,098	13,88	0,109	11,66	0,095
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,60	0,003	—	—	—	—	—	—	—	—
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	1,17	—	—	—	—	—
(La, Pr, Nd) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,12	—	0,52	—	1,10	—	1,75	—	2,54	—
(Y, Er) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	0,58	—	—	—	—	—
FeO	1,79	0,024	5,01	0,069	5,33	0,075	6,08	0,084	6,15	0,085
MnO	2,31	0,032	0,28	0,004	3,00	0,042	2,01	0,027	2,91	0,042
MgO	сл.	—	—	—	0,32	0,008	0,88	0,021	1,67	0,041
Ca(Sr)O	8,96	0,15	12,29	0,219	10,33	0,184	10,92	0,194	10,33	0,184
Na <sub>2</sub> O	15,55	0,250	13,30	0,214	13,24	0,213	12,81	0,206	12,32	0,198
K <sub>2</sub> O	0,62	0,006	—	0,017	0,51	0,006	0,58	0,006	0,89	0,009
Cl	0,74	0,02	1,66	0,047	1,35	0,037	0,20	0,006	1,32	0,036
S	—	—	—	—	—	—	сл.	—	—	—
S	сл.	—	—	—	0,04	—	—	—	—	—
H O	3,06	0,17	1,05	0,058	1,32	0,07	1,27	0,07	0,50	0,029
Сумма	99,05	—	99,35	—	98,83	—	99,03	—	98,78	—
- O=Cl <sub>2</sub>	0,15	—	0,37	—	0,30	—	0,04	—	0,30	—
	98,90	—	98,98	—	98,53	—	98,89	—	98,48	—

- I. Эвдиалит Ангвундасчорра (№ 111), Ловозерские Тундры. Анализ Н. И. Влодавца.
- II. Эвдиалит (мезодиалит) Лявайока (№ 33), Хибинские Тундры. Анализ И. Д. Старынкевич.
- III. Эвколит пор. Лопарского, склон Кукиса (№ 74), Хибинские Тундры. Анализ Н. И. Влодавца.
- IV. Эвколит юго-вост. склонов Хибинпахчорра (№ 3), Хибинские Тундры. Анализ Н. И. Влодавца.
- V. Эвколит Нептунитовой долины (№ 2), Хибинские Тундры. Анализ И. Д. Старынкевич.

кислую реакцию. Так, в анализе V определено, что из 1,75% при прокаливании улетучивается 0,5% Cl. Повидимому, Cl заменяет ангидридовую частицу OH; так как мы не знаем метасиликатов, содержащих Cl, то вероятнее всего предположение, что Cl заменяет ангидридовую частицу в боковой цепи.

т.е. в комплексном ангидриде  $ZrO_2 \cdot 2SiO_2$ , что подтверждается неустойчивым характером Cl.

Таблица V.  
Соотношения физических свойств и химических составов.

№ анализ	$RSiO_3$	$R_2SiO_3$	$ZrO_2 \cdot 2SiO_2$	$(TR)_2SiO_3$	Знак оптический	Показатель преломления	Величина двуупреломления	Удельный вес
I.	0,206	0,429	0,100	0,002	+	1,593	0,004	2,855
II.	0,292	0,289	0,120	0,011	±	1,6044	почти изотропный	2,84—2,88
III.	0,309	0,239	0,098	0,015	—	1,6136	0,00243	2,952
IV.	0,326	0,282	0,109	0,009	—	1,613	{0,00317 0,0044	{2,955 2,986
V.	0,351	0,234	0,095	0,013	—	1,6174 1,6215	{0,0025 0,0041	{2,955 2,990

Анализируя на основании предложенной эмпирической формулы пересчеты анализов Хибинских и Ловозерских Тундр, сведенные в таблице V вместе с оптическими и физическими свойствами, можно сделать следующие выводы:

1) Непрерывность в свойствах членов эвдиалито-эвколитовой группы обуславливается изоморфизмом двух метасиликатов, входящих в состав этой группы:  $Ca(Mn, Fe, Mg)SiO_3$  и  $Na_2(H_2, K_2)SiO_3$ .

2) Преобладающее количество компонента  $Na_2(H_2, K_2)SiO_3$  в минерале данной группы вызывает оптически положительный знак, низкий показатель преломления, низкий удельный вес, т.е. в данном случае члены изоморфного ряда являются эвдиалитами.

3) Преобладающее количество компонента  $Ca(Fe, Mn, Mg)SiO_3$  дает оптически отрицательный знак, увеличение показателя преломления и удельного веса и члены изоморфного ряда в данном случае являются эвколитами.

4) При приблизительно равных количествах компонентов  $Ca(Fe, Mn)SiO_3$  и  $Na_2(H_2, K_2)SiO_3$  образуются мезодиалиты с промежуточными оптическими и физическими признаками.

5) Значительное различие в количественном соотношении компонентов  $R\text{SiO}_3$  и  $R_2\text{SiO}_3$  вызывает более или менее значительную величину  $n_g - n_p$ . Приблизительно равное соотношение между этими компонентами повышает эту константу до полной изотропности (мезодиалиты).

6) Растворенная в основном ядре примесь частицы  $(\text{TR})_2\text{SiO}_3$  несомненно влияет на изменения физических свойств, главным образом удельного веса, как показывает таблица VI (стр. 186) с рядом параллельных определений удельного веса и суммы редких земель и Ti для различных месторождений. Однако, присутствие в значительном количестве окислов типа  $R_2O$ , особенно  $H_2O$ , уничтожает влияние редких земель на удельный вес, как показывает анализ I эвдиалита Ангвундасchorра, богатого  $H_2O$  и  $Na_2O$  и редкими землями.

7) Разнообразные цвета членов изоморфного ряда, повидному, зависят от количественного соотношения окислов FeO и MnO.

Таким образом изучение химических свойств эвдиалито-эвколитовой группы в Хибинских и Ловозерских Тундрах подтверждает вместе с оптическими и физическими свойствами непрерывность изоморфного ряда. На основании имеющихся анализов вытекает, что крайними членами всего изоморфного ряда являются эвдиалит Ангвундасchorра (анализ I), с большим преобладанием компонента  $R_2\text{SiO}_3$ , наиболее низким удельным весом и показателем преломления, и с другой — эвколит Нептунитовой лоцины (анализ V), с наибольшим во всем ряде количеством компонента  $R\text{Si}_3O_8$  и наибольшим удельным весом и показателем преломления.

Полученная на основании анализов формула намечает связь между эвдиалитовой группой и стеенструпином с одной стороны, как это отмечено Boeggild'ом<sup>1</sup> и Zambonini;<sup>2</sup> с другой стороны между эвдиалитовой группой и катаплетом, что видно из сравнения химических формул:

$p(R_2, R_1'')\text{SiO}_3 + q\text{ZrO}_2 + 2\text{SiO}_2 + r(\text{TR})_2\text{SiO}_3$  эвдиалитовый ряд;  
 $3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3R'''\text{SiO}_3 + R''[(P, Nb)\text{O}_3]_2 + 3R_2'''\text{SiO}_8$  стеенструпин по формуле Boeggild'a;<sup>1</sup>

$\text{Na}_2(\text{Ca})\text{SiO}_3 + \text{Zr}(\text{SiO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  катаплет по формуле Rammelsberg'a.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> W. Boeggild. New examinations of Steenstrupite. Meddelelser om Grönland, vol. 1901, XXIV, p. 213.

<sup>2</sup> F. Zambonini. Loc. cit., p. 172 u. 180.

Т а б л и ц а VI.

Соотношение физических свойств и содержания редких земель и Ti.<sup>1</sup>

Месторождение	Опт. знак	Удельный вес	Средний показатель преломления	Сумма редких земель	Содержание Ti
Долина южного отрога Кукиса (№ 70)	+	2,863—2,878	1,599	0,77	0,48
Эвдиалитовая жпла Лявайока (№ 33)	+ и ±	2,84	1,594	0,52	0,51
Жила Черипка (№ 15)	±	2,87	1,6058	0,70	0,25
Часначорр (№ 18)	±	2,838—2,917	{1,60 } {1,6123 }	1,22	не определено
Вершина Хибинпахчорра (№ 3)	—	2,955—2,936	1,613	1,67	0,41
Нептунитовая лощина (№ 2)	—	2,98	1,6174-1,6215	2,58	0,44
Перевал Лопарский (№ 76)	—	2,935—2,995	1,6136	3,03	0,27
Цирк Сенгиса Ловозерской Тундры (№ 115)	+	2,90	1,611—1,614	1,88	0,67
Цирк Ангвундасчорра (№ 111)	+	2,955	1,593	2,12	0,39

Помимо близости и общности химических формул, между эвдиалитом, стеенструпином и катаплеитом наблюдается большая аналогия в кристаллографическом отношении. Все три минерала кристаллизуются в гексагональной сингонии в скалепедрическом классе. Между стеенструпином и эвдиалитом существует необыкновенная близость в типах кристаллов. Химическая близость между эвдиалитом и катаплеитом подтверждается также описываемым в литературе изменением эвдиалита в катаплеит и существованием псевдоморфов катаплеита по эвдиалиту в месторождениях островов Los и Kangerdluarsuck в Гренландии.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Определение суммы редких земель и Ti произведено И. Д. Старанкевич.

<sup>2</sup> C. Rammelsberg. Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch., 1886, Bd. 38, p. 5069. A. Lacroix. Minéralogie de la France, 1910, t. IV, p. 825

### Изменение.

Как макроскопическое, так и микроскопическое исследование показывают, что описываемая группа обычно является сильно разрушенной. Взятые в осыпях штуфы эвдиалитов очень обычно являются с поверхности {побуревшими, землистой структуры, с ясными процессами выноса минерала. В изломе минерал в большинстве случаев характеризуется ячеистой структурой, при чем отдельные ячеи покрываются непрозрачной буроватой пленкой и лишь в центре ячеи обнаруживаются свежие участки минерала. Нередко также находимое в отдельных месторождениях совершенно измененных выделений, пористых и легких, землистой структуры, в которых лишь с трудом можно узнать первоначальный эвдиалитовый минерал. Химическая сторона процесса изменения эвдиалита остается невыясненной. С одной стороны изменение является несомненно результатом выветривания. С другой — изменение и разрушение носят более ранний характер и происходят, повидимому, в последние моменты магматических процессов; в этом случае микроскопическое исследование показывает в измененном эвдиалите идиоморфные выделения флюорита. Повидимому, выделившийся в начальные моменты магматической стадии эвдиалит является неустойчивым во время выделения пневматолитических агентов — F, Cl, H<sub>2</sub>O и т. д. Присутствие в разрушенном эвколите F описывается Brögger<sup>1</sup> для эвколитов Норвегии.

### Кристаллографические свойства.

Во всем изоморфном эвдиалито-эвколитовом ряде встречены при измерении следующие формы: c {0001}, m {10 $\bar{1}$ 0}, a {11 $\bar{2}$ 0}, r {10 $\bar{1}$ 1}, z {10 $\bar{1}$ 4}, e {01 $\bar{1}$ 2}, s {02 $\bar{2}$ 1}, h {01 $\bar{1}$ 5}, t {21 $\bar{3}$ 1}. Различным развитием тех или других форм создаются следующие пять типов кристаллов:

#### Тип I.

Таблитчатые кристаллы с очень хорошо развитым базопинакоидом c {0001} и почти одинаковым развитием положительных и отрицательных ромбоэдров (рис. 1). После базопинакоида наиболее хорошо развиты в виде длинных граней ромбоэдры r {10 $\bar{1}$ 1}.

<sup>1</sup> W. Brögger. Loc. cit.



$z \{10\bar{1}4\}$ ,  $e \{01\bar{1}2\}$ ; из остальных форм присутствуют слабее развитые узкие призмы  $m \{10\bar{1}0\}$ ,  $a \{11\bar{2}0\}$  и ромбоэдр  $s \{02\bar{2}1\}$ .

В этом типе кристаллов наблюдались только оптически положительные и промежуточные члены изоморфного ряда, т. е. эвдиалиты и мезодиалиты месторождений Хибинских Тундр; эвколиты в данном типе не наблюдались.

Таким образом к описываемому типу кристаллов относятся: малиново-розовые и буро-красные кристаллы до 2-х см поперечника, при  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{3}{4}$  см толщины эвдиалитовой жилы Лявайока (№ 33),

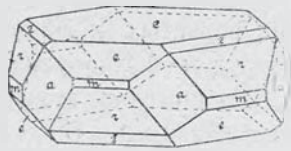


Рис. 1.

темно-малиново-красные очень крупные кристаллы в 3-4 см поперечника, но плохо образованные Ринколито-лампрофиллитового месторождения жилы Черника (№ 15), буро-красные мелкие кристаллы до  $\frac{1}{2}$  см поперечника эвдиалитового месторождения восточных склонов Поачвумчорра (№ 21), малинового цвета до  $\frac{3}{4}$  см поперечника кристаллы в хибините плато южного Часначорра (сб. 1920 г.), малиново-красные, прекрасно образованные кристаллы до  $1\frac{1}{2}$  см поперечника эвдиалита из осыпей склонов Иидичвумчорра, и несколько других кристаллов, встреченных единичными кустами в осыпях как случайные находки.

Парагенезис, в котором наблюдались кристаллы данного типа вполне определенный и выдержанный: кристаллы заключены чаще всего в волокнистый темно-зеленый эгирин II генерации, реже — в энigmatит и ринколит и сопровождаются лампрофиллитом, ринколитом, нефелином, полевым шпатом. Выше перечисленные месторождения, дающие описываемый тип кристаллов, приурочиваются к крупнозернистому хибиниту и лейстовому нефелиновому сиениту, т. е. к наиболее ранним по времени выделения разностям нефелинового сиенита. Время выделения эвдиалита во всех этих месторождениях отвечает магматической стадии выделения и приурочивается к начальным моментам обильного выделения темно-зеленого волокнистого эгирина. Поэтому эвдиалит не только в сплошных выделениях, но и в кристаллах обычно является проросшим и обросшим игольчатым эгирином. Благодаря последнему обстоятельству, во всех перечисленных выше месторождениях очень мало кристаллов



с хорошими блестящими и свободными гранями, могущими дать хорошие рефлексы при измерении.

Кристаллы I типа были измерены для следующих месторождений;<sup>1</sup>

Эвдиалито-энигматитового месторождения восточного склона Поачвумчорра (№ 21). Мелкие до 7-8 мм пластинчатые кристаллики заключены в энигматит. Удельный вес кристалликов, взятых для измерения, дает при определении весами Вестфала 2,901—2,915. Средний показатель преломления, определенный при белом свете на рефрактометре Guess'a по отношению к жидкости = 1,600—1,603. Оптическое изучение шлифа показывает зональность и чередующийся оптический знак. Измерено было 4 кристалла от 2 до 7 мм поперечника при толщине 1—3 мм. Грани кристаллов не очень блестящие, дают уменьшенные рефлексы. Лучше всего рефлексы от форм  $c\{0001\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$ ,  $z\{10\bar{1}1\}$ ,  $e\{01\bar{1}2\}$ . Для вычисления отрезка осей принимался угол  $c\{0001\} : r\{10\bar{1}1\}$ , который при установке по базопинакоиду для четырех кристаллов дал следующие колебания:

		Среднее	
№ 1	67°43' : 67°32' : 67°37'	67°37'20"	} 67°35'
№ 2	67°36' : 67°32' : 67°31'	67°33'	
№ 3	67°36' : 67°35'	67°35'30"	
№ 4	67°36' : 67°38' : 67°29'	67°34'20"	

Из среднего угла  $c : r = 67°35'$  вычисляется отрезок осей  $a : c = 1 : 2,0993$ .

Результаты измерения остальных форм, вместе с данными, вычисленными из полученного отрезка осей, приведены ниже (табл. VII).

Ринколито-лампрофиллитового месторождения (№ 15) жилы Черника. Из всех крупных кристаллов, встреченных в данном месторождении, один кристаллик около 1,25 см явился вполне пригодным для измерения. Цвет кристалла красный. Удельный вес эвдиалита данного месторождения, определенный пинкометром, 2,87. Средний показатель преломления при

<sup>1</sup> Измерение для всех месторождений производилось на друккружном гониометре v. Goldschmidt'a. Обозначение граней и установка кристаллов приняты по Dana (A System of Mineralogy. 1912); Теоретические значения координат приведены по Goldschmidt'у (Krystallogr. Winkeltabellen, 1897).

Таблица VII. Результаты измерения кристаллов аццалита I типа мест. Поавгумчорра (№ 21).

Формы	Число граней	Средние данные измерения		Колебания в среднем знаке		Вычисленные	
		$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
c {0101}	4	—	0°01'	—	0°01' — 0°03'	—	0°00'
r {1011}	8	29°57'	67°35'	29°55' — 29°59'	67°33' — 67°37'	30°00'	67°42'
z {1014}	6	30°02'	31°16'	29°52' — 30°13'	31°10' — 31°23'	" "	31°11'
e {0112}	8	30°04'	50°31'	90°00' — 90°11'	50°20' — 50°36'	90°40'	50°28'33"
s {1221}	5	30°03'	78°17'	89°56' — 90°11'	78°12' — 78°23'	" "	78°20'45"
m {1010}	10	29°50'	89°53'	29°43' — 29°25'	89°40' — 90°03'	30°00'	90°00'
n {1120}	8	359°21'	85°55'	359°20' — 0° — 02'	89°42' — 90°02'	0°0'	" "

белом свете 1,605. В оптическом отношении является или изотропным или с очень незначительной величиной двупреломления, измеряемой четвертой значущей цифрой и с ясными дисперсионными интерференционными цветами. Оптический знак  $+$ . Рефлексы получены лучше всего от граней  $c\{0001\}$ ,  $z\{10\bar{1}4\}$  и  $r\{10\bar{1}1\}$  — рефлексы единичные и уменьшенные. Кроме того  $e\{01\bar{1}2\}$  в количестве двух граней дает довольно хорошие уменьшенные рефлексы.

Отрезок осей вычислялся из угла  $c\{0001\}$ ;  $r\{10\bar{1}1\}$ , измеренного для всех трех граней при установке по базопинакноиду:  $67^{\circ}21'$ ;  $67^{\circ}32'$ ;  $67^{\circ}47'$ ; в среднем  $67^{\circ}33'20''$ ;  $a : c$  вычисляется =  $1 : 2,09652$ .

Из полученного отрезка осей вычисляются теоретические значения для остальных граней, которые довольно хорошо согласуются с наблюдаемыми, как это видно из результатов измерения:

Число измер.	Формы	Колебания в средних значениях		Средние значения		Вычисленные		Теоретические	
		$\psi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
1	$\{0001\}$				$360^{\circ}01'$	—	$0^{\circ}0'$	$0^{\circ}0'$	
3	$\{10\bar{1}1\}$	$30^{\circ}02' - 30^{\circ}16'$	$67^{\circ}21' - 67^{\circ}47'$	$30^{\circ}07'$	$67^{\circ}33'20''$	$30^{\circ}$	$67^{\circ}33'20''$	$30^{\circ}0'$	$67^{\circ}42'$
3	$\{10\bar{1}4\}$	$29^{\circ}46' - 30^{\circ}14'$	$31^{\circ}14' - 31^{\circ}16'$	$30^{\circ}01'$	$31^{\circ}15'20''$	$30^{\circ}$	$31^{\circ}16'58''$	" "	$31^{\circ}22'$
2	$\{01\bar{1}2\}$	$30^{\circ}36'$	$50^{\circ}31' - 50^{\circ}33'$	$29^{\circ}56'$	$50^{\circ}32'$	$30^{\circ}$	$50^{\circ}26'17''$	" "	$50^{\circ}38'$

Описанный выше I-й тип кристаллов впервые установлен и приведен Ramsay'ем для пегматитовых выделений Хибинских Тундр.<sup>1</sup> Им отмечены те же формы и тот же тип кристаллов в пегматитовых выделениях, с тем же парагенезисом, какой указан выше. Из измеренного угла  $c : r = 67^{\circ}39'30''$  Ramsay вычисляет отрезки осей  $a : c = 1 : 2,1072$ . Удельный вес эвдиалитов, по его определению, колеблется в пределах 2,83—2,92. Средний показатель преломления 1,609—1,605; величина двупреломления меняется от 0 до 0,002. Все полученные нами приведенные данные хорошо согласуются с установленными Ramsay, за исключением отрезков осей, которые в обоих приведенных выше месторождениях являются ниже, чем данные Ramsay.

<sup>1</sup> W. Ramsay. Neues Jahrb. f. Miner., 1893, Beil. Bd. VIII, pp. 722—730.

Описываемый I тип кристаллов наблюдается, согласно литературным данным, в эвдиалитах Magnet Cove, Арканзас. Williams<sup>1</sup> описывает кристаллы эвдиалита из эвдиалитового

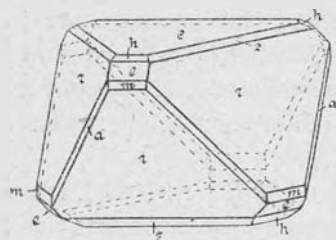


Рис. 2.

сиенита, совершенно аналогичного типу I для Хибинских Тундр. Эвдиалит из Magnet Cove, по определению Williams<sup>1</sup>, является оптически положительным, с заметной оптической аномалией; удельный вес меняется от 2,804—2,833 при 15°C. Отрезок осей  $a:c=1:2:1117$  вычисляется им из угла  $s\{0001\} : e\{01\bar{1}2\} = 50^{\circ}43'6''$ . Таким образом, несмотря на одинаковый тип кристаллов, эвдиалиты Хибинских Тундр и Арканзаса Magnet Cove разнятся отрезками осей и удельным весом.

#### Тип II.

Таблитчатые кристаллы тригонального облика с сильно развитым базопинакоидом  $s\{0001\}$  и хорошо развитым ромбоэдром  $r\{11\bar{0}1\}$  при очень слабом развитии или полном отсутствии граней призмы (рис. 2). Отрицательные ромбоэдры развиты слабо, поэтому кристаллы имеют тригональный облик. Из остальных форм кроме  $s\{0001\}$  и  $r\{10\bar{1}1\}$  лучше всего развит ромбоэдр  $z\{10\bar{1}4\}$  в виде узкой длинной грани. Слабо развиты или отсутствуют  $e\{01\bar{1}2\}$  и призмы  $m\{10\bar{1}0\}$  и  $a\{11\bar{2}0\}$ .

В этом типе кристаллов наблюдались лишь красновато-бурые, коричневые, коричнево-красные оптически отрицательные члены изоморфного ряда, т. е. эвколиты, в следующих месторождениях Хибинских Тундр: сфеновом месторождении перевала Лопарского (№ 76), контактов Маннепахы (№ 1), эвколито-астрофиллитовом месторождении долины между южными отрогами Кукисвумчорра (маршр. № 112), осыпях Северного перевала Партомчорра (маршр. № 66) и др. Необходимо отметить, что данный тип кристаллов является наиболее обычным для эвколитов Хибинских Тундр.

Единично были наблюдаемы в данном типе 2—3 кристалла мезодиалита из жилы Черника.

<sup>1</sup> I. T. Williams. The igneous Rocks of Arkansas. Ann. Rep. of the Geol. Survey of Arkansas, 1891, vol. 11, pp. 241—243.

Парагенезис II типа кристаллов эвколита довольно постоянный; именно эгирин II, сфен, астрофиллит, роговая обманка, альбит, микроклин, нефелин. Кристаллы наблюдаются заключенными в микроклин, альбит, эгирин II. Петрографически все перечисленные выше месторождения кристаллов эвколита II-го типа (за исключением контактов Манненаха) приурочиваются к средне- и мелко-зернистым разностям нефелинового сиенита, т. е. более поздним по времени своего выделения. Время выделения эвколита раннее, отвечающее начальным моментам выделения полевого шпата, приблизительно одновременное со сфеном. Территориально, как это видно в главе о месторождениях, эвколиты приурочиваются к центральным частям Хибинских Тундр и главным образом к перевалам: Лопарского, Партомчорра, долины между южными отрогами Кукисвумчорра и др. В кристаллографическом отношении эвколиты данного типа дают значительно больший материал для измерения, чем эвдиалиты предыдущего типа кристаллов. Кристаллы эвколитов хорошо образованы, грани очень блестящие, и для измерения можно было взять кристаллы из трех месторождений:

1) Перевал Лопарского, эвколито-сфеновое месторождение (№ 76). Крупнокристаллический эвколит темно-красного цвета вместе с крупнокристаллическим медово-желтым сфеном наблюдался как гнездообразное вздутие в нефелиновом сиените. Кристаллы эвколита сильно зональны, центральные участки кристаллов темно-красные, периферическая на них корочка, ясно отграниченная, светло-желтовато-красная. Для измерения взяты 2 кристалла в 1 см и 0,5 см поперечника, с очень блестящими хорошо развитыми гранями, дающими от  $c\{0001\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$ ,  $z\{10\bar{1}4\}$ , увеличенные рефлекссы. Остальные формы развиты слабо. Удельный вес кристаллов, как для наружной светло-желтой корочки, так и для внутренней темно-мясо-красной и прозрачной довольно постоянен и определялся весами Вестфалы = 2,952 — 2,954. Пикнометром средний удельный вес эвколита этого месторождения определен = 2,94. Средний показатель преломления = 1,6136. Оптический знак —. Микроскопически отмечается сильная зональность и заметное двупреломление, меняющееся в пределах 0,00243 — 0,00317.

Отрезок осей вычислялся из измеренного угла  $c\{0001\} : r\{10\bar{1}1\}$  на двух кристаллах при установке по  $c\{1001\}$  и прекрасных,



или уменьшенных или иногда увеличенных, рефлексах от граней.

$$\begin{array}{l} \text{Среднее} \\ \text{№ 1. } -67^{\circ}39'; 67^{\circ}32'; 67^{\circ}30' \quad 67^{\circ}35'45'' \\ \text{№ 2. } \quad 67^{\circ}32'; 67^{\circ}28'; 67^{\circ}30' \quad 67^{\circ}30' \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Среднее} \\ \text{№ 1.} \\ \text{№ 2.} \end{array}} \right\} 67^{\circ}34'22''$$

Из среднего угла  $c : r = 67^{\circ}34'22''$  вычисляется отрезок осей  $a : c = 1 : 2,0985$ . Из остальных форм на данных кристаллах встречены еще  $z \{10\bar{1}4\}$ ,  $e \{01\bar{1}2\}$  и призмы  $m \{10\bar{1}0\}$  и  $a \{11\bar{2}0\}$ ; результаты их измерений:

Угол между гранями	Число измерений	Колебания в измерениях	Среднее	Вычисленное
$e \{0001\} : z \{10\bar{1}4\}$	5	$31^{\circ}06' - 31^{\circ}18'$	$31^{\circ}09'40''$	$31^{\circ}12'14''$
$e \{0001\} : m \{10\bar{1}0\}$	3	$89^{\circ}26' - 89^{\circ}40'$	$89^{\circ}35'$	$90^{\circ}00'$
$e \{0001\} : a \{11\bar{2}0\}$	2	$89^{\circ}18' - 89^{\circ}42'$	$89^{\circ}30'$	$90^{\circ}00'$

$z \{10\bar{1}4\}$  дает хорошие уменьшенные рефлексы. Обе призмы дают слабые рефлексы.

$e \{01\bar{1}2\}$ , наблюдавшаяся в количестве трех граней, не дает рефлексов, установка возможна лишь по грани.

Северный перевал Партомчорра (маршр. № 66). Обнаруженный в осыпях как случайная находка, на склонах Партомчорра, эвдиалит наблюдается в парагенезисе с серовато-зеленым микропертитом и хорошо кристаллизованной черной роговой обманкой. Эвколит темно-красный, прозрачный, очень чистый, наблюдается как сплошными выделениями в полевом шпате, так и кристаллами. Два его кристаллика в 2 и 5 мм поперечника с очень блестящими гранями послужили для измерения. Измерение возможно было произвести с большой точностью, в виду увеличенных или очень хороших определенных уменьшенных рефлексов от  $c \{0001\}$ ,  $r \{10\bar{1}1\}$ ,  $z \{10\bar{1}4\}$  и даже  $e \{01\bar{1}2\}$ , хотя рефлексы не везде единичные. Грани призмы не наблюдались. Удельный вес эвколита данного месторождения, определенный весами Вестфалья колеблется в пределах 2,956 — 2,963. Оптическое изучение показывает нормальный однородный эвколит без зооального стровия.



Отрезок осей  $a : c$  вычислялся из следующих измерений угла:  $c\{0001\} : r\{10\bar{1}1\}$  при установке по  $c\{0001\}$  и увеличенных рефлексах от граней  $c$  и  $r$ .

Среднее

№ 1.	$67^{\circ}39'$ ; $67^{\circ}38'$ ;	$67^{\circ}41'$ $67^{\circ}41'40''$	}	$67^{\circ}42'50''$
№ 2.	$67^{\circ}42'$ ; $67^{\circ}47'$ ;	$67^{\circ}436'7^{\circ}44'$		

Из среднего угла  $c : r = 67^{\circ}42'50''$  вычисляется отношение осей  $a : c = 1 : 2,1120$ .

Остальные формы дают следующие измерения:

Угол между гранями	Число измерений	Колебания в измерениях	Среднее	Вычисленное
$c\{0001\} : z\{10\bar{1}4\}$	4	$31^{\circ}13' - 31^{\circ}22'$	$31^{\circ}17'15''$	$31^{\circ}22'59''$
$c\{0001\} : e\{01\bar{1}2\}$	4	$50^{\circ}35' - 50^{\circ}40'$	$50^{\circ}37'45''$	$50^{\circ}39'33''$
$c\{0001\} : s\{02\bar{2}1\}$	1	$78^{\circ}34'$	$78^{\circ}34'$	$78^{\circ}25'10''$

$z\{10\bar{1}4\}$  дает хорошие увеличенные рефлексы.

$e\{01\bar{1}2\}$  дает хорошие уменьшенные или иногда увеличенные рефлексы.

$s\{02\bar{2}1\}$ , встреченная в количестве одной грани, дает уменьшенный рефлекс.

Перевал Лопарского, эвколито - альбитовая жила (№ 75) содержит эвколит от мелко- до крупнокристаллического темно-коричневого красного цвета, заключенный гороховидными скоплениями кристаллов в альбит, отчасти в спайный микроклин-пертит зальбанд жилы. Сопровождается астрофиллитом, эгирином, роговой обманкой, в небольшом количестве сфеном, апатитом и ривколитом. Кристаллы эвколита в данном месторождении наблюдаются двух типов: описываемого II типа — таблитчатые, тригонального облика и типа III — удлиненные по вертикальной оси, с плохо развитым и маленьким базопинакоидом. Но судя по тому, что кристаллы II типа наблюдались чаще в микроклин-пертите зальбанд жил, можно заключить, что их образование отвечает более ранним моментам кристаллизации эвколита.

Таблица VIII. Результаты измерения кристаллов эвюлита II типа из месторождения перевала Лопарского (№ 15).

Формы	Число изм.	Колебания в измерениях		Средние данные измерения		Вычисленные		Теоретические	
		$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
c {0001}	3	—	359°55'395"58'	—	359°57'	—	—	—	—
r {10 $\bar{1}$ 1}	9	29°51'—29°55'	67°33'—67°44'	29°49'50"	67°38'	30°0'	67°38'	30°0'	67°42'
z {10 $\bar{1}$ 4}	6	29°11'—30°30'	31°09'—31°20'	29°39'40"	31°15'40"	30°0'	31°16'42"	"	31°22'
e {01 $\bar{1}$ 2}	3	30°39'—30°10'	50°26'—50°46'	30°04'30"	50°37'40"	30°0'	50°32'46"	"	50°38'
я {02 $\bar{2}$ 1}	2	30°36'—30°08'	48°04'—78°32'	29°52'	78°18'	30°0'	78°22'24"	"	78°24'
ш {10 $\bar{1}$ 0}	1	—	—	—	90°06'	30°0'	90°	"	90°0'
a {1 $\bar{1}$ 20}	2	—	—	—	90°05'	0°0'	"	0°0'	90°0'

Для измерения II типа кристаллов из этого месторождения было взято 3 кристаллика от 3 до 6 мм поперечника. Наилучшим развитием после базопинакоида пользуются  $г\{10\bar{1}1\}$  и  $z\{10\bar{1}4\}$ , дающие хорошие уменьшенные рефлексы. Остальные формы слабо развиты и встречаются в неполном количестве граней на отдельных кристаллах. Удельный вес измеренных весами Вестфала кристалликов определен = 2,952. Средний показатель преломления эвколита данного месторождения = 1,620, оптически отрицателен, характеризуется сильной зональностью и заметным дупреломлением, определенным в двух участках 0,0016 и 0,0066.

Для вычисления отрезков осей взято 3 кристаллика. Отрезки осей вычисляются из угла  $c : г$  при установке по базопинакоиду и углах отсчета с хорошими уменьшенными рефлексами.

	Число измерений	Колебания в измерениях	Среднее
№ 1. 0001:10 $\bar{1}1$	3	67°33' ; 67°42' ; 67°33'	67°38'
№ 2. " "	3	67°35' ; 66°35' ; 67°37'	67°35'40"
№ 3. " "	3	67°42' ; 67°43' ; 67°40'	67°41'40"

Из среднего измерения  $c : г = 67°38'27''$  вычисляется  $a : c = 1 : 2,1046$  и теоретические значения  $\phi$  и  $\rho$  для остальных форм:  $г\{10\bar{1}1\}$  и  $z\{10\bar{1}4\}$  дают хорошие уменьшенные рефлексы;  $m\{10\bar{1}0\}$  и  $a\{11\bar{2}0\}$  дают слабые рефлексы, так же как и  $e\{01\bar{1}2\}$  и  $s\{02\bar{2}1\}$ .

II тип кристаллов эвколита в точности отвечает эвколиту из Magnet Cove Арканзаса, описываемому Williams'ом<sup>1</sup> в эвдиалитовом сиените. Результаты измерения эвколита из Арканзаса, как указывает Williams, не дают возможности вычислить отрезки осей в виду недостаточно точных измерений и слабых рефлексов. Измеренный угол  $c : г = 67°12'$  сильно разнится от теоретически вычисленного = 67°45'24". Удельный вес эвколита из Арканзаса колеблется в пределах 2,6244—2,6630 при 15°C. Такой низкий удельный вес автор ставит в зависимость от изменения и несвежего состояния минерала. Оптический знак отрицательный, дупреломление слабее, чем у эвдиалита. Цвет минерала коричневый, коричнево-желтый. Кроме

<sup>1</sup> L. T. Williams. Eudialyte and Eucolite from Arkansas. Amer. Journ. of Sc., 1890, vol. IV, pp. 461—462.

полевого шпата, нефелина и эгирина, эвдиалит и эвколит в Арканзасе сопровождаются мелкими кристалликами титанита и апатита.

Тип III.

Тонкопластинчатые кристаллы с преобладающим развитием базопинакоида и очень слабым развитием положительных и отрицательных ромбоэдров (рис. 3). Данный тип редок, наблю-

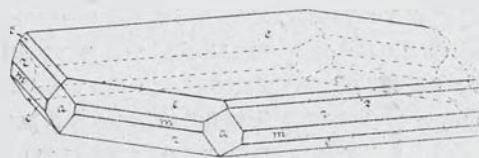


Рис. 3.

дался лишь для эвколитов Хибинских Тундр в двух месторождений: эвколитовая жила юго-восточных склонов Хибинпахкчорра № 3, (кристалл) и ущелье Вудьяврчорра (маршр.

1927 г. — 3 кристалла). Парагенезис этого типа кристаллов: нефелин, полевой шпат, роговая обманка, ильменит.

Измерение было произведено для двух кристаллов (по одному из указанных выше месторождений). Удельный вес = 2,955—2,986, показатель преломления = 1,613. Величина двупреломления 0,0025 до 0,0044 (эвколитовое месторождение Хибинпахкчорра). Благодаря очень слабому развитию всех граней, кроме  $\{0001\}$  и слабому рефлексу от них, измерение не могло быть произведено с большей точностью. При измерении найдены формы  $\{0001\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$ ,  $z\{10\bar{1}4\}$ ,  $m\{10\bar{1}0\}$ . В виду незначительного количества измерений и недостаточно хороших рефлексов, вычисление отрезка осей не производилось.

Тип IV.

Сильно или заметно удлинённые по вертикальной оси кристаллы характеризуются слабым развитием базопинакоида  $\{0001\}$ , иногда почти полным его отсутствием, сильным развитием главного ромбоэдра  $r\{10\bar{1}0\}$ , довольно хорошо развитыми в виде длинных узких граней призмами  $m\{10\bar{1}0\}$  и  $a\{11\bar{2}0\}$ . Из положительных ромбоэдров присутствует еще лишь  $z\{10\bar{1}4\}$ . Отрицательные ромбоэдры развиты слабее положительных, всегда удлинёнными узкими гранями, из них наблюдались лучше развитые, с блестящими гранями  $e\{01\bar{1}2\}$ , и слабо развитая  $h\{01\bar{1}5\}$ . Кроме упомянутых форм для кристаллов данного типа в различных месторождениях очень характерно присутствие скаленоэдра  $t\{21\bar{3}1\}$ , наблюдающегося или как притупленные

ребра  $r \{10\bar{1}1\}$  и  $a \{11\bar{2}0\}$ , или в виде хорошо развитой узкой грани. Другой особенностью данного типа кристаллов, обнаруживаемой при измерении, является обычное присутствие лучей роста, идущих чаще всего от  $r \{10\bar{1}1\}$  к  $t \{21\bar{3}1\}$  и к граням призмы  $m \{10\bar{1}0\}$ . Последнее обстоятельство сильно затрудняет точное измерение углов и ведет к большим колебаниям. Кристаллы типа IV наблюдались: а) среди эвколитов Хибинских Тундр и б) среди эвдиалитов Ловозерских Тундр; в зависимости от месторождений в данном типе можно выделить некоторые отклонения.

1) Кристаллы эвколитов Хибинских Тундр (рис. 4), менее удлиненные по вертикальной оси и больших размеров в поперечнике приближаются к понятию боченкообразной формы. Скаленоэдр развит как притупление ребра, лучи роста от ромбоэдра к скаленоэдру и призме очень сильно развиты. Данный тип кристаллов в Хибинских Тундрах встречался, главным образом, в эвколито-альбитовой жиле перевала Лопарского — склоны Юкспора (№ 75), и также единично встречались кристаллы эвколита в эвколито-астрофиллитовой осыпи перевала между южными отрогами Кукисвумчорра (маршрут № 112) и в эвколито-роговообманковой жиле Контактв Маннепах (№ 1). Парагенезис кристаллов эвколита тот же, что и для типа II. Необходимо отметить, что II и III типы кристаллов эвколита во всех перечисленных месторождениях наблюдаются совместно, а в месторождениях перевала Лопарского наблюдаются кристаллы промежуточные между типами II и III.

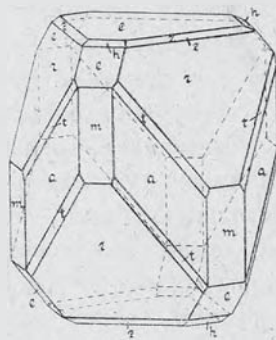


Рис. 4.

Данный тип кристаллов был измерен для эвколито-альбитовой жилы перевала Лопарского № 75.

Для измерения было взято 4 кристаллика от 3 до 6 мм, с очень блестящими гранями. Плохо развитой базопинакоид, со следами разъедания и сильные лучи роста, в которых лежат главные ромбоэдры и грани призмы, препятствуют точной установке кристаллов. В виду сильных лучей роста, сигналы принимались от участков граней, прилегающих к базопинакоиду, где явления роста сказываются слабее.



Удельный вес кристаллов 2,965. Средний показатель преломления и оптическая характеристика те же, что и для кристаллов II типа эвколитов того же месторождения.

Для измерения отрезков осей брались измерения  $c\{0001\}$ ;  $r\{10\bar{1}1\}$ .

№ кристаллов	Угол между гранями	Число изм.	Колебания в измерениях	Среднее
1	0001: 1011	3	67°40' ; 67°31' — 67°38' ; 67°45' — 67°49'	67°40'36"
2	" "	"	67°28' — 67°49' ; 67°47' — 67°54' ; 67°47'	67°46'
3	" "	"	67°34' ; 67°41' — 67°51' ; 67°39'	67°39'48"
4	" "	"	67°29' ; 67°32' ; 67°55'	67°33'40"

Таким образом, из среднего значения  $c:r = 67^\circ 42' 41''$  вычисляется отрезок осей  $a:c = 2,1116$ , который не сильно отличается от  $a:c$  кристаллов эвколита II типа.

Измерения остальных форм приводятся ниже (табл. IX).

Необходимо отметить, что при установке неполных обломанных кристаллов грань ромбоэдра  $r\{10\bar{1}1\}$ , имеющая треугольную форму, легко принимается за базопинакоид  $s\{0001\}$ , и грани скаленоэдра  $t\{21\bar{1}1\}$  — за слабо развитые ромбоэдры  $z\{10\bar{1}4\}$ . При такой неправильной установке, при проектировании граней получается моноклинический вид симметрии, а сами грани получают очень сложные индексы. Такой случай, повидимому, описывает Brögger для норвежского эвколита, при котором неполные кристаллики эвколита с очень блестящими гранями по измерению давали проекцию моноклинической сингонии и сложные индексы, определенные Brögger'ом как  $\omega\{415\bar{2}5\}$  и вошедшие в литературу.<sup>1</sup> Несомненно, здесь ошибка в установке, и грани вышеупомянутого индекса должны считаться несуществующими и ошибочно приписанными эвколиту.

2) Очень близко к столбчатым эвколитам Хибинских Тундр стоят кристаллы эвдиалита месторождения № 111 юго-западного цирка Ангвундасчорра Ловозерских Тундр (рис. 5). Эвдиалит этого месторождения светло-желтого и коричневатого цвета образует крупные кристаллы до  $1\frac{1}{2}$  см длины, заключенные в мурманит натролит, полевой шпат. Кристаллы эвдиалита характеризуются

<sup>1</sup> W. C. Brögger. Loc. cit.



Таблица IX. Результаты измерения кристаллов энколита IV типа из месторождения перевала Дюпарского (№ 76).

Формы	Число изм.	Колебания в измерениях		Средние значения		Вычисленные		Теоретические
		$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	
e {0001}	4	—	359°26'—360°12'	—	359°44''	—	—	—
r {1011}	12	29°57'—30°01'	67°39'48''—67°46'	29°59'28''	67°42'41''	30°0'	67°42'41''	67°42'
z {1014}	2	29°40'—30°11'	30°58'—31°16'	29°59'30''	31°07'	30°	31°22'53''	31°22'
l {0112}	8	29°37'—30°03'	50°29'—50°40'	89°39'40''	50°32'40''	"	50°39'23''	50°38'
h {0115}	4	29°43'—30°04'	25°54'—26°55'	29°53'	26°22'	"	26°25'	26°0'
m {1010}	17	29°56'—30°0'	90°01'—90°05'	29°57'	90°03'	"	90°0'	90°0'
a {1120}	16	0°02'—0°16'	90°01'—90°05'	0°06'	90°03'	0°0'	90°0'	90°0'

e {0001} — дает слабый рефлекс, часто расплывчатый.  
 r {1011} — дает хорошие не единичные рефлексы, лежащие в сильных лучах роста.  
 z {1014} — дает довольно слабые рефлексы.  
 e {0112} — и h {0115} дают уменьшенные туманные рефлексы.  
 m {1010} — хорошие не единичные рефлексы, лежащие в лучах роста.  
 a {1120} — хорошие рефлексы.

очень хорошо развитым ромбоэдром  $r\{10\bar{1}1\}$ , узкими призмами  $m\{10\bar{1}0\}$  (иногда отсутствуют) и  $a\{11\bar{2}0\}$ . Базопинакоид развит довольно хорошо, хорошо развит отрицательный ромбоэдр  $s\{02\bar{2}1\}$ , кроме того, присутствуют ромбоэдры  $e\{01\bar{1}2\}$  и  $z\{10\bar{1}4\}$ ; скаленоэдр

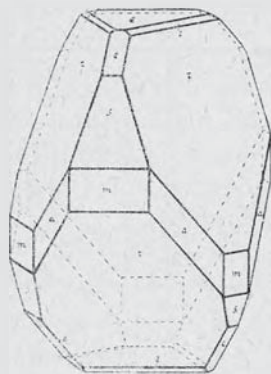


Рис. 5.

$t\{21\bar{3}1\}$  развит плохо, наблюдается лишь как притупление ребра  $r/a$ . По внешнему виду кристаллы являются как бы промежуточными между типами III и IV.

Для измерения взято 3 кристалла от  $\frac{1}{2}$  до 1 см длины. Удельный вес = 2,855. Средний показатель преломления = 1,593. Оптический знак +, дву- преломление = 0,004. Хотя грани кристаллов блестящи, но, благодаря сильным лучам роста, при измерении не дают одиночных сигналов, поэтому для вычисления отрезков осей и здесь принимали

во внимание рефлексии от участков граней, прилегающих к базопинакоиду.

Измерения угла  $c\{0001\}:r\{10\bar{1}1\}$  для вычисления отрезка осей дали следующие результаты (установка по  $c\{0001\}$ , рефлексии уменьшенные):

№ кри-сталлов	Число изм.	Колебания в измерениях.	Среднее
1	6	$67^{\circ}32' - 68^{\circ}11'$ ; $67^{\circ}34' - 68^{\circ}10'$ ; $67^{\circ}44' - 67^{\circ}50'$	$67^{\circ}53'30''$
2	"	$67^{\circ}50' - 67^{\circ}54'$ ; $67^{\circ}50' - 68^{\circ}03'$ ; $67^{\circ}46' - 68^{\circ}08'$	$67^{\circ}48'30''$
3	3	$68^{\circ}01'$ ; $67^{\circ}41' - 67^{\circ}47'$ ;	$67^{\circ}51'20''$
			$67^{\circ}51'$

Из среднего угла  $c:r = 67^{\circ}51'20''$  вычисляется  $a:c = 1:2,1280$  и теоретические значения координат для других форм (табл. X).

Описанный IV тип кристаллов является обычным для эвдиалита Гренландии, Kangerdluarsuck, согласно описанию и чертежам, приведенным у Ussing'a<sup>1</sup>.

#### Тип V.

Длинно-призматические тонкие кристаллы, сильно удлиненные по вертикальной оси (рис. 6). Базопинакоид  $c\{0001\}$

<sup>1</sup> N. Ussing. Meddelelser om Grönland. 1894, t. 14, p. 145.

Таблица X. Результаты измерения кристаллов адиалита IV типа из юго-зап. цирка Ангундасчорра (№ 111).

Формы	Число изм.	Колебания в измерениях	Средние значения	Вычисленные	Теоретические
c {0001}	3		$\varphi$	$\rho$	$\rho$
r {1011}	8	29°44'40" — 30°03'30"	29°54'05"	30°	76°51'20"
z {1014}	7	29°30' — 29°41'40"	29°35'20"	"	31°22'
e {0112}	6	29°48' — 29°59'	59°47'20"	"	50°38'
s {0221}	5	29°4' — 30°05'	29°36'30"	"	78°24'
m {1010}	5	29°0' — 30°13'	29°50'40"	"	90° 0'
a {1120}	2	90°02' — 0°28'	0°14'	0°	90°0'

с {0001} — дает уменьшенные расплывчатые рефлексы. s {0221} — расплывчатые рефлексы.  
 r {1011} — хорошие рефлексы, лежащие в сильных лучах роста. m {1010} — хорошие уменьшенные рефлексы.  
 z {1014} — хорошие единичные уменьшенные рефлексы a {1120} — рефлексы в лучах роста.  
 l {0112}

развит слабо или отсутствует; призмы обоих родов  $m\{10\bar{1}0\}$  и  $a\{11\bar{2}0\}$  развиты хорошо, длинными узкими гранями. После них хорошо развит главный ромбоэдр  $r\{10\bar{1}1\}$ , единичными гранями, не на всех кристаллах, встречаются скаленоэдр  $t\{21\bar{3}1\}$ , ромбоэдру  $z\{10\bar{1}4\}$  и отрицательные ромбоэдры  $e\{01\bar{1}2\}$  и  $s\{02\bar{2}1\}$ .

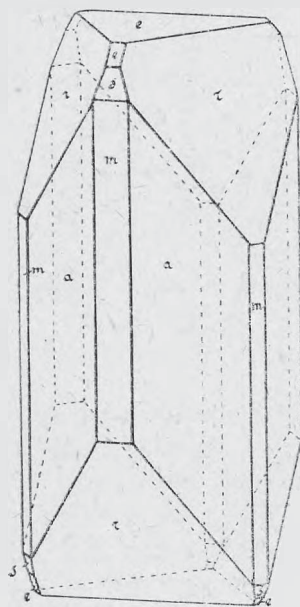


Рис. 6.

Данный тип отмечен исключительно для эвдиалитов Ловозерских Тундр. Кристаллы эвдиалита этого типа обнаружены не в жильных выделениях, а образуют жильные породы эвдиалитового луюврита, в которых эвдиалит обильными столбчатыми кристаллами заключен в полевошпате, в сопровождении небольших количеств эгирина. Такого рода жильная порода обнаружена в цирке Сентгисчорра в Ловозерских Тундрах (№ 115).

Измерения данного типа кристаллов приводятся ниже. Кристаллы с трудом извлекаются из полевого шпата, обычно ломаются или являются деформированными, особенно грани призмы. Установка производилась по базопинакoidу. Из среднего угла  $s:r = 67^{\circ}52'20''$  вычисляется отрезок осей  $a:c = 1:2,12916$  и теоретические значения координат

всех форм, приведенные вместе с результатом измерения в таблице XI. Результаты измерения угла  $s:r$  при уменьшенных рефлексах:

	Среднее	
№ 1 $s:r = 67^{\circ}56'$ ; $67^{\circ}54'$ ; $67^{\circ}31' - 67^{\circ}54'$ . . . . .	67°47'45"	} 67°52'20"
№ 2 $s:r = 67^{\circ}50' - 67^{\circ}56'$ ; $67^{\circ}27' - 68^{\circ}13'$ ; $68^{\circ}07'$ . . . . .	67°58'30"	
№ 3 $s:r = 67^{\circ}23' - 67^{\circ}52'$ ; $67^{\circ}59'$ . . . . .	67°54'37"	
№ 4 $s:r = 67^{\circ}58'$ ; $67^{\circ}53'$ ; $67^{\circ}40'$ . . . . .	67°50'20"	

Общая гномоническая проекция встреченных форм во всех описанных выше типах кристаллов эвдиалитовой группы сведена на чертеже 7.

Лучи роста заметно выражены лишь в сильно призматических кристаллах типа IV и V. Наиболее сильные лучи роста, как это отмечено в проекции, идут от  $r\{10\bar{1}1\}$  к  $a\{11\bar{2}0\}$  через грани

Таблица XI. Результаты измерения кристаллов эвдианта V типа месторождения Сентгошора (№ 115).

Формы	Число граней	Колесания в средних значениях		Средние значения		Вычисленные		Теоретические	
		$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
c {0001}	4	—	359°59' — 360°02'	—	36°0'	—	—	—	—
r {1010}	12	29°55' — 30°04'	67°47' — 67°58'	30°15'	67°52'20"	30°0'	—	30°0'	67°42'
z {1014}	4	29°56' — 30°09'	81°29' — 81°40'	30°02'40"	31°38'40"	" "	31°33'28"	" "	81°22'
e {0112}	8	29°50' — 30°04'	50°47' — 50°55'	29°57'	50°51'0"	" "	50°52'50"	10°53'	50°38'
в 0221}	9	29°47' — 29°58'	78°23' — 79°06'	29°54'	78°19'20"	" "	78°30'28'	30°9'	78°24'
t {2131}	12	11°05' — 10°51'	81°05' — 81°18'	11°01'7"	81°13'11"	10°50'	81°07'	30°6'	81°11'
m {1010}	9	29°36' — 30°30'	89°30' — 90°34'	29°55'15"	89°59'	" "	90°0'	36°0'	90°0'
a {1100}	9	57°57' — 0°30'	89°51' — 89°58'	0°12'	89°27'30"	0°0'	90°0'	0°0'	0°0'



скаленоиэдра  $t\{2131\}$ , которые лежат всегда в лучах роста. Хорошо развиты также в некоторых кристаллах лучи роста от  $e\{01\bar{1}2\}$  к  $s\{02\bar{2}1\}$ . Очень слабые лучи роста наблюдаются в некоторых кристаллах от  $c\{0001\}$  к  $z\{10\bar{1}4\}$ .

Колебания в отрезках осей в измеренных кристаллах всех типов довольно большие. Взяв среднее из всех вычисленных отрезков осей, получаем:  $a:c = 1:2,1105$ , отношение это является довольно близким к отрезку осей  $a:c = 1:2,1116$ , даваемому Miller'ом.

На основании вышеизложенного кристаллографического описания эвдиалитовой группы Хибинских и Ловозерских Тундр можно сделать следующие выводы:

1) Весь изоморфный эвдиалито-эвколитовый ряд для Хибинских и Ловозерских Тундр дает пять типов кристаллов.

2) Так как в одном и том же типе встречаются и эвдиалиты и эвколиты, то различные типы кристаллов обуславливаются не положением минерала в изоморфном ряду, т.-е. не химическим составом, а условиями кристаллизации — временем выделения и, может быть, парагенезисом, именно:

а) раннему выделению отвечает пластинчатый и таблитчатый типы кристаллов (тип I, II, и III), более позднему — призматические типы (III и IV). Этот вывод стоит в согласии с тем фактом, что более поздний по своему образованию Ловозерский массив, как в жильных выделениях, так и в породе имеет исключительно призматический тип кристаллов эвдиалита, время выделения которых сравнительно с эвдиалитами Хибинских Тундр является более поздним. В Хибинском массиве сильно пластинчатые кристаллы эвколита типа III склонов Хибинпахкчорра (№ 3) и цирка Вудъяврчорра приурочиваются к раннему по кристаллизации хибиниту, более толсто-таблитчатые и призматические кристаллы эвколита типа II находятся в более поздних средне и мелкозернистых разностях внутренней части Хибинских Тундр.

3) Различные значения координаты  $\rho$  для главных ромбоэдров  $r$  и  $z$  и др. и вычисляемых из них различных отрезков осей стоят, по видимому, в связи не с положением в изоморфном ряду, т.-е. химическим составом, а с типом кристаллов и явлениями роста. Пластинчатым и таблитчатым кристаллам со слабо выраженными явлениями роста отвечает несколько меньший наклон граней к базопинакоиду; призматические кристаллы с ясно выраженными направлениями роста от ромбоэдра к призме

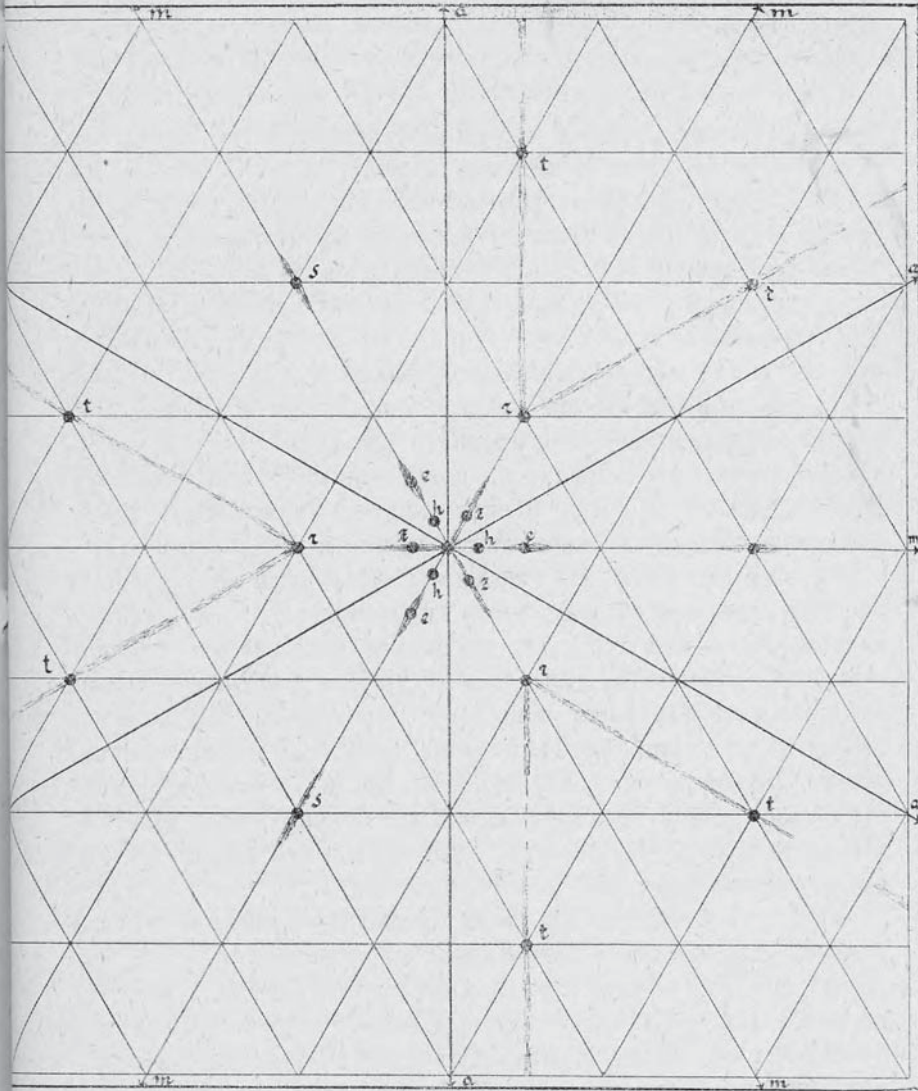


Рис. 7.

имеют несколько больший угол наклона косых граней к базопинакоиду.

**Месторождения и парагенезис.**

Распределение и парагенезис различных членов эвдиалитового ряда, в Хибинских и Ловозерских Тундрах различны и

обуславливаются геохимической характеристикой обоих щелочных массивов.

#### А. Хибинские Тундры.

В Хибинских Тундрах, помимо большой роли Na, значительную роль в жильных выделениях играют Ca, и Fe в виде минералов сфена, ильменита, роговой обманки, астрофиллита, пектолита, лопарита и др. Поэтому большого распространения оптически положительных членов — эвдиалитов, в которых количество окислов  $R_2O$  ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $H_2O$ ) преобладает над  $RO$  (Ca, Mn, Fe)O, теоретически ожидать трудно. Наблюдения показывают, что эвдиалиты действительно являются наименее распространенными в Хибинских Тундрах и обнаружены лишь в 3—4 месторождениях, при чем эвдиалит в некоторых из них наблюдается вместе с мезодиалитом, приурочиваясь чаще к залебандам выделений. Поэтому в виду близости парагенезиса, месторождения эвдиалитов описываются вместе с мезодиалитами.

Мезодиалиты<sup>1</sup> и эвколиты пользуются значительным распространением. Мезодиалиты приурочиваются к внешней кольцевой зоне массива, петрографически связываются с крупнозернистым нефелиновым сиенитом-хибинитом и крупнозернистым лейстовым нефелиновым сиенитом. Парагенезис мезодиалитов: лампрофиллит, ринколит, энigmatит, эгирин, нефелин, полевой шпат. Эвколиты приурочиваются к внутренней кольцевой зоне массива, где геохимически играют значительную роль элементы типа RO. Парагенезис эвколитов: сфен, ильменит, нефелин, роговая обманка, эгирин, альбит:

Для мезодиалитов (реже эвдиалитов) намечаются следующие главные типы пегматитовых выделений.

Эвдиалито-энigmatитовый тип (тип II).<sup>1</sup> Этот тип обнимает многочисленные месторождения, встречаемые исключительно в хибините. Главные минералы этого типа: мезодиалит, энigmatит, эгирин, полевой шпат, нефелин; второстепенные: лампрофиллит, сфен, ильменит. Мезодиалит является

<sup>1</sup> А. Е. Ферсман (под ред.). Хибинские и Ловозерские Тундры, 1928 г., т. II. Месторождения Хибинских и Ловозерских Тундр. Труды Института по изучению Севера. Генетическая таблица I. Изд. ВСНХ 1928 г. При описании видов месторождений, как и в генетической таблице, термин «мезодиалит» не вводится, а всюду в заглавиях сохранено лишь два обозначения: эвдиалит и эвколит.

в крупных сплошных, иногда идиоморфных выделениях, редко в правильных кристаллах. Цвет его коричнево-красный, грязно-красный, бурый. Оптически характеризуется сильной дисперсией, очень низким двупреломлением, меняющимся оптическим знаком и является типичным мезодиалитом. Время выделения отвечает ранней магматической стадии. Кристаллизуется мезодиалит одновременно с энigmatитом, поэтому на границе обоих минералов, особенно на мезодиалите, наблюдается сильная индукционная штриховка.

К этому типу должны быть отнесены следующие месторождения: эвдиалито-энigmatитовые месторождения плато южного Часначорра, Северного Часначорра (№№ 17 и 18), Тахтарвумчорра (№ 9), Коашвы (№ 95) Китчапахка, 1, 2 и 3-й восточные цирки Тахтарвумчорра, западный склон Поачвумчорра к ущелью Рамзая (№ 22), ущелье Рамзая (№ 24), Айкуайвенчорра и Ловчорра (№ 93), восточных склонов Путеличорра (№ 13), южного склона Валенахка (№ 37), т.е. все внешнее полукольцо Хибинских Тундр, образующее с севера, запада и юго-запада внешнюю периферическую зону, сложенную крупнозернистым хибинитом, характеризуется распространением эвдиалито-энigmatитовых выделений.

Эвдиалито-эгириновые и роговообманковые выделения по времени выделения и распространению своему в той же разности крупнозернистого хибинита являются подтипом эвдиалито-энigmatитовых выделений. Парагенезис: эвдиалит, эгирин II, роговая обманка, полевошпат, нефелин, редко лампрофиллит, энigmatит и др. Эвдиалит малиново-красных, красных, фиолетово-красных цветов, в соседстве с энigmatитом приобретает коричнево-красный и грязно-красный цвет. Оптическое изучение показывает, что эвдиалит то является мезодиалитом, с чередующимся оптическим знаком и сильной дисперсией, с показателем преломления и удельным весом, приближающимися ближе к эвдиалиту, то настоящим оптически положительным эвдиалитом. Сюда относятся следующие месторождения: эвдиалито-эгириновые осыпи ущелья Рамзая (мезодиалит, № 24), эвдиалито-эгириновые осыпи южного отрога Иидичвумчорра (малиново-красные кристаллы мезодиалита в эгирине маршр. № 44), эвдиалито-эгириновые жилы Южного Часначорра (мезодиалит, маршр. № 2), Медвежья лоцина Лявочорра (маршр. № 62), эвдиалитороговообманковая жила Поачвумчорра (маршр. № 29), сильно



разрушенный оптически положительный эвдиалит, образующий неправильные выделения среди щелочной роговой обманки гастингситового ряда), малиново-красный эвдиалит в мелко-волокнистом эгирине ущелья Юкспорлак (№ 84), восточный склон Вудъяврчорра, — против середины оз. Вудъявр (маршр. 1926 г.) и др.

Ринколито-эвдиалитовый тип (тип 1) включает в себе несколько месторождений, встреченных в лейстовой разности крупнозернистого нефелинового сиенита. По времени выделения этот тип относится к магматической и начальным моментам эпимагматической стадии. Эвдиалит выделяется очень рано, в зальбандах жил он образуется после полевого шпата и нефелина, в самых жилах образование эвдиалита идет одновременно с эгирином II генерации, лампрофиллитом и ринколитом. Главные минералы этого типа: ринколит, эгирин, лампрофиллит, калиевый полевой шпат. К этому типу относятся следующие крупные месторождения:

1) Эвдиалитовая жила Лявайока (№ 33). Парагенезис минералов жилы: много эвдиалита, эгирина, энigmatита, калиевого полевого шпата, меньше нефелина, сфена, роговой обманки. Эвдиалит в зальбандах месторождения образует крупные неправильные выделения, обладает ярко-розовым цветом, и по своим оптическим и физическим свойствам стоит ближе к оптически положительному эвдиалиту. В центральных частях месторождения эвдиалит сохраняет ярко-розовый цвет, образует крупные выделения и часто кристаллы в парагенезисе с эгирином, ринколитом и лампрофиллитом и по своим свойствам то является эвдиалитом, то примыкает к мезодиалитам. В частях жилы, обогащенных энigmatитом, эвдиалит принимает кирпично-красный и коричнево-красный цвет и является типичным мезодиалитом по своим свойствам.

2) Ринколито-эвдиалитовое месторождение склонов Иидичиока (жила Черника, № 15) представляет по характеру залегания выполнение миаролитического вздутия неправильной формы в нефелиновом сиените. Парагенезис минералов: много лампрофиллита, эгирина, ринколита, эвдиалита, меньше полевого шпата и нефелина, мало молибденового блеска, цинковой обманки, мурманита, халцедона, много златолитовых пустот. Эвдиалит малиново-красного цвета, редко в кристаллах, главным образом, в сплошных крупных выделениях. Оптически является то изотропным, то с очень низким двупреломлением и чередующимся



оптическим знаком, редко являясь в некоторых участках оптически положительным эвдиалитом.

3) Эвдиалито-ринколитовое месторождение долины между южными отрогами Кукисвумчорра (№ 70) представляет собою изоморфные выделения эвдиалита, ринколита, полевого шпата и эгирина в нефелиновом сиените. Эвдиалит ярко-малинового цвета, по своим свойствам принадлежит к крайним оптически положительным членам эвдиалитового ряда (таблицы III и IV).

Лампрофиллит-эвдиалитовый тип (тип 3). Эвдиалит находится в парагенезисе с эгирином II, лампрофиллитом, калиевым полевым шпатом, в небольшом количестве энigmatитом и роговой обманкой. Время образования этого типа относится к последним моментам энимагматической стадии, т.е. позже двух предыдущих типов. Эвдиалит является в идиоморфных и неправильных выделениях коричнево-красного, грязно-красного и малиново-красного цвета. По оптическим и физическим свойствам принадлежит к промежуточным членам всего изоморфного ряда. К этому типу относятся месторождения: лампрофиллит-эгириновая жила ущелья Вудъяврчорра (№ 11), эвдиалито-лампрофиллитовая жила 3-го западного цирка Кукисвумчорра (№ 58), эвдиалито-лампрофиллитовая жила высоты 580 (№ 65).

Эвколиты пользуются довольно значительным распространением в Хибинских Тундрах. Петрографически месторождения эвколитов связываются, главным образом, с более поздними по своей кристаллизации разностями нефелинового сиенита, именно средне- и мелкозернистыми. Реже наблюдаются эвколиты и во внешнем полукольце, сложенном крупнозернистым хибинитом — именно в месторождениях: эвколитовой жилы юго-восточных склопов Хибинпахкчорра (№ 3) и юго-восточной осыпи Вудъяврчорра; (маршр. 1927 г.) эвколит этих месторождений дает сильно пластинчатые кристаллы раннего образования (рис. 4). Территориально главные месторождения эвколита приурочиваются к центральной части Хибинских Тундр, где они связаны чаще всего с тектонического происхождения перевалами и долинами. Главные месторождения эвколита связаны с жильными выделениями следующих типов:

Эвколито-альбитовый тип (тип 5). Эвколит этих месторождений находится в парагенезисе с альбитом, калиевым полевым шпатом, эгирином, роговой обманкой, астрофиллитом, нефелином, сфеном. Эвколит выделяется до альбита вместе

с эгирином, роговой обманкой и астрофиллитом. С внешней стороны месторождения характеризуются обильными массами мелкокристаллического сахаровидного альбита, в которой погружены все остальные минералы. Эвколит желто-бурого и желто-шоколадного цвета в кристалликах до 1 см поперечника, иногда с очень хорошо образованными прекрасными блестящими гранями. В шлифах кристаллики ясно концентрически зональные, с повышающейся отдельными слоями от центра к периферии интерференционной окраской. К этому типу относятся месторождения: эвколито-альбитовая жила перевала Лопарского (№ 75), эгирино-альбитовая жила перевала Лопарского (№ 74), альбито-роговообманковая жила верхнего течения Каскасьюнаюаюка (№ 48) осыпи 3-го Восточного цирка Тахтарвумчорра.

Эвколитовые жилы со сфеном и с ильменитом (тип 11). Эвколит сопровождается калиевым полевым шпатом, нефелином, содалитом и, в зависимости от подгруппы, то сфеном, то ильменитом. Эвколит выделяется после нефелина, совместно со сфеном и с ильменитом. Эвколит желто-красного, вишнево-красного и вишневого цвета. Оптически является довольно однородным с постоянным отрицательным оптическим знаком. К этому типу относятся месторождения: эвколито-сфеновая жила перевала Лопарского (№ 76), эвколито-содалитовая жила Маннепахка (эвколит сплошной, однородный в парагенезисе с крупнокристаллическим содалитом и мелкокристаллическим ильменитом). Эвколитовая жила Хибинпахкчорра (№ 3) (эвколит вишнево-красного цвета сопровождается крупными кристаллами нефелина, роговой обманки и ильменита).

Астрофиллито-эвколито эгириновый тип. (тип 4-а). Жильные выделения, принадлежащие к этому типу, характеризуются крупными пластинчатыми выделениями астрофиллита, волокнистым эгирином II и эвколитом желто-бурым, красно-бурым и коричневым, то в кристаллах, то в неправильных сплошных выделениях. Парагенезис: полевой шпат, сфен, нефелин, астрофиллит.

Время выделения эвколита ранее — до эгирина и астрофиллита. Сюда относятся следующие месторождения: астрофиллито-эвколитовые осыпи ущелья Лопарского (№ 73), астрофиллито-эвколитовое месторождение северного перевала Партомчорра (№ 39), астрофиллитовое месторождение западного ущелья Ньорклаха (№ 85), эвколито-астрофиллитовые осыпи долины между южными отрогами Кукисвумчорра (маршр. № 112) и др.

Лопарито-эвдиалитовые выделения (тип. 20) приурочиваются главным образом к западной контактной зоне и представляют собой плировые и гвездовые выделения и прожилки небольшой мощности в хибините. Основная масса выделений принадлежит буро-красному, чаще всего сильно измененному эвдиалиту, содержащему игольчатые включения эгирина и кристаллы лопарита. По оптическому изучению эвдиалит характеризуется очень низким двупреломлением, меняющимся оптическим знаком, по трещинам изменения всегда отрицателен. Выделения этого типа в большом количестве находятся в контакте Малого Маннепахка, Хибинпахка, Чильмана, склонов Юмъечорра.

Кроме того, эвдиалит или эвколит всегда сильно разрушенные в небольшом количестве входят в состав жил полевошпато-нефелиновых с эгирином и лопаритом (16-в) полевошпато-эгириновых с рамзаитом (21-в), роговообманково-амазонитовых (13), полевошпатово-нефелиновых с эгирином (16-а) и др.

#### В. Ловозерские Тундры.

Ловозерские Тундры в жильных выделениях геохимически отличаются от Хибинских Тундр чрезвычайной бедностью элементов Са и Fe, на что указывает полное отсутствие в Ловозерских Тундрах сфена, ильменита, пектолита и астрофиллита. Богатство этого щелочного массива Na, с одной стороны, и H<sub>2</sub>O как пневматолитического агента, с другой стороны, ведет к обильному образованию в Ловозерских Тундрах минералов, имеющих слабое распространение в Хибинских Тундрах, именно, рамзаита и мурманита. По этой же причине из минералов описываемой группы в Ловозерских Тундрах имеют главное распространение эвдиалиты, меньше мезодиалиты, эвколиты же совершенно не наблюдались.

Распространение жильных выделений в Ловозерских Тундрах не имеет той закономерности как в Хибинских Тундрах. Пегматитовые выделения в Ловозерских Тундрах приурочиваются к северо-западной части Тундр и захватывают массивы: Аллуайва, Ангвундасчорра, Сентисчорра, западной части Карнасурта, располагаясь в долинах и цирках этих массивов: цирке Раслаке, Аллуайве, западном и юго-западном цирках

Ангвундасчорра, цирке Сенгисчорра, перевале Тавайока, долине Чингласуай, Тулбньюуайя, Элемарайка и др. Минералогически пегматитовые выделения Ловозерских Тундр значительно более однообразны, чем в Хибинских Тундрах. Петрографически они связываются с луавритами, структурно сильно отличными от нефелиновых сиенитов Хибинских Тундр.

Эвдиалиты встречены в Ловозерских Тундрах в месторождениях следующих типов:

Эгирино-полевошпатовый тип с рамзаитом (тип 21-а). Очень распространенный для Ловозерских Тундр тип жильных выделений, связанный петрографически с эвдиалитовым луавритом или жильным фойяитом. Парагенезис: эгирин II, полевой шпат, нефелин, рамзаит, эвдиалит, в небольшом количестве нештунит. По времени выделения этот тип ранний и относится к начальным моментам магматической стадии. Рамзаит образует крупные кристаллы и идиоморфные выделения, эгирин чаще всего образует длинные радиально-лучистые агрегаты, эвдиалит аллотриоморфен и заполняет промежутки между другими минералами. Цвет его красно-коричневый, красно-желтый. По своим физическим свойствам — удельному весу, показателю преломления и оптическому знаку — чаще всего является настоящим эвдиалитом, реже мезодиалитом.

Месторождения этого типа были обнаружены: в долине Тулбньюуайя (№ 123) — наблюдалась коренная линза в жильном фойяите. Эвдиалит занимает центральную часть линзы, зальбанды которой обогащены соляцами эгирина в полево шпате. Эвдиалит и полевой шпат содержат кристаллы рамзаита и пустоты элатолита.

Склон Ангвунсньюона в цирке Сенгисчорра (№ 113) коренная осыпь, долина реки Аллуайва (№ 119), вершина Аллуайва № 117, коренная россыпь, южный склон Ангвунсньюона к цирку Сенгисчорра (№ 114) склон Ангвунсньюона (№ 126), Северный перевал Тавайок (№ 106) (пегматитовые выделения эвдиалита, рамзаита, эгирина, полевого шпата в тавите. Эвдиалит содержит кристаллический содалит).

Л а м п р о ф и л и т о - м у р м а н и т о в ы й т и п (тип 25); широко распространенный в Ловозерских Тундрах жильный тип, связанный петрографически с лейкократовыми жильными породами и содалитовым и нефелиновым сиенитом. Парагенезис главных минералов этого типа: мурманит, рамзаит, полевой







шпат, эгирин, амфибол, эвдиалит, нефелин, содалит, лампрофиллит. В противоположность предыдущему типу, описываемый характеризуется присутствием мелких пустот пневматолитического характера, и минералов пневматолитической стадии — молибденового блеска, цинковой обманки. Эвдиалит, ранний по своему образованию, включен в полевой шпат, содалит, мурманит и образует кристаллы типов 4 и 5. Цвет эвдиалита меняется от светло-желтого до красно-желтого.

К этому типу относятся следующие главные месторождения:

Лампрофиллито-мурманитовая осыпь Чингласуайя (№ 118) — коренная осыпь на восточном отроге Аллуайва. Эвдиалит светло-желтыми и желто-красными кристаллами в 4—5 см заключен в лампрофиллит, полевой шпат и мурманит. Мурманит содержит еще кристаллы содалита, лампрофиллит образует крупные пластинчатые и лучистые выделения. Все месторождения, кроме того, содержат много эгирина.

Лампрофиллито-мурманитовая осыпь цирка Раслак 1-й (№ 121), Эвдиалито-лампрофиллитовые осыпи Карнасурта (№ 128), Лампрофиллито-мурманитовая жила юго-западного цирка Ангвудасчорра (№ 111), Лампрофиллито-мурманитовая осыпь цирка Раслака 2-го (№ 116).

Все перечисленные месторождения близко стоят к описанному подробнее выше месторождению Чингласуайя (№ 118).

Распределение эвдиалито-эвколитового ряда в Хибинских и Ловозерских Тундрах дается в схематической карте Хибинских и Ловозерских Тундр (рис. 8).

#### Иностранные месторождения эвдиалитов и эвколитов.

Помимо Хибинских и Ловозерских Тундр в количественном отношении представляющих главные крупные районы распространения этого минерала, эвдиалиты и эвколиты известны в следующих месторождениях:

1) В Гренландии<sup>1</sup> в нефелиновых сиенитах Kangerdluarsuck встречается в большом количестве эвдиалит в пегматитовых выделениях в парагенезисе с полевым шпатом, эгирином

<sup>1</sup> N. Ussing. Meddelelser om Grønland, 1894, t. 14, p. 145.

арфведсонитом. Эвдиалит образует как кристаллы, так и сплошные аллотриоморфные выделения. Эвдиалит по своему парагенезису и цвету близко стоит к мезодиалитам Хибинских Тундр. В количественном отношении эвдиалит в Гренландии пользуется широким распространением и в 1909 г. Steenstrup добыл там 55 тонн эвдиалитовой руды для технических целей.<sup>1</sup>

2) В Гренландии<sup>2</sup> на плато Narsarsuck эвдиалит имеет довольно редкое распространение. Встречается вместе с эгирином и полевым шпатом. Эвдиалит позднего образования встречается сплошными аллотриоморфными выделениями и по своим свойствам (двупреломлению, знаку) должен быть отнесен к промежуточным членам эвдиалитового ряда.

3) В Норвегии<sup>3</sup> в нефелиновых сиенитах Langesundfjord'a имеет большое распространение эвколит, который встречается в пегматитовых жилах в большом количестве, редко в кристаллах, главным же образом в сплошных выделениях; парагенезис эвколита: полевой шпат, роговая обманка, мозандрит, баркевикит, розенбушит, велерит, эгирин, астрофиллит. Цвет эвколита красно-коричневый, каштаново-коричневый, красно-розовый. Показатель преломления 1,622 или 1,618,  $n_g - n_p = 0,004$ , удельный вес 3,00; 0,081; 2,908.

4) В Magnet Cove Арканзаса<sup>4</sup> в палеозойских породах наблюдаются дейки элеолитового сиенита. Порода крупнозернистой структуры образует пегматитовые выделения из ортоклаза, эгирина, элеолита, эвдиалита, астрофиллита, титанита, манганопектолита, томсонита и натролита. Эвдиалит образует два типа кристаллов: один, с преобладающим развитием положительных ромбоэдров, другой — отрицательных ромбоэдров. Выделяется до полевого шпата. Удельный вес эвдиалита колеблется от 2,809 до 2,833. Двойное преломление положительное. При изменении дает эвколит буроватого цвета. Эвколит образует таблитчатые кристаллы тригонального облика, с хорошо развитым ромбоэдром

<sup>1</sup> K. Steenstrup. Meddelelser om Grönland, 1910, t. 24, pp. 132—138.

<sup>2</sup> G. Flink. Meddelelser om Grönland, 1899, t. 24, p. 90.

<sup>3</sup> W. C. Brögger. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Södnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zeitschr. f. Krist., 1890, Bd. 16, p. 498.

<sup>4</sup> I. Williams. Geol. Survey of Arkansas, 1891, vol. II, pp. 238—247.

$r\{10\bar{1}1\}$ . Удельный вес их определен очень низко: 2,6244—2,6630 при 15°C, что зависит, вероятно, от их происхождения при выветривании и разложении эвдиалита.

5) Острова Los.<sup>1</sup> Среди нефелиновых сиенитов архипелага Восточной Африки эвдиалит очень обычен в породах типа луяврита и редок в сиенитах нормального типа. Эвдиалит имеет оптический знак меняющийся в одном и том же шлифе, но не концентрическими зонами, а неправильными ячейками. Двупреломление не больше 0,002, оно больше в разностях  $\perp$ , чем  $\parallel$ , спайность прерывистая по (0001), плеохроизм  $\parallel p_r$  карминово-красный  $\parallel p_g$  бесцветный. Изменение эвдиалита наблюдается чаще всего в катаплите, реже в цирконе. На острове Роша (Los) эвдиалит обычен в пегматитовых жильных выделениях, сопровождается эгирином, астрофиллитом, нефелином и всегда изменен в катаплите.

6) В Мадагаскаре в нефелиновых сиенитах Nosy Komba в эгирине и полево шпате, Lacroix описывает минерал, ближе всего подходящий по свойствам к эвдиалиту. Минерал образует одноосные кристаллы гексагонального сечения с довольно высоким показателем преломления, с заметным плеохроизмом, напоминающим оттенки piemontita:  $p_g$  бледно-желтый,  $p_r$  карминово-красный. В центре кристаллы менее окрашены, чем у периферии. Минерал обладает довольно заметной дисперсией. Наибольшая разница с эвдиалитом заключается в двупреломлении, которое достигает 0,01.<sup>2</sup>

7) В Мадагаскаре, в массиве Ambolimirahavaу в породе, принадлежащей к серии луяритовых пород Lacroix<sup>3</sup> описывает минерал желто-коричневого цвета. Сечения минерала к оптической оси имеют тригональный или гексагональный облик. Минерал характеризуется оптически отрицательным знаком, местами показывает сильный плеохроизм коричнево-красных тонов, с максимумом поглощения по  $p_r$ . При микроскопическом изучении кристаллы являются сильно зональными, с двупреломлением, меняющимся от 0 до 0,009. Показатель преломления 1,643. Удельный вес = 2,97. Анализ минерала:

<sup>1</sup> A. Lacroix. Les syénites néphélinitiques de l'archipel de Los. Nouv. Arch. du Museum, 1911, t. III, pp. 29—31.—A. Lacroix. CR, 1906, t. CXLII, p. 618.

<sup>2</sup> A. Lacroix. Nouv. Arch. du Museum, 1902, t. IV, p. 41.

<sup>3</sup> A. Lacroix. CR, 1915, t. CLXI, p. 253.

SiO<sub>2</sub> = 40,0; ZrO<sub>2</sub> = 16,4; Ce, La, Di = 22,5; FeO = 5,6; MnO = 0,1; CaO = 6,1; Na<sub>2</sub>O = 6,6. Сумма = 97,5. Недостаток в сумме должен, по видимому, принадлежать Cl, Ft или H<sub>2</sub>O, которые не могли быть определены из-за тесной ассоциации минерала с рибекитом, содержащим и Ft и H<sub>2</sub>O. Описанный минерал образует интересные псевдоморфозы по кварцу и циркону.

Т а б л и ц а XII.  
Анализы эвдиалитов и эвколитов иностранных месторождений.

	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub> . . . . .	48,63	49,76	50,39	51,83	45,70	48,88	46,54
ZrO <sub>2</sub> . . . . .	14,49	14,12	12,40	11,45	14,22	15,17	15,74
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .					2,49		
Di <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,27	2,48	3,05	—	—	4,07	5,19
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .					1,11		
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	0,41	—	2,35	—	—
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	—	0,39	—	—	—
FeO . . . . .	5,54	6,23	6,70	4,37	6,83	7,28	6,65
MnO . . . . .	0,42	1,00	2,74	0,37	2,35	0,52	2,04
CaO . . . . .	10,57	10,51	9,12	14,77	9,66	11,63	10,61
MgO . . . . .	0,15	—	—	0,11	—	—	—
Na <sub>2</sub> O . . . . .	15,90	13,23	14,18	13,29	11,59	8,80	10,50
K <sub>2</sub> O . . . . .	—	0,62	—	0,43	—	1,24	0,43
Cl . . . . .	1,04	1,45	1,29	1,42	1,55	1,57	1,44
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,91	1,24	0,26	1,88	1,83*	2,50*	1,77*
Сумма . . . . .	100,92	100,64	100,54	100,31	99,24	100,66	100,91

1. Kangerdluarsuck, Гренландия. I. Lorenzen, Miner. Mag., 1882, t. 5, p. 63.
2. " " Rammelsberg. Mineralchemie, 1895, p. 448.
3. Narsarsuck, Гренландия. C. Christensen. Mineralogia Grönlandica, 1905, p. 495.
4. Arkansas. T. H. Genth. Am. Journ., 1891, vol. 41, p. 397.
5. Barkevik. Норвегия. Damour. Phil. Mag., 1857, vol. 13, p. 391.
6. Brevik. " Rammelsberg. Zeitschr. geol. Gesellech., 1886, Bd. 38, p. 500.
7. Arö. Норвегия. Rammelsberg. Mineralchemie. Ergänzungsheft, 1894, p. 447.

\* Потеря при прокаливании.

Т а б л и ц а XIII.  
Сводка оптических и физических констант эвклинов и эвклинов по литературным данным.

Месторождения	Удельный вес	Показатель преломления	Величина двупреломл.	Оптический знак	Отрезок по оси с.
Гренландия, Kangerluarsuk . . .	2,85 <sup>2</sup>	$\omega_{Na} = 1,6084^3$ $\epsilon_{Na} = 1,6142$ $\omega_{Li} = 1,6042$ $\epsilon_{Li} = 1,606$	0,0018 <sup>3</sup>	+ и ±	2,11159
Норвегия, Laugesundfjord . . .	2,98—3,10 <sup>4</sup>	$\omega = 1,6205^4$ $\epsilon = 1,6178$	0,0027 <sup>4</sup>	—	2,1055 <sup>4</sup>
Арканзас, Magnet Cove . . . . .	2,80—2,83 <sup>5</sup> 2,6244 <sup>5</sup> 2,6680 <sup>5</sup>	$n_{rh} = 1,6018^6$ $n_{Na} = 1,6057^6$		+ и ±	2,11175 <sup>5</sup>
Kola, Luajvr Urt . . . . .	28,49 <sup>6</sup>			+	
Kola, Umptek . . . . .	2,835—2,923 <sup>7</sup>	$\omega_{rh} = 1,6085$ $\epsilon_{rh} = 1,6105$ $\omega_{Na} = 1,6104$ $\epsilon_{Na} = 1,6129$	0,002 0,0025 0,00...0,00132	+ и ±	2,0966 <sup>7</sup>

1. N. Kokscharow. Materialien zur Mineralogie Russlands 1878, t. III, p. 2.
2. J. Lorenzen. Meddelels. om Grönland. 1881, t. II.
3. H. Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie, 1912. Определение Wülfing'a.
4. W. C. Brögger. Mineralien d. süd-norwegischen Augitsyenite. Zeitschr. f. Krystallographie. 1890, t. XVI, p. 503.
5. J. T. Williams. Igneous Rocks of Arkansas. Ann. Rep. Geol. Survey of Arkansas, 1891, p. 203.
6. W. Ramsay. Fennia, 1890, t. III, № 7, p. 42.
7. W. Ramsay. Neues. Jahrb. f. Miner. 1893, Beil. Bd. VIII, p. 722.



8) В Мадагаскаре, на правом берегу Beroudra в массиве Bezavona. Lacroix<sup>1</sup> описывает в нефелиновом эгириновом сиените эвдиалит, превращенный в катаплеит.

9) В Трансваале в районе Пиландсберга Brouwer<sup>2</sup> описывает нефелиновые сиениты, содержащие эвдиалит, астрофиллит, мозандрит и ловенит. Эвдиалит показывает изменение в катаплеит.

10) В Новой Тасмании в Shannon Tier<sup>3</sup> наблюдается нефелино-эвдиалитовый, очень мелкокристаллический, базальт; вместо мелилита, как существенную составную часть, он содержит эвдиалит. Из других минералов здесь обнаруживаются: перовскит, пироксен, оливин, нефелин, содалит, апатит, магнетит. Эвдиалит оптически положителен, в шлифе бесцветный; спайность (по 0001) не очень ясная; двупреломление низкое, показатель преломления сильнее, чем канадского бальзама, больше слюды и слабо отличается от апатита. Время его кристаллизации после оливина, но перед слюдой.

11) В Араше в штате Техас<sup>4</sup> в нефелиновых сиенитах нормального минералогического состава встречаются фоновитовые его фации, содержащие часто минерал эвдиалито-эвколитовой группы, редко в кристаллах. Спайность минерала (по 0001); цвет в тонких шлифах светло-желто-серый, со слабым плеохроизмом в коричневый цвет. Двойное лучепреломление очень слабое, многие зерна изотропны. Наблюдения показывают, что в шлифах периферические части имеют более сильное двупреломление.<sup>5</sup>

Приведенная сводка месторождений показывает, что эвдиалит является довольно обычным минералом нефелиновых сиенитов

<sup>1</sup> A. Lacroix. Nouv. Arch. du Museum, 1903, t. V, p. 185; *ibid.*, 1902, t. IV, pp. 1—215.

<sup>2</sup> H. Brouwer. Sur certaines lujawrites du Pilandsberg. CR, 1909, p. 1006. См. G. Molengraaf. Trans. Geol. Soc. S. Africa, 1905, t. VIII, p. 198.

<sup>3</sup> F. Parnel. Beiträge zur petrographischen Kenntnis einigen foyaitischer-thermalithischer Gesteine aus Tasmania. T. M. P. M. 1906, Bd. 25, p. 307.

<sup>4</sup> A. Osann. Beiträge zur Geologie u. Petrographie der Apache T. M. P. M., 1896, Bd. 15, p. 418.

<sup>5</sup> T. Becke. Über Zonenstruktur der Krystalle in Erstarrungsgesteine. T. P. M. M., 1898, Bd. 17, p. 102.

и очень редко встречается в других породах. В таблицах XII и XIII выше приводится сводка анализов, оптических и физических констант эвдиалитов и эвколитов иностранных месторождений.

Сравнение химического состава, оптических и физических свойств и парагенезиса эвдиалитового ряда из Хибинских и Ловозерских Тундр с иностранными месторождениями приводит к следующим выводам:

1) Месторождения мезодиалитов (реже эвдиалитов) из Хибинских Тундр парагенетически ближе всего стоят к эвдиалиту Гренландии, месторождения Kangerdluagsuck. Парагенетическая близость подтверждается и близостью в химических и физических свойствах.

2) Эвколиты из Хибинских Тундр по своим оптическим и физическим свойствам приближаются к эвколитам Норвегии; месторождения Langesundfjord, по химическому составу являются также довольно близкими, хотя эвколиты Хибинских Тундр, как показывают сравнительные анализы обоих месторождений, содержат меньше редких земель. Парагенетические же соотношения эвколитов указанных двух месторождений сохраняют свои особенности в каждом из районов. Для Хибинских Тундр мы имеем парагенезис эвколита: микроклин, альбит, нефелин, содалит, эгирин, роговая обманка, ильменит, сфен, астрофиллит, в небольшом количестве ринколит, апатит, натролит. Для эвколита Норвегии: полевой шпат, нефелин, содалит, эгирин, лепидомелан, катаплект, баркевикит (роговая обманка), астрофиллит, велерит, мозандрит, розенбушит, лейкофан, цеолиты, флюорит. Характерное и частое соупутствие эвколитов Хибинских Тундр ильменитом и сфеном в Норвегии не наблюдается.

3) Месторождения эвдиалитов (и мезодиалитов) из Ловозерских тундр в парагенетическом отношении не имеют себе аналогов с известными иностранными месторождениями и в этом отношении стоят особо.

В заключение приношу глубокую благодарность В. И. Вернадскому, В. В. Никитину и А. Е. Ферсману за их советы и указания в настоящей работе.

Минералогический Музей  
Академии Наук.

---