

Travaux du Musée Géologique Pierre le Grand près l'Académie  
Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. Tome II. 1908.

---

# Т Р У Д Ы ГЕОЛОГИЧЕСКАГО МУЗЕЯ

И М Е Н И  
ПЕТРА ВЕЛИКАГО  
ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

Т О М Ъ II.

1908.

Выпускъ 6.

А. Ферманъ. Матеріалы къ изслѣдованію псолитовъ Россіи. I.

*(Должено въ засѣданіи Физико-Математическаго Отдѣленія 10 декабря 1908 года)*

**БИБЛИОТЕКА  
ГЕОЛОГИЧЕСКАГО МУЗЕЯ  
ИМЕНИ ПЕТРА ВЕЛИКАГО**

**Имп. Академіи Наукъ.**

Инвент. №.....

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1909.

Отдѣль.....

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

№ Отд.....

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.  
С.-Петербургъ, Мартъ 1909 г.

Непрежанный Секретарь, Академикъ *С. Ольденбургъ*.

Труды Геологическаго Музея имени Петра Великаго Императорской  
Академіи Наукъ. Томъ II. 1908 года.

Travaux du Musée Géologique Pierre le Grand près l'Académie  
Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. Tome II. 1908.

---

## Матеріалы къ изелѣдованію цеолитовъ Россіи.

А. Ферманъ.

### I.

#### Леонгардитъ и ломонтитъ изъ окрестностей Симферополя.

Настоящая работа является первымъ выпускомъ изъ намѣченной серіи статей о цеолитахъ русскихъ мѣсторожденій. Выпускъ второй коснется вопроса о химической природѣ вельситита и объ условіяхъ его генезиса въ Крыму; онъ долженъ появиться въ печати въ самомъ непродолжительномъ времени. Въ третьемъ выпускѣ предполагено дать характеристику минераловъ группы шабазита, встрѣчаемыхъ въ Россіи, и въ связи съ этимъ выяснитъ характеръ вѣщальныхъ плоскостей у цеолитовъ.

Что же касается до настоящаго изелѣдованія, то его основныя задачи сводятся къ слѣдующему:

#### *Часть описательная:*

1. Собрать литературу о ломонтитѣ и леонгардитѣ русскихъ мѣсторожденій — глава 1.
2. Выяснить общія положенія объ условіяхъ генезиса этихъ минераловъ въ Крыму — глава 2.
3. Описать отдѣльныя мѣсторожденія — глава 3.

#### *Часть экспериментальная:*

4. Выяснить связь между химическимъ составомъ и физико-геометрическими константами леонгардита и ломонтита разныхъ мѣсторожденій — глава 3, 4.

*Часть теоретическая:*

5. На основаніи полученных данныхъ приблизиться къ рѣшенію вопроса о соотношеніи между леонгардитомъ и ломонтитомъ — глава 6 и 7.
6. Вывести общія заключенія — глава 8.

Въ изложенную схему не вошли тѣ разсужденія общаго характера о соотношеніи отдѣльныхъ представителей группы цеолитовъ, которыя являются необходимыми для правильнаго пониманія леонгардита и ломонтита, какъ самостоятельныхъ минеральныхъ видовъ. Эти разсужденія, помѣщенные въ главѣ 5, явятся руководящими и во всѣхъ дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ надъ цеолитами Россіи.

1.

**Мѣсторожденія ломонтита и леонгардита въ Россіи.**

Литература о цеолитахъ русскихъ мѣсторожденій крайне скудна, и, если не касаться мелкихъ указаній, разбросанныхъ въ разныхъ работахъ петрографическаго характера, то она ограничивается лишь немногими спеціальными изслѣдованіями надъ отдѣльными представителями этой обширной группы, столь распространенной въ нѣкоторыхъ областяхъ Европейской и особенно Азіатской Россіи.

Въ частности, *группа ломонтита* является одной изъ наилучше изслѣдованныхъ въ русской литературѣ, особенно съ химической стороны, благодаря анализамъ *Аррпе* и *Земятченскаго* (см. далѣе стр. 105).

До настоящаго времени представители этой группы были извѣстны изъ слѣдующихъ мѣсторожденій:

1. Петропавловская гора у Богословска на Уралѣ<sup>1)</sup>.

---

1) G. Rose. Reise n. d. Ural. Berlin 1842. В. II, p. 507 [мѣстороженіе] Федоровъ не встрѣтилъ этого минерала въ Богословскомъ Округѣ и въ своей работѣ обратилъ вниманіе на неопредѣленность указанія мѣста у Rose. Федоровъ и Никитинъ. Богословскій горный округъ. Спб. 1901, стр. 169.

2. Turholm около Гельсингфорса въ Финляндіи; въ известнякахъ <sup>1)</sup>). Тиичный леонгардитъ.
3. Nevas, Silbosamt, Storgård — на островѣ Паргасъ въ Финляндіи <sup>1)</sup>).
4. Въ окрестностяхъ Гельсингфорса, въ гранитахъ и гнейсахъ <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>).
5. Въ окрестностяхъ Або, въ гранитахъ и гнейсахъ <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>).
6. Эллагитъ изъ Bergö-Åland <sup>3)</sup>).
7. Боржомъ на Кавказѣ <sup>4)</sup>).
8. Долина рѣки Бамбакъ-чай, Эриванской губерніи, въ 126 в. отъ Тифлиса <sup>5)</sup>).
9. Цихи-Дзири около Батума <sup>6)</sup>).
10. Гора Цхра-Цкаро на Кавказѣ <sup>7)</sup>).

---

1) Литература о леонгардитѣ и ломонитѣ Финляндіи: Arppe. Analyser af Finska Min. 1857, p. 22. (Анализъ). Arppe. Acta Soc. Scient. Fenn. 1858. I, 2, p. 488, (мѣстор. кристалл. описаніе, анализъ). Nordenskiöld. Beskrifning de i Finland funna Mineralier. Helsingfors. 1863, p. 118—119. (Анализъ, физическ. свойства, генезисъ). Wiik. Bidrag till Helsingforstraktens Mineralogi och Geognosi. Akademisk. afhandling. 1865, p. 36—37 (генезисъ). Wiik. Den Finske Mineralsamling i Universitet i Helsingfors Mineralkabinet. Helsingf. 1887, p. 36 (генезисъ). Сравни Rammelsberg. Handbuch d. Mineralch. 1860, p. 808—809. Hintze. Handb. d. Mineral. 1897, II, p. 1679.

2) Нельзя здѣсь не отмѣтить особой распространенности изслѣдуемыхъ минеральныхъ видовъ въ гранитахъ и гнейсахъ финляндскаго массива, см. Nordenskiöld, l. c., p. 118.

3) Судя по описаніямъ, я считаю возможнымъ принимать *эллагитъ* за желѣзистую разновидность леонгардита. Совершенно аналогичный минераль встрѣченъ былъ мною въ пустотахъ изверженной породы у деревни Чешмеджи (см. далѣ стр. 119), но ввиду недостатка въ матеріалѣ детальное изслѣдованіе его было отложено. Если удастся количественно подтвердить данныя анализа Igelström'a, то въ эллагитѣ мы будемъ имѣть желѣзистый членъ ломонитовой группы, условія генезиса котораго тождественны съ таковыми леонгардита. О финляндскомъ эллагитѣ см. Nordenskiöld, l. c. p. 118—119. [Изданіе 1855 или 1863 года] Сравни: Hintze, l. c. В. II, p. 1826.

4) Земятченскій. Къ минералогіи Кавказа. Вѣстникъ Естествозн. Спб. 1893, № 5—6, стр. 344. (Описаніе, мѣсторожденіе, анализъ).

5) Земятченскій. Къ минералогіи Кавказа. Труды Спб. Общ. Естествоисп. 1899. Отд. геологии и минералог. XXX, вып. 1, стр. 15—18. (Описаніе, мѣсторожд., анализъ).

6) Согласно, сдѣланному А. А. Твалчрелидзе, опредѣленію образца хранящагося въ минералог. кабин. Моск. Универс.

7) Глинка. К. Д. Исзѣд. въ обл. проц. вывѣтрив. Труды Спб. Общ.

11. На Алтаѣ<sup>1)</sup>.
12. Окрестности Георгіевскаго монастыря, въ Крыму<sup>2)</sup>.
13. Курцы близъ Симферополя<sup>3) 4)</sup>.
14. Цѣлый рядъ мѣсторожденій въ предѣлахъ центральнаго Крымскаго массива (окрестности Симферополя)<sup>4) 5)</sup>.

Описаніе послѣднихъ мѣсторожденій и должно составить предметъ настоящей замѣтки; они заслуживаютъ интереса не только ввиду распространенности изслѣдуемыхъ минеральныхъ видовъ въ окрестностяхъ Симферополя, но и ввиду того, что проливаютъ нѣкоторый свѣтъ на *соотношенія между леонардитомъ и ломонти-томъ*. Какъ будетъ указано далѣе, въ главѣ 6 и 7 (стр. 136—148), дѣленіе группы на эти два минеральныхъ вида имѣетъ за собой много дѣйствительныхъ данныхъ и вызываетъ необходимость въ установленіи точной номенклатуры. Сущность послѣдней можетъ быть объяснена лишь далѣе; теперь-же отмѣчу, что подъ *ломонти-томъ* мы будемъ подразумѣвать минераль формулы  $\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; подъ *вторичнымъ леонардитомъ* — минераль формулы  $\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , образовавшійся путемъ вывѣтриванія и потери воды изъ перваго; и подъ *первичнымъ леонардитомъ* — минераль аналогичной формулы  $[(\text{Ca}, \text{K}_2, \text{Na}_2)_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ , но непосредственно осѣвшій изъ растворовъ.

Естествоисп. 1906. XXXIV. Отд. Геол. и Минер., стр. 29, 133, 134. (Мѣстор., генезисъ, анализъ).

1) Любезно сообщено мнѣ П. П. Пилипенко. Указаній на это мѣстороженіе въ литературѣ мною не встрѣчено.

2) Въ частной коллекціи П. А. Двойченко въ Симферополь имѣются образцы лучистыхъ массъ леонардита въ изверженной породѣ изъ Георгіевскаго монастыря.

3) Fersmann. Ueber Gmelinit in Russland. Centralblt. f. Miner. 1906, p. 573. (Мѣстороженіе).

4) Ферсманъ. Къ минералогіи Симфероп. уѣзда. Изв. Имп. Акад. Наукъ. Спб. 1907, стр. 256. (Мѣстороженіе). Въ этой работѣ указанъ одинъ лишь леонардитъ.

5) Встрѣченный мною въ 1905 году ломонтиитъ (resp. леонардитъ) въ окрестностяхъ Симферополя былъ переданъ въ музей Таврическаго Губернскаго Земства: см. *Отчетъ* по Естеств.-историческ. музею Таврическаго Губернскаго Земства за 1905 годъ. Симферополь, 1905, стр. 13. Отмѣчено: ломонтиитъ бѣлый и розовый. Петропавловка, Эски-Орда.

II. Къ этому первому типу образованія цеолитовъ тѣсно примыкаетъ второй<sup>1)</sup>, связанный съ *жильными, гидротермальными процессами*. Очевидно, что различіе между этимъ процессомъ и первымъ заключается въ томъ, что первый связанъ съ послѣдними фазами застыванія эруптива, тогда какъ второй, хотя и можетъ быть иногда поставленъ въ причинную связь съ поднятіями изверженныхъ массъ и другими нарушениями равновѣсія эруптивныхъ магмъ, но по времени и мѣсту не связанъ съ ними и захватываетъ въ свою область распространенія породы разнаго характера и различныхъ возрастовъ. Представителями этого типа являются цеолиты Курцовъ: гейландитъ (бомонтитъ), велльситъ, гмелинитъ и анальцитъ.

III. Накопецъ третій типъ<sup>2)</sup>, наиболѣе распространенный въ изслѣдованной области, обнимаетъ всѣ случаи *поверхностнаго образованія цеолитовъ* и связанъ съ разрушительнымъ дѣйствіемъ поверхностныхъ водъ.

Этотъ типъ, считавшійся раньше наиболѣе обычнымъ для всѣхъ цеолитовъ, теперь оказывается<sup>3)</sup> далеко не столь распространеннымъ въ природѣ и, повидимому, ограничивается лишь немногими опредѣленными представителями.

Такимъ типическимъ *поверхностнымъ цеолитомъ* является *ломонтитъ* (я леонгардитъ), главныя мѣсторожденія котораго<sup>4)</sup> связаны съ поверхностными процессами разрушенія эруптивовъ; встрѣчается онъ также и въ жилахъ, однако по большей части

---

Поповъ. Матеріалы къ минералогіи Крыма. Bull. soc. Nat. de Moscou, 1898. Протоколъ № 12, стр. 90, *ibidem*. 1900. стр. 477, *ibidem*. 1902, стр. 469. Нѣкоторыя указанія насчетъ минераловъ Карагача см. Ферсманъ, I. с. 1907 р. 247—260.

1) Болѣе всего отвѣчаетъ типу 2-му у Lacroix. Lacroix, I. с., p. 256.

2) Сравни типъ 4 по Lacroix, I. с., p. 257.

3) Weinschenk, I. с., p. 373. Pelikan. Beitr. z. Kenntniss d. Zeol. Böhmens. Sitzungsber. d. Wien. Akad. Naturwissensch. Klasse CXI, 1902. Abth. I. p. 334. Pelikan. Tscherm. Min. Petr. Mittheil. 1906. 25, p. 113, 125. Cp. Doelter. Physik.-chem. Mineral. Leipzig, 1905, p. 220.

4) Lacroix, I. с., p. 343, cp. Koenigsberger. Neues Jahrbuch. Beil. B. 14, 1901, p. 107. Fromme. Miner. aus d. Radauthal. Tscherm. Mineral. Petrogr. Mittheilung. 1903. B. 22, p. 69.

въ качествѣ послѣдней генерациі, что указываетъ на то, что осажденіе его возможно лишь изъ болѣе холодныхъ растворовъ, въ конечныхъ стадіяхъ гидротермальныхъ процессовъ.

Въ предѣлахъ изслѣдованной мною области<sup>1)</sup> леонгардитъ и ломонтитъ являются единственными представителями этого поверхностнаго типа образованія цеолитовъ; въ частности въ Курцахъ, первичный леонгардитъ связанъ съ послѣдними стадіями жильныхъ процессовъ, и лишь въ эруптивѣ Чешмеджи его генезисъ нѣсколько отличается отъ обычнаго (см. далѣе стр. 119). Такимъ образомъ въ генетическомъ отношеніи *ломонтитъ* (resp. *леонгардитъ*) изъ окрестностей Симферополя рѣзко отличается отъ цеолитовъ двухъ другихъ группъ и болѣе всего можетъ быть сближенъ съ палыгорскитомъ, играющемъ столь-же важную роль среди продуктовъ поверхностнаго разрушенія эруптива<sup>2)</sup>.

Нельзя не отмѣтить, что ломонтитъ въ изслѣдованной области (наравнѣ съ только что названнымъ минераломъ) связанъ преимущественно съ породами кислаго характера (мезопорфиритами, мезодацитами и другими аналогичными породами средней или большой кислотности)<sup>3)</sup>, весь процессъ поверхностнаго разрушенія которыхъ всего лучше можетъ быть выраженъ терминомъ «*ломонтизація*»<sup>4)</sup>.

---

1) См. начальныя строчки статьи: Ферсманъ. Къ мин. Симфер. уѣзда. I. с. 1907, р. 247.

2) Ср. Ферсманъ. Матеріалы къ изслѣд. группы палыгорскита. Изв. Имп. Акад. Наукъ. Спб. 1908, стр. 639, прим. 3.

3) Сравнительно недавно породы центральнаго Крымскаго массива подверглись новому петрографическому изслѣдованію, см. Зайцевъ. Къ петрографіи Крыма. Ежег. по геол. и мин. Россіи, X, 1908, вып. 5—6, стр. 144—156. Авторъ большинство породъ изслѣдованнаго нами района относитъ къ разновидностямъ кварцеваго діорита.

4) Явленіе ломонтизаціи породъ заслуживаетъ особаго вниманія; какъ видно изъ литературы, этотъ процессъ приуроченъ главнымъ образомъ къ породамъ кислаго характера (граниты, гнейсы, кислые кристаллическіе сланцы); наблюдается также при разрушеніи андезитовъ, діоритовъ и кварцпорфиритовъ, т. е. породъ средней кислотности, но со свободнымъ кварцемъ (— породы даситоваго типа). Болѣе подробное изложеніе хода этого процесса найдетъ себя мѣсто въ изслѣдованіяхъ объ условіяхъ образованія палыгорскита въ по-



3.

Мѣсторожденія леонгардита и ломонтита въ окрестностяхъ Симферополя<sup>1)</sup>).

Перехожу къ детальному описанію отдѣльныхъ мѣсторожденій леонгардита и ломонтита.

1. Леонгардитъ изъ Эски-Орды.

Стѣнки трещинъ эруптива<sup>2)</sup>), открытаго каменоломнями на правомъ берегу Салгира, нерѣдко усеяны мелкими кристалликами первичнаго леонгардита. Кристаллики свѣтложелтаго цвѣта (до 2 mm. по оси Z), не подвергаются распыленію, интенсивно окрашиваются пламя бунзеновской горѣлки въ цвѣтъ Na, довольно легко даютъ разломы по  $\{110\}^m$  и  $\{201\}^a$ . — Совокупность этихъ признаковъ заставляеть принимать ихъ за первичный леонгардитъ.

Кристаллы являютъ комбинацію формъ<sup>3)</sup>:  $\{110\}^m$ ,  $\{010\}^b$ ,

---

верхностныхъ частяхъ земной коры. Cp. Lemberg. Ueber Silicatumwandlungen. Zeit. d. d. geol. Ges. V. 28, 1876, стр. 535 и примѣчаніе \*\* на этой же страницѣ. Здѣсь же необходимо отмѣтить, что ломонтизація породъ является промежуточнымъ звеномъ почвообразованія, при чемъ процессъ идетъ такимъ образомъ: послѣвые шпаты превращаются въ ломонтигъ, послѣдній сначала — въ леонгардитъ, а въ результатѣ — въ агрегатъ минераловъ каолиновой группы. Особенно интенсивно протекаетъ процессъ на южныхъ склонахъ горъ.

1) Настоящая работа была уже закончена, когда мнѣ снова удалось посѣтить главныя мѣсторожденія леонгардита и ломонтита въ Крыму. Дополнительные наблюденія помѣщены въ выноскахъ въ соответственныхъ мѣстахъ. Здѣсь же надо отмѣтить, что въ музеѣ Таврическаго Губернскаго земства имѣются прекрасные образцы розоваго леонгардита лучистаго строенія изъ главной разработки Курцовской каменоломни. Такихъ образцовъ мною не было встрѣчено въ упомянутой мѣстности. (см. далѣе стр. 113).

2) По опредѣленію Зайцева, это кварцево-авгитовый діоритъ. Зайцевъ, l. c., стр. 151.

3) Для леонгардита и ломонтита принята обычная постановка кристалловъ по Dana. Mineralogy, 1892, p. 587, съ отношеніемъ осей по Des-Cloizeaux. Manuel de minéral. 1862, I, p. 403. См. Lascoix l. c. p. 338. Hintze. Handb. d. Mineral. 1897. V. II, p. 1670. Эта постановка сближаетъ формы изслѣдуе-

$\{\bar{2}01\}$ ,  $\{001\}$ , и какой то пирамиды  $\{hkl\}$ , индексы которой съ точностью опредѣлить не удалось. Кристаллы слегка вытянуты по оси Z, нерѣдко довольно сильно изогнутой въ плоскости ZY; это явленіе стоитъ, очевидно, въ связи съ явленіями скольженія, при чемъ вѣроятной плоскостью скольженія является одна изъ домъ  $\{okl\}$ .

Внѣшній обликъ кристалловъ опредѣляется сильно развитыми и вертикально исптрихованными плоскостями призмы  $\{110\}^m$  и сильно развитой и блестящей площадкой  $\{\bar{2}01\}$ . Остальныя формы играютъ второстепенную роль и нерѣдко совсѣмъ отсутствуютъ.

Результаты измѣреній восьми кристалловъ могутъ быть сведены къ слѣдующему:

	Колебаніа.	Среднее.
$(110) : (1\bar{1}0)$	$92^\circ 37' - 93^\circ 04'$	$92^\circ 49'$
$(110) : (20\bar{1})$	$66^\circ 08' - 66^\circ 18'$	$66^\circ 16'$
$(110) : (001)$	$75^\circ - 76^\circ$	$75^\circ 30'$

Изъ другихъ константъ отмѣтимъ: плавкость—2,5 (въ мутное, почти непрозрачное стекло); затемнѣніе съ вертикальною осью maximum  $25^\circ$ , на плоскости спайности  $\{110\} = 17^\circ - 18^\circ$ .

## 2. Леонгардитъ изъ Тотайкоя.

Въ сильно разрушенномъ эруптивѣ на границѣ усадьбы Тотайкой и деревни Эски-Орда былъ встрѣченъ *леонгардитъ двухъ типовъ*.

---

мыхъ минераловъ съ формами пироксеновъ, на что было обращено вниманіе впервые Негманномъ. Негманн. Untersuch. über Spodumene und Petalite. Bull. d. soc. d. Natur. de Moscou 1852. Vol. XXV, III, p. 338. О гипогексагональномъ характерѣ кристалловъ и о соотвѣтственной этому постановкѣ см. Федоровъ. Зап. Акад. Наукъ. Спб. 14, 1903, № 2, стр. 134. Относительно сходства кристаллическихъ ячеекъ ломонита и филипсита см. Streng. Ueber die Krystallform und die Zwillingsbild. d. Phillipsit. Neues Jahrb. f. Mineral. 1875, p. 592.

Къ первому относится леонгардитъ вторичнаго происхожденія, сильно разсыпавшійся въ сухомъ воздухѣ и мелкою пылью покрывающій разрушенныя скалы эрутива. Кристаллы не поддаются измѣренію; съ большей или меньшей очевидностью можно было констатировать слѣдующія формы:  $\{110\}^m$ ,  $\{201\}^o$  и  $\{010\}^g$ . Последняя форма является также направлениемъ спайности, что въ связи съ другими константами заставляетъ принимать минераль за параморфозу леонгардита по ломонтигу<sup>1)</sup>. Цвѣтъ минерала бѣлый или розоватый.

Гораздо интереснѣе второй типъ леонгардита; встрѣченный только въ этой мѣстности, онъ вмѣстѣ съ тѣмъ не находитъ себѣ аналогіи ни въ одномъ изъ извѣстныхъ мнѣ по литературѣ мѣсторожденій.

Небольшая трещина, шириной до 2 сантим., сплошь заполнена леонгардитомъ, делесситомъ и кальцитомъ. Большіе сферолиты леонгардита (величиной съ горошину) разбросаны въ основной массѣ зеленоватаго цвѣта. Эта масса при большихъ увеличеніяхъ подъ микроскопомъ распадается на тѣсный агрегатъ сферолитовъ *делессита*<sup>2)</sup>. Внѣшній микроскопическій характеръ этого агрегата въ значительной степени напоминаетъ извѣстное строеніе вавелита. Вся масса прорѣзывается жилками кальцита; отдѣльныя зерна его разбросаны между сферолитами и нерѣдко образуетъ ихъ центръ.

Что же касается до самого леонгардита, то онъ сохраняетъ

1) Строго говоря, терминъ «параморфоза» въ данномъ случаѣ не вполне правильно примѣненъ, см. далѣе стр. 144.

2) Отмѣчу попутно свойства этого минерала: сферолиты делессита отчетливо видны лишь при большихъ увеличеніяхъ. Затемниѣніе — прямое по отношенію къ длинной оси, совпадающей съ направлениемъ наименьшей упругости. Интенсивный плеохроизмъ: параллельно длинной оси — зеленовато-желтый до яблочнаго;  $\perp$  къ ней — желтоватый, почти безцвѣтный. Величина двойнаго преломленія незначительная, преломленіе слабое. Ср. Rosenbusch. Mikrosk. Physiogr. 1905, I, 2, p. 276. Делесситъ плавится (= 3,5) въ черную, слабо магнитную эмаль. Соляная кислота разлагаетъ минераль легко, выделяя слизистую  $\text{SiO}_2$ ; въ трубкѣ выделяетъ воду. Уд. вѣсъ около 2,8. Все это свойства типичнаго делессита. См. Hintze, l. c. 1897, II, p. 749, 750.

свой свѣжій характеръ и содержитъ небольшія включенія краснаго цвѣта, очевидно — гидратовъ окиси желѣза. Этотъ интересный примѣръ одновременной кристаллизаціи двухъ минераловъ въ формѣ сферолитовъ заслуживаетъ особаго вниманія, тѣмъ болѣе что общій характеръ генезиса исключаетъ возможность какихъ либо процессовъ гидротермальнаго типа. Мнѣ придется въ другомъ мѣстѣ подробнѣе остановиться на генезисѣ делессита и селадонита, связаннымъ съ явленіями жильнаго характера.

Леонгардитъ послѣдняго типа долженъ быть разсматриваемъ, какъ первичный.

### 3. Леонгардитъ изъ Курцовъ. Главная каменоломня<sup>1)</sup>.

Въ очень незначительныхъ количествахъ встрѣченъ былъ первичный леонгардитъ въ трещинахъ эруптива. Лучистые агрегаты кристалликовъ бѣлаго цвѣта не допускали точныхъ измѣреній, тѣмъ болѣе что кристаллы были сильно вытянуты по оси Z и сверху не были ограничены плоскостями.

Измѣренія зоны призмы трехъ кристалликовъ привели къ такимъ результатамъ:

	Колебанія.	Среднее.
(110) : (1 $\bar{1}$ 0)	92°18' — 92°55'	92°31'
(110) : (20 $\bar{1}$ ) <sup>2)</sup>	65°54' — 66°03'	65°58'.

Передъ паяльной трубкой минераль даетъ интенсивную желтую окраску Na.

Въ только что заложеной (въ 1907—1908 годахъ) нижней разработкѣ большой Курцовской каменоломни встрѣчается нынѣ въ довольно значительномъ количествѣ розовый первичный леонгардитъ. Тонкія трещины породы выстланы пленками кристаллическаго, изрѣдка лучистаго, леонгардита, сохраняющаго свою свѣжесть на воздухѣ и не рассыпающагося въ рукахъ. Середина

1) Ср. стр. 110, примѣчаніе 1.

2) Направленіе отдѣльности.

трещинъ обыкновенно занята прозрачнымъ кальцитомъ. Въ болѣе широкихъ трещинахъ наравнѣ съ указанными минералами встрѣчается и палыгорскитъ.

#### 4. Леонгардитъ изъ эруптива дер. Водракъ.

П. А. Двойченко встрѣтилъ въ «разрушенномъ мелафирѣ» сплошные массы — агрегаты кристалловъ бѣлаго леонгардита. Они характерны своей легкой рассыпчатостью и большимъ содержаніемъ щелочей, особенно Na<sup>1</sup>).

Очевидно, что въ этомъ мѣсторожденіи мы имѣемъ дѣло съ вторичнымъ леонгардитомъ.

#### 5. Леонгардитъ изъ Курцовъ. Сѣверная разработка.

Минералъ встрѣченъ мною какъ въ самомъ эруптивѣ, такъ и въ мелкозернистой сланцевой породѣ, залегающей между известнякомъ неокома и выходами порфирита<sup>2</sup>).

Въ сланцевой породѣ онъ сравнительно рѣдокъ, образуетъ лучистые агрегаты бѣлаго цвѣта, заполняя трещинки и жилки. Обыкновенно тѣсно связанъ съ кальцитомъ. Характерна часто наблюдающаяся изогнутость длинной оси кристалловъ, указывающая на явленія скольженія, аналогичныя тѣмъ, что были описаны на образцахъ изъ Эски-Орды (см. стр. 111).

---

1) Эти свѣдѣнія сообщены мнѣ были П. А. Двойченко, который передалъ въ Минералогическій кабинетъ Московскаго Университета прекрасный экземпляръ этого минерала изъ названнаго мѣсторожденія [см. колл. мѣсторожденій № 1333, LII]. Любопытно отмѣтить, что въ массѣ сплошнаго леонгардита были замѣчены кристаллики крайне незначительной величины какого-то цеолита, по всей вѣроятности филлипсита (можетъ быть вельсита).

2) Зайцевъ (I. с. стр. 152) относитъ изверженную породу къ кварцево-агитовому діориту. Само мѣстороженіе цеолитовъ и въ частности леонгардитъ указанный авторъ описываетъ такъ: «по лѣвую сторону небольшого ущелья, выходящаго къ балкѣ, по которой идетъ дорога (изъ Симферополя въ деревню Курцы. Примѣч. А. Ф.), ввидѣ корокъ и примазокъ на породѣ встрѣчаются цеолиты бѣлаго, мясо-краснаго, мѣстами кирпично-краснаго цвѣта, лучисто-жилковатаго сложенія, иногда друзы безцвѣтнаго цеолитнаго минерала».

Гораздо большаго интереса заслуживаетъ леонгардитъ въ эруптивѣ, гдѣ онъ встрѣченъ былъ въ большомъ количествѣ; генетически онъ связанъ съ поверхностными процессами разрушенія породъ или съ верхними частями жилъ гидротермальнаго характера<sup>1)</sup>. Обыкновенно леонгардитъ связанъ съ пренитомъ, но принадлежитъ къ гораздо болѣе поздней генерациі, чѣмъ послѣдній; между временемъ отложенія обоихъ минераловъ долженъ былъ протечь довольно большой промежутокъ времени, такъ какъ нерѣдко свѣжій ломонгитъ покрываетъ корочки пренита, совершенно перешедшаго въ селадонитъ. На другихъ образцахъ леонгардитъ покрываетъ кристаллики вельсита и кальцитъ второй генерациі<sup>2)</sup>.

Леонгардитъ образуетъ или сплошныя, листоватыя массы розоваго цвѣта или отдѣльные кристаллики, прекрасно образованные и допускающіе довольно точныя измѣренія. Кристаллы являютъ комбинацію формъ:  $\{110\}^m$ ,  $\{201\}^o$ ,  $\{010\}^b$  и вѣроятно  $\{001\}^c$ . Особеннаго развитія достигаетъ форма клинопинакоида, которая въ противоположность образцамъ другихъ мѣсторожденій, опредѣляетъ въ значительной степени внѣшній обликъ кристалловъ.

Измѣренія угловъ 12 кристалликовъ привели къ такимъ результатамъ:

	Колебанія.	Среднее.
(110) : (1 $\bar{1}$ 0)	92°18' — 92°45'	92°29'
(110) : (20 $\bar{1}$ )	65°50' — 66°15'	66°04'.

Изъ другихъ физическихъ свойствъ надо отмѣтить большую стойкость минерала по отношенію къ вывѣтриванію: минераль ни въ малѣйшей степени не обладаетъ способностью разсыпаться въ сухомъ воздухѣ и вообще можетъ считаться типическимъ представителемъ *первичнаго леонгардита*.

1) О цеолитахъ этихъ жилъ см. Fersmann, 1906, I. c., p. 573—575.

2) О послѣдовательности генерациі см. Fersmann, 1906, I. c., p. 573.

Ввиду этого являлось интереснымъ подвергнуть минераль *количественному анализу*.

Для анализа было употреблено чистое, свѣтло-розовое вещество съ листоватымъ строеніемъ, и съ характерной волнообразно искривленной спайностью. Удѣльный вѣсъ вещества, опредѣленный при помощи пикнометра, выразился въ слѣдующихъ числахъ:

Навѣска . . . . .	2,8010	2,8010	2,8472	2,8472
Температура . . . . .	12,4° С.	8,6° С.	16,1° С.	11,6° С.
Удѣльный вѣсъ . . . .	2,3094	2,3101	2,2992	2,3004.

П. п. тр. вещество плавится совершенно спокойно, или слегка пузырятся, въ почти прозрачное, слабо пузыристое стекло; при этомъ замѣтна интенсивная окраска пламени натріемъ. Соляной кислотой минераль легко разлагается, образуя совершенный студень.

Результаты количественныхъ опредѣленій сводятся къ слѣдующему:

Опредѣленіе окиси желѣза: 0,12; 0,11; 0,13%. Въ среднемъ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —0,12%<sup>1)</sup>.

Опредѣленія воды: минераль надъ сѣрной кислотой и въ термостатѣ при 110° С теряетъ 2,03% $\text{H}_2\text{O}$ . Потерянную воду легко впитываетъ на воздухѣ обратно.

Потеря при прокаливаніи — 13,36%.

Воды, поглощеніемъ трубками съ хлористымъ кальціемъ, — 13,41%; 13,44%. Въ среднемъ — 13,42% $\text{H}_2\text{O}$ .

Полный анализъ вещества:

---

1) Всѣ навѣски брались прямо на воздухѣ, безъ предварительнаго сушенія вещества при 110° С.

	1-ый анализъ.		2-ой анализъ.		Среднее.
Навѣска.	1,2097 gr.		1,0951 gr.		
H <sub>2</sub> O ниже 110° С.					2,03 <sup>1)</sup>
H <sub>2</sub> O выше 110° С.					11,39 <sup>1)</sup>
SiO <sub>2</sub>	51,01		50,88		50,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,28		22,32		22,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					0,12 <sup>1)</sup>
CaO	7,58		7,72		7,65
K <sub>2</sub> O	3,98 <sup>2)</sup>	4,03	4,01	—	4,01
Na <sub>2</sub> O	2,13	2,05	2,00	—	2,06
Сумма.					100,50

**6. Ломонтитъ изъ Петропавловки (правый склонъ долины).**

Сильно разрушенная порода (съ миндалевиднымъ строеніемъ) вся переполнена ломонтитомъ. Послѣдній обыкновенно очень сильно разсыпается на воздухъ и вообще носить типичныя черты настоящаго ломонтита. Сопровождающіе минералы: кварцъ, кальцитъ и манганитъ; послѣдній образуетъ нѣжныя пленки и дендриты.

Ломонтитъ представляетъ сплошные агрегаты нерѣдко съ лучистымъ строеніемъ; отличается розовымъ цвѣтомъ, переходя-

1) Среднее изъ приведенныхъ на стр. 116 аналитическихъ данныхъ.

2) Въ первомъ столбцѣ помѣщены цифры щелочей, полученныя путемъ непрямого опредѣленія, по суммѣ сѣрнокислыхъ и хлористыхъ солей. Во второмъ столбцѣ — цифры, опредѣленныя при помощи осажденія К въ видѣ хлороплатината.



щимъ въ кирпично-красный, что обусловливается ббльшимъ или мбньшимъ содержаніемъ включеній гидрата окиси желѣза. Кристалликовъ минерала не наблюдалось.

7. Леонгардитъ изъ Петропавловки (лѣвый склонъ долины, у деревни).

По богатству это мѣсторожденіе заслуживаетъ особаго вниманія. Первичный леонгардитъ былъ встрѣченъ въ слѣдующихъ четырехъ типахъ.

а. Нѣжно-розовые кристаллы вмѣстѣ съ халцедономъ и кварцемъ. Нѣкоторые кристаллики (форма  $\{110\}^m$  безъ конечныхъ плоскостей) были заключены въ кристаллическій кварцъ. Иногда леонгардитъ выстилаетъ полости жеодъ и пустотъ породы и въ такомъ случаѣ покрываетъ сверху корочкой халцедона. Послѣдній всегда образуетъ самую позднюю генерацию. Розовая окраска, аналогично леонгардиту изъ Чешмеджи (см. далѣе стр. 121), объясняется включеніемъ желѣзистыхъ зеренъ, расположенныхъ группами по плоскостямъ отдѣльности  $\{201\}$ .

б. Сплошныя массы на пренитѣ. Этотъ типъ вполне аналогиченъ тому, что описанъ (и анализированъ) изъ Сѣверной каменоломни Курцовъ (см. стр. 114—117).

в. Розовые лучистые агрегаты кристалловъ; они образуютъ красивыя звѣзды, выстилающія полости трещинъ. Въ болѣе тонкихъ трещинахъ структура этихъ звѣздъ напоминаетъ строеніе вавеллита, въ болѣе широкихъ — лучи разныхъ звѣздъ переплетаются между собой. Леонгардитъ этого типа отличается большимъ содержаніемъ щелочей, благодаря чему плавится въ почти прозрачное стекло.

г. Въ другихъ трещинахъ леонгардитъ носитъ нѣсколько иной характеръ. Онъ образуетъ сплошныя агрегаты кристалловъ безъ ясныхъ плоскостей ограниченія. Цвѣтъ минерала бѣлый; на плоскостяхъ спайности — характерный перламутровый блескъ. Минералъ плавится въ мутное, почти молочное стекло и содержитъ относительно меньшее количество щелочей, чѣмъ въ

другихъ мѣсторожденіяхъ. Затемнѣніе на плоскости спайности {110} съ вертикальной осью  $17^{\circ}$ — $18^{\circ}$ .

Всѣ эти четыре типа характеризуются въ большей или меньшей степени выраженнымъ свойствомъ не распадаться и не рассыпаться въ сухомъ воздухѣ.

#### 8. Леонгардитъ изъ Чешмеджи.

Это мѣсторожденіе отличается отъ другихъ не только по величинѣ встрѣчаемыхъ въ немъ кристалловъ, но и по особенностямъ генезиса <sup>1)</sup>.

Приходится отмѣтить два типа, связанныхъ генетически съ процессами разнаго характера:

а. Леонгардитъ встрѣченъ въ шлирахъ эруптива, на мѣстѣ порфирически выдѣлившихся полевыхъ шпатовъ; несомнѣнно, что мы въ этомъ случаѣ имѣемъ дѣло съ псевдоморфозами леонгардита по полевому шпату <sup>2)</sup>.

б. Гораздо интереснѣе генезисъ первичнаго леонгардита другого типа; онъ связанъ съ включеніями обломковъ известняка въ эруптивъ.

Эти включения крупнозернистаго метаморфозированнаго известняка содержатъ значительное количество различныхъ минераловъ <sup>3)</sup> контактнаго происхожденія, и среди нихъ главную роль играетъ чистый, прозрачный кальцитъ и розовый или кирпично-красный леонгардитъ. Послѣдній встрѣчается не только въ массѣ самого известняка, но и въ окружающихъ частяхъ эндоморфозированной эруптивной породы <sup>4)</sup>.

---

1) Посѣщеніе мѣсторожденія леонгардита Чешмеджи въ концѣ 1908 года не дало никакихъ новыхъ результатовъ, такъ какъ работы въ каменоломнѣ прекратились. Ввиду этого, въ настоящее время это мѣсторожденіе должно считаться исчерпаннымъ.

2) Ср. наблюденія Rimatori. Zeitschr. f. Kryst. B. 40, p. 93. Elterlein. Ein neues Tiroler Kalksp. Vork. Zeit. f. Kryst. B. 17, 1889, p. 282.

3) Ферсманъ, l. c. 1907, стр. 260, и сноска 1 на той же страницѣ.

4) Такой способъ образованія леонгардита, насколько мнѣ извѣстно изъ литературы, не былъ еще нигдѣ встрѣченъ. Вообще же извѣстны аналогичныя образованія другихъ цеолитовъ. Lascoix, l. c., p. 284, 347 (апофиллитъ въ

Любопытный образец былъ встрѣченъ мною осенью 1908 г.: образование леонгардита настолько тѣсно связано было съ послѣдними фазами застыванія эруптива, что въ одной шпирѣ наблюдалась даже *одновременная кристаллизациа* леонгардита и роговой обманки<sup>1)</sup>. Это явленіе привело къ образованію сложной пойкилитической структуры названныхъ двухъ минераловъ. Мы встрѣчаемся здѣсь съ крайне любопытнымъ (съ точки зрѣнія генезиса) фактомъ, указывающимъ на отсутствіе рѣзкихъ границъ между отдѣльными фазами застыванія эруптива и послѣдующихъ процессовъ гидротермальнаго или пневматолитическаго (контактнаго) характера. Съ другой стороны это явленіе указываетъ на возможность образованія, а также и устойчивость леонгардита, при сравнительно высокихъ температурахъ.

Леонгардитъ образуетъ ясно выраженные кристаллы значительной величины (длиной по оси Z до 1,5 сант.) или встрѣчается въ сплошныхъ массахъ красиваго пѣжно-розоваго цвѣта, легко раскалывающихся по направлѣніямъ спайности и отдѣльности:  $\{110\}^m$  и  $\{201\}^o$ . При этомъ, однако, минераль *не разсыпается*, а образуетъ правильные параллелепипеды.

Далеко не точныя измѣренія этихъ спайныхъ осколковъ привели къ слѣдующимъ результатамъ:

	Колебанія.	Среднее.
$(110) : (1\bar{1}0)$	$92^{\circ}22' — 92^{\circ}42'$	$92^{\circ}32'$
$(110) : (20\bar{1})$	$65^{\circ}30' — 66^{\circ}30'$	$66^{\circ}00'$

На образцахъ изъ этого мѣсторожденія могъ быть легко изученъ характеръ «спайности» по  $\{201\}^o$ ; она носитъ всѣ при-

---

пеперинѣ Puu de Dôme). *Gentil. Bull. d. soc. minér. d. France. 1897, 20, p. 210—219.* (Цеолиты въ долеритѣ Cap Djinet въ Алжирѣ). *Cognu. Tscherm. Min. Petr. Mitth. 1905, 24, p. 143* (натролитъ въ базальтѣ Jakuben въ Богеміи) и др.

1) Относительно роговой обманки см. Ферсманъ. Къ минералог. Симфероп. уѣзда, 1907, I. с., стр. 253.

знаки *отдѣльности* (а не спайности), и въ близкой степени отвѣчаетъ *отдѣльности* по {001} у діаллага. Это явленіе тѣмъ болѣе любопытно, что минералы группы ломонита обладаютъ очень близкими кристаллическими ячейками съ пироксенами<sup>1)</sup>.

Минераль легко *плавится* въ полупрозрачное (иногда даже молочное) стекло, интенсивно окрашивая пламя бунзеновской горѣлки натріемъ и кальціемъ. Плавк. 1,5 — 2. Твердость 2,5 — 3.

Опредѣленіе *удѣльнаго вѣса* при помощи пикнометра привело къ такимъ результатамъ:

Навѣска . . . . .	1,6579	2,4658	2,3976
Температура опредѣленія . . .	18,6°С	16,0°С	14,0°С
Удѣльный вѣсъ . . . . .	2,3134	2,3214	2,3172

Изъ *оптическихъ свойствъ* надо отмѣтить величину угла между осью наибольшей упругости и вертикальной осью *c*: она оказалась равной 70°<sup>2)</sup>.

Интенсивный *розовый цвѣтъ* минерала объясняется небольшими включениями гидратовъ окиси желѣза ввидѣ зеренъ неправильной формы, расположенныхъ параллельными зонами по направлению *отдѣльности* {201}. Любопытно отмѣтить, что при осторожной обработкѣ минерала слабыми кислотами, эти включения остаются при кремнекислотѣ и окрашиваютъ ее въ розовый цвѣтъ; однако достаточно непродолжительнаго кипяченія, чтобы они перешли въ растворъ, окрасивъ его въ желтый цвѣтъ (хлорнаго желѣза).

Вообще надо отмѣтить легкую разлагаемость минерала соляной кислотой съ образованіемъ совершеннаго студня.

Ввиду чистоты и обилія матеріала былъ предпринятъ *количественный анализъ* леонгардита описываемаго мѣсторожденія.

1) Hermann, l. c. см. стр. 111.

2) По Des-Cloizeaux (Man. d. minér. 1862, p. 403) этотъ уголь у ломонита колеблется въ предѣлахъ 65°—70°.

Минераль при  $110^{\circ}\text{C}$  теряет слѣдующія количества воды:

1,96; 1,84; 1,96; 1,99; 1,97; 2,05; въ среднемъ 1,96%  $\text{H}_2\text{O}$ <sup>1)</sup>.

При  $125^{\circ}\text{C}$  минераль теряетъ дополнительно 0,36%  $\text{H}_2\text{O}$ ; при  $150^{\circ}\text{C}$  — еще 1,22%.

При прокаливаніи количество выдѣляемой воды опредѣлилось (путемъ поглощенія воды хлористымъ кальціемъ) въ:

11,16; 11,13; 11,14; въ среднемъ 11,14%  $\text{H}_2\text{O}$ .

Общая потеря въ вѣсѣ при прокаливаніи выразилась почти тѣмъ же числомъ: 11,32.

При сушеніи минерала надъ крупкою сѣрной кислотой выяснилось, что 1,35%  $\text{H}_2\text{O}$  (1,33 — 1,36) выдѣляются очень легко, и черезъ двѣ, три недѣли вѣсѣ вещества кажется установившимся, однако при дальнѣйшемъ сушеніи (до 6 мѣсяцевъ) потеря постепенно увеличивается до цифры 1,97 (вср. 1,99), что вполне отвѣчаетъ тому количеству воды, которое выдѣляется при  $110^{\circ}\text{C}$ .

Подъ колоколомъ воздушнаго насоса минераль легко теряетъ въ вѣсѣ около 1,00%, что въ связи съ опредѣленіями, сдѣланными въ эксикаторѣ, показываетъ, что около одного процента воды связаны съ частицей вещества гораздо менѣе прочно, чѣмъ остальные.

Въ атмосферѣ, насыщенной парами воды, минераль быстро впитываетъ 2,10 — 2,21%  $\text{H}_2\text{O}$  (т. е. превращается въ ломонитъ), однако на воздухѣ легко снова ихъ теряетъ, уже по прошествіи 6 часовъ.

Остальные количественныя опредѣленія сведены въ слѣдующей таблицѣ:

---

1) Всѣ навѣски брались непосредственно на воздухѣ (ср. стр. 116 примѣч.).

	1-ый ана- лизъ.	2-ой ана- лизъ.	3-ий ана- лизъ.	Среднее.
Навѣска.	0,7058 гр.	1,0050 гр.	1,2552 гр.	
H <sub>2</sub> O при 110° С.				1,96 <sup>1)</sup>
H <sub>2</sub> O выше 110° С.				11,14 <sup>1)</sup>
SiO <sub>2</sub>	51,37	51,35	51,19	51,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,01	21,10	20,92	21,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,55 <sup>1)</sup>
CaO	7,66	7,48	7,62	7,58
MgO	0,26	0,15	0,17	0,19
K <sub>2</sub> O <sup>2)</sup>	3,82	4,03	4,12	4,02
Na <sub>2</sub> O <sup>2)</sup>	2,84	2,96	2,89	2,90
Сумма.				100,65

4.

**Общая характеристика леонгардита и ломонтита изъ окрестностей Симферополя.**

Перехожу къ нѣкоторымъ общимъ выводамъ, вытекающимъ изъ изслѣдованія леонгардита и ломонтита изъ окрестностей Симферополя.

1) Среднiя изъ приведенныхъ въ текстѣ анализовъ (см. стр. 122).

2) Щелочи опредѣлены непрямымъ способомъ, по суммѣ хлористыхъ и сѣрникоислыхъ солей и по сѣрникоислымъ солямъ и барію.

1. Въ большинствѣ мѣсторожденій встрѣченъ первичный леонгардитъ, и лишь въ сравнительно немногихъ — ломонтитъ и параморфоза перваго по послѣднему. Въ связи съ этимъ стоитъ и то явленіе, что въ большинствѣ мѣстностей не наблюдается вывѣтриванія и разсыпанія минерала въ пыль.

2. Для леонгардита болѣе характерна (хотя и непостоянна) розовая окраска, связанная съ желѣзистыми включеніями.

3. Въ кристаллахъ леонгардита наблюдается спайность по  $\{110\}^m$  и отдѣльность по  $\{201\}^e$ . Для кристалловъ ломонтита и вторичнаго леонгардита характерно присутствіе кромѣ того хорошо выраженной спайности по  $\{010\}^b$ .

4. Измѣренія кристалловъ и спайныхъ обломковъ леонгардита, несмотря на несовершенство кристалловъ и большое различіе въ внѣшнихъ признакахъ образцовъ нѣкоторыхъ мѣсторожденій, приводятъ къ довольно опредѣленнымъ результатамъ, сведеннымъ на слѣдующей таблицѣ:

	1 1)	3	5	8	Среднее.	Miller.
(110) : (110)	92°49'	92°31'	92°29'	92°32'	92°35'	93°44'
(110) : (201)	66°16'	65°58'	66°04'	66°00'	66°04'	66°30'
(110) : (001)	75°30'	—	—	—	75°30'	75°40'

Въ послѣднемъ столбцѣ приведены для сравненія величины угловъ для ломонтита согласно измѣреніямъ Miller'a<sup>2)</sup>. О величинѣ угловъ леонгардита другихъ мѣсторожденій см. далѣе стр. 146, 131<sup>3)</sup>.

1) Цифры этого ряда указываютъ на соотвѣтственные мѣсторожденія въ текстѣ.

2) См. Phillips. Mineralogy, 1852, p. 452.

3) Измѣреніе Blum'a (см. далѣе) дали для угла  $\{110\} : \{110\}$  уголъ 96°30', но такъ какъ измѣренія были произведены надъ вторичнымъ леонгардитомъ,

Что же касается до кристалловъ ломонтита изъ окрестностей Симферополя, то они, къ сожалѣнію, не допускали сколько-нибудь точныхъ измѣреній.

5. Удѣльные вѣса, опредѣленные для образцовъ изъ двухъ мѣсторожденій, дали близкія между собой числа.

Леонгардитъ изъ Курцовъ—уд. вѣсъ въ среднемъ: 2,3048.

Леонгардитъ изъ Чешмеджи—уд. вѣсъ въ среднемъ: 2,3173.

Нѣсколько большій удѣльный вѣсъ второго объясняется присутствіемъ желѣзистыхъ включеній.

6. Изъ другихъ физическихъ свойствъ приходится еще отмѣтить отношеніе леонгардита къ паяльной трубкѣ. Образцы всѣхъ мѣсторожденій минерала окрашиваютъ пламя бунзеновской горѣлки п. п. тр. въ интенсивный цвѣтъ щелочей, причемъ цвѣтъ Na маскируетъ окраску кальція и калия. Въ этомъ заключается единственное отличіе отъ того отношенія къ паяльной трубкѣ, которое было установлено Goldschmidt'омъ<sup>1)</sup> для ломонтита большинства мѣсторожденій: минералъ спокойно плавится въ слабо пузыристое стекло, которое по мѣрѣ нагрѣванія теряетъ свой молочный видъ и становится почти безцвѣтнымъ. Интереснымъ, однако, явилось то обстоятельство, что прозрачность этого шарика находится въ прямой зависимости отъ содержанія щелочей и увеличивается съ ихъ увеличеніемъ; такимъ образомъ здѣсь наблюдается явленіе аналогичное тому, что столь характерно для группы натролита, мезолита и сколецита.

7. Переходя къ химическимъ свойствамъ леонгардита, мы прежде всего должны отмѣтить постоянное содержаніе щелочей. Это свойство, столь характерное вообще для всѣхъ первичныхъ и отчасти вторичныхъ леонгардитовъ, нашло себѣ подтвержденіе въ двухъ количественныхъ анализахъ.

---

то очевидно величина этого угла должна быть относима къ ломонтиту, а не къ леонгардиту. Строго говоря, для леонгардита мы до сихъ поръ не имѣли точныхъ измѣреній.

1) V. Goldschmidt. Zeitschr. f. anal. Chemie. 17, 1878, p. 271; Ref. Zeitschr. f. Krystall. IX, 1884. p. 574.



Расчисляя анализы на количество молекулъ, мы получаемъ цифры, сведенныя въ нижеслѣдующей табличкѣ: въ первомъ столбцѣ отмѣчены результаты перечисленія анализовъ леонгардита изъ Курцовъ, во второмъ—изъ Чешмеджи, въ третьемъ—теоретическія соотношенія согласно вѣроятной формулѣ леонгардита. —  $(Ca, K_2, Na_2)_2Al_4Si_8O_{24} \cdot 7H_2O$ . При перечисленіи, незначительное количество  $Fe_2O_3$ , входящее въ составъ минерала въ качествѣ посторонней примѣси, не было принято во вниманіе.

	I	II	теорет.	
SiO <sub>2</sub>	7,73	8,26	8	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	2	2	
CaO	1,25	1,35 <sup>1)</sup>	}	
K <sub>2</sub> O	0,39	0,41		} 2,16
Na <sub>2</sub> O	0,31	0,40		
H <sub>2</sub> O при 110° С.	1,03	1,05	} 7,06	
H <sub>2</sub> O выше 110° С.	5,79	6,01		} 7

Особенно любопытнымъ является количество щелочей и кальція, выражаемое въ обоихъ мѣсторожденіяхъ почти одними и тѣми же числами.

8. Въ частности, относительно воды леонгардита необходимо сдѣлать нѣсколько замѣчаній:

При 110° С леонгардитъ отдаетъ точно одну частицу воды и при этой температурѣ сравнивается по своему химическому составу съ нормальнымъ ломонтитомъ. Любопытно однако, что и въ предѣлахъ этой одной частицы воды, часть ея (приблизительно половина) связана съ веществомъ менѣе прочно, чѣмъ другая. Повидимому, изъ этого можно сдѣлать тотъ выводъ, что частица

1) Въ томъ числѣ и 0,04 MgO.

леонгардита болѣе сложнаго состава, чѣмъ это выражается выше-приведенной формулой.

Необходимо далѣе отмѣтить, что путемъ поглощенія минераломъ одной частицы воды удалось искусственнымъ путемъ перейти къ составу, отвѣчающему нормальному ломонтиту.

9. На основаніи этихъ данныхъ является возможнымъ нѣсколько ближе подойти къ вопросу о *соотношеніи леонгардита и ломонтита*. Эта теоретическая часть работы составитъ предметъ изложенія слѣдующихъ трехъ главъ.

## 5.

### Цеолиты и группа ломонтита <sup>1)</sup>.

1. Группа ломонтита является группой искусственной, такъ какъ объединяетъ цѣлый рядъ разнородныхъ минеральныхъ видовъ, какъ-то, ломонтитъ, леонгардитъ, капорціанитъ, эдельфорситъ, лобанитъ, элагитъ и др. Хотя эти минералы по отношенію къ нѣкоторымъ свойствамъ очень близки или даже тождественны между собой, тѣмъ не менѣе по отношенію къ другимъ ихъ различіе выступаетъ настолько рѣзко, что объединеніе такихъ разнородныхъ видовъ въ общую группу ломонтита врядъ-ли можетъ найти достаточно основаній.

Установленіе самостоятельныхъ разностей и раздѣленіе группы на основаніи точныхъ критеріевъ встрѣчаетъ однако

---

1) Въ этой главѣ я далекъ отъ мысли дать сколько-нибудь полную характеристику *диссоціаціонныхъ системъ цеолитовъ*; мнѣ приходится лишь подчеркивать тѣ или иные свойства ихъ, стоящія въ связи съ явленіями твердыхъ растворовъ, и подробнѣе останавливаться именно на тѣхъ изъ нихъ, выясненіе которыхъ важно для *характеристики ломонтита и леонгардита*. Отмѣчая, такимъ образомъ, нѣкоторыя явленія, общія всѣмъ цеолитамъ, я не могу въ этой специальной работѣ касаться также и литературной стороны того или иного вопроса. Такъ напр., мнѣ почти не придется говорить о характерѣ цеолитной воды и обширной литературы по этому вопросу.

дальнѣйшія затрудненія въ общихъ свойствахъ всѣхъ цеолитовъ<sup>1)</sup>.

2. Всякій минеральный видъ характеризуется опредѣленнымъ комплексомъ физикохимическихъ свойствъ, тѣсно связанныхъ между собой общей функціональной зависимостью. Чѣмъ точнѣе извѣстна природа минеральнаго вида, чѣмъ большее количество свойствъ его можетъ быть выражено точными математическими выраженіями, тѣмъ опредѣленнѣе его положеніе въ системѣ, и тѣмъ легче установить его соотношенія съ другими близкими минеральными видами. А между тѣмъ въ группѣ цеолитовъ мы встрѣчаемся съ особенно рѣзко выраженнымъ *непостоянствомъ* физическихъ и геометрическихъ константъ. Это явленіе тѣмъ болѣе заслуживаетъ вниманія, что цеолиты обладаютъ въ высокой степени способностью къ образованію хорошихъ кристалловъ, и, благодаря этому, ихъ химическая и физическая однородность является обыкновенно очевидной. Хотя колебанія въ константахъ являются иногда довольно значительными, тѣмъ не менѣе мы не имѣемъ въ настоящее время ни одного точнаго изслѣдованія о тѣхъ *предѣлахъ*, въ которыхъ колеблются математическія выраженія этихъ свойствъ<sup>2)</sup>. Благодаря этому въ нѣкоторыхъ случаяхъ мы не обладаемъ достаточнымъ критеріемъ для отличія отдѣльныхъ минеральныхъ видовъ. Установленіе такого критерія возможно лишь въ томъ случаѣ, если удастся выяснитъ *причины* такихъ колебаній въ константахъ.

3. Непостоянство свойствъ и особенно колебанія кристаллографическихъ постоянныхъ находятся въ связи съ тѣми явленіями деформаций кристаллической сѣтки, которыя свойственны всѣмъ видамъ твердыхъ растворовъ<sup>3)</sup>. Цеолиты при каждой тем-

---

1) Нѣсколько мыслей по вопросу о систематикѣ цеолитовъ см. Gonnard. Bull. soc. minér. de France. 29, 1906, p. 290.

2) Попытка экспериментальнаго изслѣдованія этого вопроса будетъ дана въ третьемъ выпускѣ настоящей работы.

3) Сравни A. Johnsen. N. Jahrb. f. Min. 1903, II, p. 131, 133. См. также Doelter. Physik. Chem. Mineral. 1905. Leipzig, p. 81. Любопытно отмѣтить,

пературѣ являются гомогенными фазами, и ихъ свойства суть функции термодинамическихъ условій<sup>1)</sup>. Кристаллическая сѣтка находится въ той же зависимости отъ этихъ условій, и ея измѣненія носятъ характеръ тѣхъ гомогенныхъ деформаций, которыя испытываетъ, напримѣръ, кристаллическая ячейка при вхожденіи въ изоморфную смѣсь<sup>1)</sup>. Въ этомъ отношеніи цеолиты аналогичны среднимъ членамъ изоморфныхъ рядовъ, гдѣ нѣкоторая неустойчивость сѣтки выражается въ цѣломъ рядѣ явленій<sup>3)</sup>. Я не буду здѣсь останавливаться долго на этомъ вопросѣ, открывающемъ обширную область для экспериментальныхъ изслѣдованій, укажу лишь, что эта аналогія явленій (связанная, очевидно, съ тождествомъ причины) особенно рѣзко сказывается въ характерѣ поверхностей кристалловъ. Эти поверхности у цеолитовъ слагаются изъ отдѣльныхъ самостоятельныхъ вицинальныхъ площадокъ, въ совокупности замѣняющихъ теоретическое положеніе однородной плоскости. Онѣ не подчиняются ни законамъ симметріи, ни закону гармоническихъ отношеній, ни закону компликации. Ни въ одной другой группѣ минераловъ мы не встрѣчаемся съ столь рѣзко выраженнымъ явленіемъ неустойчивой вицинальности<sup>4)</sup>. Совершенно аналогичное явленіе встрѣчаемъ мы въ малоустойчивыхъ формахъ изоморфныхъ смѣсей, т. е. именно въ тѣхъ членахъ,

---

что подобный взглядъ былъ высказанъ еще Fock'омъ. Fock. Einl. in d. chem. Krystall. Leipzig. 1888, стр. 84.

1) Таковъ выводъ, который слѣдуетъ сдѣлать изъ работъ Friedel'я, Tamann'a, Rinne и, отчасти, Sommerfeldt'a. см. Doelter l. c., p. 176. Johnsen, l. c., p. 132.

2) Ср. взгляды Groth'a и Gossner'a на эти явленія. Gossner. Beiträge zur Kenntniss d. Isomorphie. Zeit. f. Kryst. XLIV, 1908, p. 99—101.

3) См. Gossner, l. c., p. 81—83. Groth. Einl. in d. chem. Kryst. 1904. Leipzig, p. 66—67. См. также. Arzruni. Physik. Chemie d. Kryst. Braunsch. 1893 p. 168, 169. Wallerant. Crystallogr. Paris. 1909. p. 383, 390. Наравнѣ съ явленіемъ вицинальныхъ граней стоитъ и уменьшеніе величины кристалловъ изоморфныхъ смѣсей въ среднихъ членахъ рядовъ. См. Wugouboff. Bull. soc. min. de France. 2. 1879. p. 97. Retgers. Zeit. f. phys. Chemie. 1894. XV. p. 556, 557 и примѣчаніе на послѣдней страницѣ.

4) Впрочемъ, въ нѣкоторыхъ природныхъ группахъ изоморфныхъ смѣсей наблюдается аналогичное явленіе, напр. въ плагіоклазахъ,

гдѣ ни одинъ изъ входящихъ компонентовъ не является доминирующимъ, и гдѣ обѣ кристаллическія сѣтки въ равной степени подвергаются гомогенной деформациі<sup>1)</sup>.

Этотъ особенный характеръ площадокъ до настоящаго времени не нашелъ себѣ достаточно точныхъ изслѣдованій. Болѣе того, онъ не былъ отмѣченъ до сихъ поръ, какъ особый типъ плоскостей, ни однимъ изслѣдователемъ, такъ какъ вицинальныя плоскости цеолитовъ и неустойчивыхъ членовъ изоморфныхъ смѣсей не могутъ быть отождествляемы ни съ *Uebergangsflächen* Scharf'a<sup>2)</sup>; ни съ «*krumme Flächen (Uebergangsflächen)*» Goldschmidt'a<sup>3)</sup>, ни съ *викарирующими плоскостями* Федорова<sup>4)</sup>, ни съ однимъ изъ видовъ *Notflächen* Becke<sup>5)</sup>. Въ нихъ находятъ себѣ вышшее выраженіе тѣ внутреннія деформациі кристаллической структуры, которыя свойственны нѣкоторымъ видамъ твердыхъ растворовъ<sup>6)</sup>.

---

1) Съ усовершенствованіемъ методовъ кристаллографическаго изслѣдованія измѣнился и взглядъ на аддитивность нѣкоторыхъ свойствъ въ изоморфныхъ смѣсляхъ. Одновременно съ этимъ былъ отмѣченъ и тотъ своеобразный характеръ плоскостей, который свойственъ нѣкоторымъ членамъ этихъ рядовъ. Groth. Poggend. Annalen. 1868. B. 133, p. 193. Barker. Zeit. f. Kryst. 1907, 43, p. 529. Gossner. Z. f. Kryst. 1908, 45, p. 23—24, 82—83. См. также Doelter, l. c., p. 58. Последний говоритъ: «oft sind die Mischkrystalle nur Aggregate, oder sie zeigen, wie bei den Karbonaten, Krümmungen; sie können oft auch Störungen in der Krystallisation zeigen». Groth. Einleit. Kryst. l. c., p. 66—67. См. также прим. 3, на стр. 129.

2) Scharf. См. въ работѣ Becke. l. c. p. 406, 412.

3) Goldschmidt. Ueber krumme Flächen. Z. f. Kryst. 26, 1896, p. 1.

4) Федоровъ. Курсъ кристаллографіи, Спб. 1901, стр. 284—285. Сюда же относятся всѣ работы о скучиваніи индивидуумовъ и о гипопараллельномъ сростаніи субиндивидуумовъ, см. Sadebeck, Карножицкій, Ерофѣевъ, Федоровъ.

5) Becke. Ueber krumme Flächen. Tschemm. Min. Petr. Mittheil. 1908, p. 403—412.

6) Любопытно отмѣтить, что этотъ характеръ граней особенно рѣзко сказывается въ тѣхъ цеолитахъ, которые являются не только твердыми растворами силиката и воды, но и еще болѣе сложными изоморфными смѣсями алюмосиликатовъ нѣсколькихъ типовъ (группа шабазита и филлипсита). Интересно далѣе отмѣтить, что именно цеолиты второго типа (гейландитъ, десминъ, бревстеритъ, гармотомъ) обладаютъ особаго рода «кристаллическимъ» строеніемъ кремнекислоты (при выдѣленіи ея кислотами), тогда какъ всѣ остальные выдѣляютъ кремнекислоту «коллоидальнаго» типа. Къ послѣднимъ относится и

4. Мнѣ пришлось нѣсколько подробно остановиться на этомъ вопросѣ, такъ какъ въ немъ заключается *первая и наиболее важная* причина неустойчивости кристаллографическихъ константъ цеолитовъ. Эта причина, какъ уже было раньше указано, ведетъ къ цѣлому ряду затрудненій при систематизированіи минераловъ этой группы.

Въ частности въ группѣ ломонтита колебанія въ величинахъ угловъ благодаря вициальности градей очень значительны и, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при самыхъ добросовѣстныхъ измѣреніяхъ достигаютъ почти одного градуса. Кристаллическія сѣтки леонгардита и ломонтита настолько близки между собой, что отлчіе ихъ на основаніи одного кристаллографическаго измѣренія является крайне затруднительнымъ. Тѣмъ не менѣе въ главѣ 4 мною были установлены приблизительныя цифры угловъ леонгардита, а изъ таблицы на стр. 124 является возможнымъ вывести тѣ предѣлы, въ которыхъ колеблются эти углы у изслѣдуемыхъ видовъ. Къ сожалѣнію, въ литературѣ почти не имѣется точныхъ измѣреній ломонтитовъ и леонгардитовъ, и потому полученныя мною данныя нуждаются въ дальнѣйшемъ подтвержденіи и экспериментальной разработкѣ.

5. *Вторая* причина, вызывающая непостоянство константъ цеолитовъ связана съ тѣми же явленіями неустойчивости кристаллическихъ сѣтокъ и заключается въ сложномъ двойниковомъ строеніи, свойственномъ большинству изъ нихъ.

Цеолиты по большей части кристаллическія собранія; свойства ихъ кристалловъ — суммарныя свойства отдѣльныхъ индивидуумовъ, входящихъ въ составъ этихъ сложныхъ сростковъ<sup>1)</sup>. Не трудно видѣть, что такія суммарныя свойства зависятъ отъ пре-

---

ломонтитъ (геср. леонгардитъ), что и является нѣкоторымъ подтвержденіемъ того взгляда, что ломонтитъ не можетъ быть рассматриваемъ, какъ изоморфная смѣсь двухъ силикатовъ полевошпатоваго типа (см. далѣе, стр. 134), ср. Rinne. Centralbl. f. Min. 1901, p. 600; 1902, p. 594.

1) Ср. V. Goldschmidt. Ueber Composite, Composit- Zwillinge und Viellinge. Zeit. f. Kryst. XLIII, 1907, p. 347. Понятіе кристаллическихъ собраній и композитовъ отвѣчаетъ термину Mallard'a «assemblages cristallins».

обладанія того или иного слагаемаго и, благодаря этому, не могут быть выражены вполне опредѣленными величинами.

Эта вторая причина въ свою очередь влѣяетъ на сложность систематизаціи цеолитовъ, затрудняя точное опредѣленіе минеральныхъ видовъ. Впрочемъ, въ группѣ ломонтита намъ не приходится встрѣчаться съ этимъ явленіемъ.

6. Мы переходимъ теперь къ вопросамъ *химической структуры* цеолитовъ и прежде всего должны отмѣтить тѣ соотношенія, которыя наблюдаются между химическимъ составомъ и кристаллической формой. Въ группѣ ломонтита и шабазита особенно рѣзко выступаетъ своеобразная способность цеолитовъ къ образованію при тождественной или близкой химической формулѣ кристалловъ съ близкой, но не тождественной кристаллической ячейкой. Ни въ одной группѣ минераловъ не наблюдается столь ясно выраженныхъ *морфотропическихъ соотношеній*, какъ въ группѣ цеолитовъ. Намъ приходится остановиться на этомъ вопросѣ, такъ какъ онъ особенно важенъ для правильнаго пониманія соотношеній между леонгардитомъ и ломонтитомъ. Съ другой стороны, этотъ вопросъ приводитъ и въ другихъ группахъ цеолитовъ къ правильному установленію самостоятельныхъ минеральныхъ видовъ.

7. Въ этомъ отношеніи особенно поучительнымъ является примѣръ шабазита, факолита и левина съ одной стороны, и шабазита и гмелинита съ другой. Въ растворахъ, гдѣ преобладаютъ соли Са надъ солями Na и K, устойчивой формой является шабазитъ, тогда какъ избытокъ щелочей приводитъ къ образованію гмелинита. Входя въ составъ послѣдняго минерала, щелочи видоизмѣняютъ его кристаллическую ячейку, но измѣненіе это настолько незначительно, что общій кристаллографическій характеръ мало измѣняется. Мы имѣемъ здѣсь дѣло съ явленіемъ, аналогичнымъ явленіямъ морфотропіи и, согласно взглядамъ Groth'a и Gossner'a<sup>1)</sup>, видимъ въ этомъ съ точки зрѣнія кристаллической

1) Groth. Einleit. in d. chem. Krystall. Leipzig. 1904, p. 1—10. Gossner. Beiträge z. Kenntniss d. Isomorph. Zeit. f. Kryst. Leipzig. 1908, p. 92—102.

структуры — одинъ изъ видовъ гомогенной деформаци кристаллической сѣтки. Во всякомъ случаѣ, шабазитъ и гмелинитъ должны быть разсматриваемы какъ двѣ разности, устойчивыя при опредѣленныхъ условіяхъ раствора<sup>1)</sup> и относящіяся другъ къ другу, какъ гомогенныя деформаци одной и той же кристаллической ячейки.

Совершенно аналогичный случай имѣемъ мы въ группѣ ломонтита. Близость свойствъ леопгардита и ломонтита привели къ ихъ идентификаци; и это ошибочное мнѣніе, все болѣе и болѣе укоренившееся въ литературѣ, несомнѣнно имѣло многое за себя ввиду того, что не было точнаго критерія для отличія этихъ двухъ минеральныхъ видовъ другъ отъ друга.

А между тѣмъ, ихъ соотношенія вполне аналогичны тому, что наблюдается въ группѣ шабазита, между шабазитомъ и гмелинитомъ, и даже еще значительно проще и очевиднѣе, такъ какъ формула входящаго въ ихъ составъ силиката постоянна и съ большою очевидностью вытекаетъ изъ данныхъ анализа (см. далѣе стр. 134, 141).

Таковы основныя положенія, съ которыми приходится считаться при изученіи группы цеолитовъ и при ихъ систематизированіи.

8. Мнѣ остается коснуться еще одного послѣдняго вопроса, играющаго однако первостепенную роль при разборѣ химическаго состава цеолитовъ: это вопросъ о конституціи тѣхъ минеральныхъ группъ, которыя характеризуются измѣнчивымъ составомъ и на основаніи этого должны быть разсматриваемы, какъ соединенія двухъ силикатовъ различнаго строенія. Этотъ вопросъ, столько разъ возникавшій при разборѣ конституціи минераловъ группы шабазита и филлипсита, привелъ къ установленію полевошпатовой теоріи цеолитовъ, т. е. ко взгляду на нихъ какъ на изоморфныя смѣси

---

1) Достаточно для этого взглянуть на парагенезисъ шабазита и гмелинита, чтобы увидѣть характерныя черты тѣхъ растворовъ, изъ которыхъ они образуются.



двухъ гидратовъ альбитоваго и анортитоваго типа<sup>1)</sup>. Оставаясь въ предѣлахъ этой теоріи, мы не можемъ однако не выдѣлить изъ этихъ рядовъ тѣхъ цеолитовъ, составъ которыхъ отвѣчаетъ формулѣ пиррофиллитоваго ядра —  $\overset{I}{R}_2Al_2Si_4O_{12}$ . Въ противоположность мнѣнію Lemberg'a<sup>2)</sup>, цеолиты этого типа не могутъ быть разсматриваемы какъ двойныя соединенія въ рядахъ изоморфныхъ смѣсей, а являются устойчивыми и самостоятельными минеральными видами. При этомъ ломонтитъ представляетъ примѣръ интереснаго морфотропическаго соотношенія между нимъ и минералами группы филлипсита. Послѣдніе представляютъ смѣсь гидратовъ двухъ силикатовъ полевошпатоваго типа<sup>3)</sup> :  $m \overset{I}{R}_2Al_2Si_2O_8 \cdot n \overset{I}{R}_2Al_2Si_6O_{16}$ . Если предположить  $m = n = 1$ , то эмпирическая формула смѣси выразится такъ —  $\overset{I}{R}_2Al_2Si_4O_{12}$ , что и будетъ соответствовать формулѣ силиката ломонтита. Однако врядъ-ли будетъ правильнымъ разсматривать ломонтитъ, какъ изоморфную смѣсь этихъ двухъ силикатовъ въ упомянутыхъ отношеніяхъ, наоборотъ онъ представляетъ устойчивый минеральный видъ, съ *конституціей пиррофиллитоваго ядра*, и лишь *замѣняющій* соответственные члены филлипситоваго ряда. При этомъ онъ сохраняетъ общій планъ строенія кристаллической ячейки филлипсита. На это сходство кристаллическихъ сѣтокъ впервые обратилъ вниманіе еще Streng<sup>4)</sup>; въ настоящее время оно должно разсматриваться какъ интересный примѣръ морфотропическихъ отношеній въ группѣ цеолитовъ.

Несмотря на сходство геометрическихъ константъ, ломонтитъ

1) Streng. 16 Ber. d. Oberhess. Gesell. f. Nat. u. H. Kunde. 1877, p. 113. Fresenius. Zeit. f. Kryst. 3, 1879, p. 42.

2) Указанія по этому вопросу разбросаны въ цѣломъ рядѣ работъ Lemberg'a. Lemberg. Ueber Silicatumw. Zeit. d. d. g. Ges. 1876. B. 28, p. 545. Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1877. B. 29, p. 457. Lemberg. Z. Kenntn. d. Bild. u. Umbild. v. Silic. Zeit. d. d. g. Ges. 1883, p. 557; 1885, p. 959; 1887, p. 559; 1888, p. 625.

3) Groth. Tableau systemat. des mineraux. Genève, 1904, p. 166—168.

4) Streng. Neues Jahrb. f. Min. 1875, p. 592.

рѣзко выдѣляется изъ группы филлипсита по всей совокупности своихъ признаковъ; однако, этого-же нельзя сказать о цѣломъ рядѣ другихъ устойчивыхъ минеральныхъ видовъ, входящихъ въ составъ послѣдней группы. Хотя всѣ эти виды объединяются въ литературѣ въ общей группѣ филлипсита, тѣмъ не менѣе въ настоящее время уже съ большою очевидностью намѣчаются отдѣльные устойчивые члены, позволяющіе разбить весь рядъ на нѣсколько опредѣленныхъ группъ. Разбору этого вопроса будетъ посвященъ второй выпускъ настоящей работы; теперь же отмѣчу, что приблизиться къ рѣшенію этой задачи возможно лишь въ томъ случаѣ, если намъ удастся правильно освѣтить вопросы о томъ, что мы должны называть минеральнымъ видомъ<sup>1)</sup>, какъ смотрѣть на двойныя соединенія<sup>2)</sup>, и возможно-ли допустить существованіе двойныхъ солей въ рядахъ изоморфныхъ смѣсей<sup>3)</sup>.

9. Подведемъ итоги сказанному въ этой главѣ:

1. Установленіе отдѣльныхъ минеральныхъ видовъ въ группѣ цеолитовъ затрудняется неустойчивостью ихъ свойствъ.
2. Это явленіе находится въ тѣсной связи съ характеромъ цеолитовъ, какъ *твердыхъ растворовъ особаго типа*<sup>4)</sup>.
3. Сложное двойниковое строеніе нѣкоторыхъ изъ нихъ также должно быть рассматриваемо, какъ слѣдствіе только что указанной причины.
4. Легкая способность цеолитовъ къ гомогеннымъ деформациямъ кристаллической ячейки приводитъ къ появленію устойчивыхъ разностей очень сходнаго строенія.

---

1) Изящное рѣшеніе этого вопроса см. Поповъ. Кристаллич. фосф. съ бер. Керченск. пролива. Извѣст. Имп. Акад. Наукъ. Спб. 1907, стр. 133.

2) По этому вопросу см. Groth. Einleit. in d. ch. Kryst. Leipzig, 1904, p. 69. Doelter. Physik-chem. Mineral. Leipzig. 1905, p. 54, 202, 244.

3) По этому вопросу см. литературу у Doelter, l. c., p. 244, см. также Doelter, l. c., p. 73 и особенно работы Hollmann'a. Zeit. f. physik. Chemie XXXVII, 1901, p. 193.

4) «Диссоциационныя системы».

5. Соотношенія этихъ разностей между собой носятъ характеръ морфотропическихъ.
6. Въ рядахъ цеолитовъ сложнаго изоморфнаго строенія выдѣляются отдѣльные члены болѣе устойчиваго характера.
7. Нѣкоторые изъ этихъ членовъ носятъ характеръ двойныхъ соединеній.
8. Леонгардитъ и ломонтитъ находятся между собой въ отношеніи морфотропій, а химически замѣщаютъ въ рядѣ филлисита и шабазита мало устойчивые средніе члены.

На основаніи изложеннаго можно подойти къ болѣе детальному изученію всей группы ломонтита.

## 6.

### Соотношенія леонгардита и ломонтита по даннымъ литературы.

1. Въ настоящее время группа ломонтита обнимаетъ цѣлый рядъ минеральныхъ видовъ: ломонтитъ (Lomonit, Laumonit, Laumontit), леонгардитъ, капорціанитъ; къ ней такъ или иначе примыкаютъ лаубанитъ и эллагитъ. Детальное изслѣдованіе всѣхъ этихъ видовъ не можетъ входить въ задачу настоящей работы; въ ней предположено дать лишь характеристику соотношеній ломонтита и леонгардита, какъ несомнѣнно двухъ самостоятельныхъ минеральныхъ видовъ<sup>1)</sup>. Что же касается до остальныхъ, то ихъ положеніе въ системѣ крайне неопредѣленное, тѣмъ болѣе, что имѣющіяся въ литературѣ указанія отличаются крайней неполнотой и не даютъ возможности сдѣлать какихъ-либо заключеній безъ новаго детальнаго и обстоятельнаго изученія. Въ частности относительно эллагита мною уже было сказано нѣсколько словъ<sup>2)</sup>; что же касается до капорціанита, то о немъ мнѣ придется упомянуть въ концѣ слѣдующей главы (см. стр. 148)<sup>3)</sup>.

1) См. стр. 141—147.

2) См. стр.

3) Berlin (Pogg. Ann. 1849, LXXVIII. p. 416) указывалъ, что *rother Zeolith*, *Aedelforsit*, *Mehlreolith* и др. должны считаться за вывѣтрившіеся ломонтиты. Тоже самое указывая *Hisinger* относительно цеолита изъ Фалуна.

2. Здѣсь-же мнѣ кажется умѣстнымъ кратко коснуться литературы занимающаго насъ вопроса.

*Ломонтитъ*, открытый въ Брегани (Huelgoat) г. Gillet de Laumont, былъ описанъ впервые какъ самостоятельный минеральный видъ въ минералогіи Науу<sup>1)</sup>; послѣдній далъ ему при этомъ необыкновенно типичное и подходящее названіе *zéolithe éfflorescente*; это наименованіе первое время и употреблялось въ французской литературѣ и даже перешло въ нѣмецкую съ не менѣе удачнымъ переводомъ *Mehlzeolith (partim)*.

Самостоятельное положеніе ломонтита, получившаго свое настоящее названіе впервые въ работѣ Werner'a<sup>2)</sup>, а потомъ и въ сводкѣ Науу, ни разу не оспаривалось во всей послѣдующей литературѣ.

3. Не такова была судьба леонгардита, впервые<sup>3)</sup> описаннаго Blum'омъ<sup>4)</sup> и Delffs'омъ<sup>5)</sup> и выдѣленнаго первымъ въ самостоятельный минеральный видъ. Первое неполное и не вполне точное описаніе этого минерала не представляло достаточныхъ основаній для характеристики его, какъ самостоятельнаго минерального вида, а значительное сходство съ ломонтитомъ привело къ скорому отождествленію этихъ двухъ минераловъ.

---

1) Науу. *Traité de mineral.* Paris, 1801. Т. 4, p. 410; или 1822. Т. 3, p. 150.

2) Karsten (*Mineralogische Tabellen.* Berlin. 1808, p. 89) указываетъ, что установилъ ломонтитъ и далъ ему настоящее названіе еще Werner. (*Magaz. d. Berl. Gesell. Naturforsch. Freunde* II. 1 Quartal, p. 77—78). Это опредѣленіе и вошло позднѣе въ работу Науу. (*Tableau comparat. d. result. d. l. crystallogr.* 1809). Такимъ образомъ указаніе Lacroix (*Mineral. d. France* 1897, II, p. 341) на то, что Науу далъ наименованіе ломонтиту, неправильно тѣмъ болѣе, что самъ Науу въ только что цитированной работѣ на стр. 49 говоритъ: *Laumontite. Lomonit, W. et K. (т. е. Werner und Karsten)*.

3) Я долженъ отмѣтить, что еще до работы Blum'a и Delffs'a появилось указаніе Beudant на то, что ломонтитъ изъ Schemnitz въ Венгріи содержитъ меньше воды, чѣмъ этотъ же минералъ изъ Huelgoat. Beudant. *Traité de mineral.* Paris. 1832. II. p. 98. Ввиду этого Beudant даже сомнѣвался, что ломонтиты изъ Schemnitz и изъ Альпъ могутъ быть идентифицированы съ образцами изъ Брегани.

4) Blum. *Die Pseudomorph. d. Mineralr.* Stuttg. 1843, p. 105—106. Blum. *Poggend. Annal.* 1843, LIX, p. 336. Названіе Leonhardit дано было Blum'омъ въ честь C. v. Leonhard.

5) Delffs. *Analyse des Leonhardit.* *Poggend. Annal.* 1843, LIX, p. 339—342.

Уже въ слѣдующемъ году (1844) Rammelsberg<sup>1)</sup> обратилъ вниманіе на нѣкоторыя неточности работъ Blum'a и Delffs'a, но тѣмъ не менѣе не считъ возможнымъ выразить ломонтитъ и леонгардитъ одной и той же химической формулой. Въ 1845 году Haidinger<sup>2)</sup>, реферирова работы Blum'a, отнесся скептически къ установленію новаго вида и предложилъ провѣрить измѣреніе кристалловъ; наконецъ въ 1847 году Dufrénoy окончательно сблизилъ оба изслѣдуемыхъ минераловъ, при чемъ высказалъ мысль, что леонгардитъ «est une laumontite impure»<sup>3)</sup>. Въ первыхъ изданіяхъ своей минералогіи Dana<sup>4)</sup> еще выдѣлялъ леонгардитъ въ самостоятельную разновидность, но потомъ<sup>5)</sup> тоже идентифицировалъ съ ломонти-томъ. Такая судьба этого минерального вида тѣмъ болѣе интересна, что послѣ работъ Blum'a и Delffs'a, не было ни одного точнаго изслѣдованія надъ леонгардитомъ, если не считать небольшой (но хорошей) работы Brezina (A. Smita)<sup>6)</sup> надъ характеромъ воды изслѣдуемаго минерала. Въ настоящее время во всѣхъ большихъ сводкахъ и учебникахъ минералогіи<sup>7)</sup> леонгардитъ приравнивается къ ломонтиту, причемъ по болѣе части принимается за неустойчивый продуктъ вывѣтриванія послѣдняго. Это тѣмъ болѣе любопытно, что въ литературѣ, уже начиная съ 1877 года, стали появляться отдѣльные отрывочныя указанія на существенныя различія между изслѣдуемыми минеральными видами, и лишь не имѣлось сводки, которая ихъ объединяла бы.

4. Arthur Smita<sup>8)</sup> установилъ въ 1877 году съ большою точностью формулу леонгардита, и выводы этого автора сохра-

---

1) Rammelsberg. Poggend. Annalen. 1844. B. 62, p. 147.

2) Haidinger. Uebers. d. Result. Min. Forsch. Erlangen. 1845. p. 53.

3) Dufrénoy. Mineral. 1847. T. III, p. 455.

4) Dana. Syst. of Mineral. 1868. London, p. 401.

5) Dana. Syst. of Mineral. 1892, p. 587.

6) Arth. Smita. Tscherm. Min. Petr. Mitth. 1877, p. 268—271.

7) Hintze. Handbuch d. Min. 1897, II, p. 1671. Dana l. c. 1892, p. 587. Naumann. Elem. d. Min. Leipzig 1901, p. 747. Tschermak. Lehrbuch d. Min. Wien 1897, p. 503. У Groth'a леонгардитъ вовсе не приводится. (Groth. Tabl. system. d. mineraux. Genève. 1904, p. 168).

8) Въ работѣ Brezina, l. c., p. 271.

ють свое значеніе еще до сихъ поръ: имъ опредѣлено было содержаніе воды въ леонгардитѣ, и этимъ положено рѣзкое отличіе отъ ломонтита. Приблизительно къ тому же времени относятся первыя работы Lemberg'a<sup>1)</sup>, который изъ различной разлагаемости щелочными солями леонгардита и ломонтита вывелъ заключеніе, что «Laumontit und Leonhardit sind somit nicht identisch»<sup>2)</sup>. Этой работой открывается цѣлая серія изслѣдованій Lemberg'a надъ силикатами и въ частности надъ цеолитами, при чемъ различіе въ химическихъ свойствахъ интересующихъ насъ минераловъ выступаетъ все рѣзче и рѣзче: «die beiden Zeolithe, Leonhardit und Lomontit, zeigen in ihrer chemischen Zusammensetzung wenig Unterschiede, verhalten sich jedoch gegen Salzlösungen verschieden»<sup>3)</sup>— таково мнѣніе этого интереснаго экспериментатора. Въ 1885 году устанавливаетъ онъ сходство капорціанита съ вывѣтрившимся ломонтитомъ<sup>4)</sup> и въ томъ же году высказываетъ мысль<sup>5)</sup>, что ломонтитъ, леонгардитъ и капорціанитъ составляютъ группу, которую можно параллелизовать съ группой Филлипсита, гармотома и стильбита.

5. Такимъ образомъ уже давно намѣчалось химическое различіе между изслѣдуемыми минералами.

Нѣсколько позднѣе стало выясняться различіе между ними и въ физическихъ свойствахъ, при чемъ прежде всего необходимо отмѣтить въ этомъ направленіи работы Таманна<sup>6)</sup>. Сначала въ 1897 году, а затѣмъ и въ слѣдующемъ 1898, Таманн установилъ характеръ кривыхъ упругости паровъ воды цеолитовъ и первый

---

1) Lemberg. Ueber Silicatumwandl. Zeit. d. d. geol. Ges. B. 28, 1876, p. 547. Fussnote 5.

2) Нельзя, однако, не высказать сожалѣнія, что матеріалъ, имѣвшійся въ распоряженіи Lemberg'a, не отличался чистотой и однородностью. Это очень рѣзко видно изъ анализовъ леонгардита изъ Schemnitz и Rheinbayern и ломонтита изъ Plauen'scher Grund bei Dresden.

3) Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1877. B. 29, p. 501.

4) Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1885. B. 37, p. 986.

5) Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1885. B. 37, p. 990—991.

6) Tamann. Wiedem. Annalen B. 63, 1897, p. 16. Tamann. Zeit. f. physik. Chemie 27, 1898, p. 323—336.

высказалъ предположеніе, что ломонтитъ и леонгардитъ «vielleicht polymorphe Modificationen»<sup>1)</sup>. Изъ его работы можно вывести заключеніе, что эти 2 минерала составляютъ группу аналогичную группѣ шабазита (шабазитъ, гмелинитъ, факолитъ), при чемъ соотношенія между ними носятъ характеръ полиморфизма<sup>2)</sup>. Какъ видно изъ дальнѣйшаго, этимъ вполне намѣчалось будущее рѣшеніе вопроса.

6. Раньше чѣмъ закончить этотъ краткій литературный обзоръ, мнѣ остается еще привести мнѣніе Hintze<sup>3)</sup>, который, хотя и объединилъ леонгардитъ и ломонтитъ въ одну группу, тѣмъ не менѣе указалъ въ примѣчаніи и на ихъ различія: «die sogenannten Leonhardite haben gewöhnlich statt 4 H<sub>2</sub>O (im ganzen) nur noch 3H<sub>2</sub>O, auch weniger Kalk».

Этими справками ограничивается литература о соотношеніи леонгардита и ломонтита, и мнѣ остается лишь привести одно наблюденіе, сдѣланное мною при осмотрѣ естественно-историческаго музея въ Вѣнѣ<sup>4)</sup>; тамъ въ отдѣлѣ псевдоморфозъ (Dynamische Mineraliensammlung) помѣщены образцы леонгардита съ обозначеніемъ «Leonhardit nach Laumontit aus Floitenthal und Fassathal in Tyrol». Это обозначеніе было дано еще г. Brezina (въ бытность его директоромъ Hofmuseum'a), и, такимъ образомъ, выясняетъ и дополняетъ тотъ взглядъ на положеніе леонгардита въ системѣ, который высказанъ былъ имъ въ работѣ его ученика Arthur Smita<sup>5)</sup>: очевидно, что съ точки зрѣнія этого изслѣдователя леонгардитъ является самостоятельнымъ минеральнымъ видомъ и можетъ образовывать псевдоморфозы по ломонтиту.

---

1) Tamann, l. c. 1898, p. 329—330.

2) Grauns, реферируя статью Tamann'a (N. Jahrb. f. Min. 1900, I, p. 335), не безъ нѣкотораго основанія возражалъ противъ этого мнѣнія, указывая на возможность полученія разныхъ кривыхъ, если брать образцы того-же минерала, но изъ разныхъ мѣсторожденій.

3) Hintze. Handb. d. Min. 1897, II, p. 1672. Fussnote 1.

4) Das k. k. Naturhistorische Hofmuseum in Wien.

5) Arthur Smita, l. c., p. 269—271.

7.

**Леонгардитъ и ломонтитъ, какъ самостоятельные минеральные виды.**

Разсмотримъ теперь въ послѣдовательномъ порядкѣ свойства этихъ двухъ минеральныхъ видовъ.

1. *Химическая природа* ломонтита въ достаточной степени уже выяснена въ цѣломъ рядѣ изслѣдованій. Формула его —  $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , при чемъ, однако, онъ легко теряетъ часть своей воды, а именно половину молекулы, и при этомъ переходитъ въ леонгардитъ. При такомъ процессѣ перехода получаются *гомогенныя параморфозы леонгардита по ломонтиту* (см. стр. 144)<sup>1)</sup>. Такая потеря воды въ природѣ, на открытомъ воздухѣ, является обычнымъ явленіемъ и показываетъ, что при нормальныхъ условіяхъ земной коры устойчивымъ является только леонгардитъ. Съ другой стороны потеря *половины частицы* показываетъ, что формула минерала должна быть удвоена, на что было уже обращено вниманіе на стр. 126, 127.

*Формула леонгардита* выражается въ простѣйшемъ случаѣ числами  $(\text{Ca}, \text{K}_2, \text{Na}_2)\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 3\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , что и показываетъ, что разница въ химическомъ составѣ ломонтита и леонгардита заключается не только въ количествѣ воды, но и въ присутствіи въ послѣднемъ щелочей<sup>2)</sup>. При этомъ намъ приходится считаться съ тѣмъ, что леонгардитъ является не только минераломъ первичнымъ, но и вторичнымъ, т. е. въ качествѣ продукта измѣненія ломонтита. Въ первомъ случаѣ леонгардитъ характеризуется присутствіемъ (и иногда довольно значительнымъ) щелочей, что указываетъ на особый характеръ условій генезиса (см. дальше); во

1) Какъ извѣстно, терминъ «параморфоза» былъ впервые введенъ Scheerer'омъ и отнесенъ имъ къ явленіямъ перехода полиморфныхъ модификацій. Scheerer. Erdm. Journ. f. pract. Chemie. 1852. LVII. p. 60. Позднѣе онъ нѣсколько расширилъ это понятіе, ввиду чего является возможнымъ въ настоящее время примѣнить его и къ леонгардиту. Scheerer. Poggend. Annal. LXXXIX. 1853. p. 1. Scheerer Der Paramorphismus. Braunschw. 1854.

2) См. стр. 126, а также замѣчаніе Hintze, l. c., p. 1672.



второмъ — формула леонгардита идентична въ своей безводной части съ формулой ломонтита. Такимъ образомъ въ большинствѣ случаевъ присутствіе щелочей можетъ являться критеріемъ для отличія первичнаго и вторичнаго леонгардита<sup>1)</sup>. Такой взглядъ легко иллюстрируется при сравненіи анализовъ минераловъ описываемой группы изъ различныхъ мѣсторожденій.

Мною уже было кратко указано на цѣлый рядъ соотношеній между филлипситомъ, леонгардитомъ и ломонтитомъ. Съ химической точки зрѣнія ломонтитъ вполнѣ замѣняетъ средніе члены въ группѣ шабазита, такъ какъ содержитъ наравнѣ съ послѣднимъ 8 частицъ воды (при удвоенной формулѣ). Съ другой стороны леонгардитъ замѣщаетъ соответственные члены въ группѣ филлипсита, гдѣ количество воды выражается 6 — 8 молекулами (у леонгардита 7).

Такимъ образомъ оба изслѣдуемыхъ минерала находятъ себѣ мѣсто какъ самостоятельные минеральные виды въ обѣихъ большихъ группахъ цеолитовъ: леонгардитъ въ группѣ филлипсита, а ломонтитъ въ группѣ шабазита.

2. Перехожу къ *содержанію воды* въ изслѣдуемыхъ минералахъ. На этомъ вопросѣ не приходится особенно долго останавливаться, такъ какъ онъ болѣе или менѣе выясненъ въ работѣ Smita<sup>2)</sup> и въ моихъ изслѣдованіяхъ въ главѣ 4-ой (см. стр. 126).

Ломонтитъ въ свѣжемъ состояніи долженъ содержать 15,31% воды ( $= 8\text{H}_2\text{O}$ ); послѣ потери частицы воды онъ содержитъ 13,40% ( $= 7\text{H}_2\text{O}$ ), каковая цифра и характеризуетъ содержаніе воды леонгардитовъ. Наконецъ при  $100^\circ\text{C}$  и тотъ и другой минеральный видъ содержатъ ровно  $6\text{H}_2\text{O}$ , что отвѣчаетъ 11,49%.

---

1) Необходимо однако замѣтить, что въ природныхъ условіяхъ этотъ процессъ перехода нерѣдко протекаетъ въ растворахъ, богатыхъ щелочами. Въ такомъ случаѣ вторичный леонгардитъ, очевидно, изоморфно замѣститъ часть своего кальція калиемъ и натріемъ. Мы имѣемъ основаніе думать, что въ цѣломъ рядѣ мѣстностей процессъ перехода въ леонгардитъ протекаетъ именно при такихъ условіяхъ, и, потому, въ нихъ вторичный леонгардитъ обладаетъ тѣмъ же химическимъ составомъ, что и первичный.

2) Arthur Smita въ работѣ Brezina, l. c. p. 270, 271.

Относительно кривыхъ упругости пара по Таманн'у см. стр. 139, 140; относительно характера цеолитной воды см. Doelter<sup>1)</sup>.

Интересно отмѣтить, что въ группѣ ломонтита подтверждается общее правило Lemberg'a<sup>2)</sup> о зависимости содержанія воды въ цеолитахъ отъ присутствія того или иного металла: Lemberg указалъ, что при тождественной формулѣ въ цеолитахъ связано съ СаО большее содержаніе воды, чѣмъ съ Na<sub>2</sub>O, и въ свою очередь съ Na<sub>2</sub>O большее количество, чѣмъ съ K<sub>2</sub>O. И дѣйствительно, чистый кальціевый цеолитъ-ломонтитъ содержитъ 15,31% воды, тогда какъ въ составъ леонгардита, содержащаго значительное количество щелочей и особенно К, входитъ всего 13,40% воды.

3. Съ вопросами химическаго состава цеолитовъ тѣсно связаны *вопросы генезиса*.

Lemberg<sup>3)</sup> первый заинтересовался вопросомъ о зависимости химическаго состава цеолитовъ отъ растворовъ, изъ которыхъ они осаждаются; при этомъ онъ болѣе подробно остановился на генезисѣ ломонтита и высказалъ мысль, что послѣдній долженъ образовываться изъ растворовъ, богатыхъ К. Въ настоящее время можно съ нѣкоторой увѣренностью сказать, что именно леонгардитъ осаждается изъ такихъ растворовъ. Дѣйствительно именно онъ наиболѣе обыченъ въ породахъ, богатыхъ К.

Въ общемъ леонгардитъ болѣе устойчивъ при высокихъ температурахъ, чѣмъ ломонтитъ, на что было указано выше (стр. 120). Послѣднее явленіе можно поставить въ несомнѣнную связь съ общимъ положеніемъ Cornu<sup>4)</sup>, что при охлажденіи растворовъ цеолиты отлагаются въ порядкѣ повышенія содержанія воды. Въ связи съ этимъ стоитъ и то явленіе, что въ жильныхъ гидротермальныхъ процессахъ болѣе обычнымъ яв-

---

1) Doelter. Physik.-chem. Mineral. Leipzig, 1905, p. 175.

2) Lemberg. Ueber Silicatumwandl. Zeit. d. d. g. Ges. B. 28, 1876, p. 567—568. Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1883, p. 573.

3) Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. B. 29, 1877, p. 502.

4) Cornu. Ueber die Paragenese der Minerale, namentl. die der Zeolithe. Oesterr. Berg- und Hütt. wesen. 56, p. 89—93.

ляется леонгардитъ, а не ломонтитъ. (Напримѣръ, въ дер. Курцы, см. выше стр. 113). Такимъ образомъ мы устанавливаемъ, что ломонтитъ и леонгардитъ образуются въ природѣ при разныхъ термодинамическихъ условіяхъ и химическомъ составѣ растворовъ, но что устойчивымъ въ поверхностныхъ реакціяхъ земной коры является только леонгардитъ, и въ него переходитъ ломонтитъ.

4. Изъ физикохимическихъ свойствъ намъ прежде всего придется остановиться на рѣзко выраженной способности ломонтита къ *разсыпанію и распыленію*.

Это свойство настолько характерно, что отличаетъ названный минералъ отъ всѣхъ другихъ минеральныхъ видовъ<sup>1)</sup>.

Интересно отмѣтить, что въ литературѣ на него не было обращено достаточное вниманіе и, насколько мнѣ извѣстно, не имѣется ни одной попытки сколько нибудь удовлетворительно объяснить это явленіе.

Какъ указано выше, ломонтитъ при потерѣ воды переходитъ въ леонгардитъ. Этотъ процессъ, отличный отъ простаго процесса вывѣтриванія, даетъ возможность видѣть въ немъ причину разсыпанія ломонтита; вѣдь, дѣйствительно, леонгардитъ обладаетъ другой кристаллической ячейкой, бѣльшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, меньшимъ содержаніемъ воды. — Иначе говоря, онъ настолько отличенъ отъ ломонтита, что не можетъ быть и рѣчи о томъ, что послѣдній при процессѣ обезвоживанія остается гомогенной фазой, какъ всѣ остальные цеолиты, и что самъ переходъ является непрерывнымъ. Переходъ ломонтита въ леонгардитъ есть результатъ болѣе сложной молекулярной или кристаллической перегруппировки и въ этомъ мы видимъ причину «распаденія» кристалловъ ломонтита<sup>2)</sup>.

---

1) Явленія разрушенія кристаллической сѣтки цеолитовъ при потерѣ воды являются однимъ изъ интереснѣйшихъ вопросовъ при изслѣдованіи цеолитовъ. Очевидно, что мы имѣемъ дѣло съ нѣсколькими типами процесса: ломонтитъ представляетъ случай перехода съ нарушеніемъ однородности сѣтки; апофилитъ, какъ это видно изъ недавно выпедшей весьма интересной работы Пилипенко, можетъ служить примѣромъ другого типа. Пилипенко. Ежегодн. по геол. и минерал. Россіи. X. 1908. р. 197—199.

2) Мы, очевидно, имѣемъ здѣсь дѣло съ процессомъ *аналогичнымъ* переходу при измѣненіи температуры одной полиморфной модификаціи въ другую. Ср.

Если настоящее предположеніе правильно, то изъ него должны вытекать слѣдующія слѣдствія:

1. Первичный леонгардитъ не долженъ обнаруживать явленій разсыпанія.
2. Вторичный леонгардитъ долженъ всегда очень легко разсыпаться и лишь при осторожномъ обращеніи можетъ сохранять кристаллическую форму ломонтита.
3. Ломонтитъ можетъ обладать въ большей или меньшей степени этой способностью въ зависимости отъ своей свѣжести.
4. При извѣстныхъ условіяхъ ломонтитъ можетъ совсѣмъ не обладать этимъ свойствомъ, но путемъ постепеннаго высушиванія постепенно приобрѣтаетъ его.

Всѣ эти четыре слѣдствія дѣйствительно строго наблюдаются въ природѣ, при чемъ подробныя описанія на стр. 110—123 ломонтита и леонгардита изъ окрестностей Симферополя даютъ въ этомъ отношеніи довольно значительный матеріалъ. Равнымъ образомъ въ литературѣ имѣется цѣлый рядъ указаній, подтверждающихъ вышеуказанныя положенія. Такъ мѣсторожденія леонгардита изъ *Copper Falls, Lake superior region*<sup>1)</sup>, и изъ *Plauenscher Grund bei Dresden*<sup>2)</sup> являются типичными первичными леонгар-

---

разсыпаніе арагонита при переходѣ въ кальцитъ. См. литер. у Arzruni. Physik. Chemie der Krystalle. Braunsw. 1893. p. 59—60. Ср. также разсыпаніе  $K_2SO_4$ . Retgers. Zeit. f. physik. Chemie. 1890. VI. 3. p. 214.

1) Dana. Syst. of mineral, 1892, p. 588, см. также Barnes. Americ. Journ. of Scienc. 1853, XVI, p. 440. Kenngott. Ueber d. Result. d. Forsch. 1853, p. 73.

2) Zschau. Abh. d. Naturw. Ges. Isis in Dresden. Jahrg. 1893, II p. 90. Я позволю себѣ здѣсь подробнѣе остановиться на минералахъ этого мѣсторожденія.

Первыя находки ломонтита въ этой мѣстности были сдѣланы въ 1857 году; они были описаны Zschau въ Isis-Zeitschrift. 1857. p. 134—138, при чемъ являлись съ характерными свойствами ломонтита, разсыпающагося на воздухѣ. Въ 1892 году открыто было новое, болѣе богатое мѣсторожденіе кирпично-краснаго «ломонтита», съ характернымъ свойствомъ не разсыпаться въ сухомъ воздухѣ. Zschau (l. c. p. 92. 1893) обратилъ на это свойство особое вниманіе и пытался его объяснить присутствіемъ желѣза; его анализъ далъ типичный составъ первичнаго леонгардита (т. е. 13,96  $H_2O$ ), тогда какъ анализы ломонтита изъ того же мѣсторожденія давали 14,93; 14,94% воды. Описаніе внѣшнихъ свойствъ

дитами, такъ какъ вовсе не обладаютъ способностью разсыпаться и содержать лишь 7 молекулъ воды (при удвоенной формулѣ). Мѣсторожденія *Schemnitz*<sup>1)</sup>, *Floitenthal*<sup>2)</sup> и *Fassathal*<sup>3)</sup> являются примѣрами образованія вторичнаго леонгардита; и наконецъ мѣсторожденіе *Huelgoat* въ Бретани<sup>4)</sup> является примѣръ всѣхъ переходовъ отъ свѣжаго ломонтита до вторичнаго леонгардита.

Какъ выше подробно указано (см. стр. 124) большинство мѣсторожденій въ Крыму относятся къ первичному леонгардиту.

Если подвергнуть такимъ образомъ критическому пересмотру весь матеріалъ, накопившійся въ литературѣ относительно леонгардита и ломонтита, то выяснятся любопытныя данныя: большинство<sup>5)</sup> минераловъ этой группы, характеризующихся *розовымъ* или *кирпичнокраснымъ цветомъ*, должно быть отнесено къ *первичному леонгардиту*.

Такъ какъ розовая окраска этихъ минераловъ связана съ желѣзистыми включеніями, то изъ этого явленія можно заключить, что леонгардитъ обычно осаждается изъ растворовъ, содержащихъ желѣзо.

5. Изъ другихъ физическихъ свойствъ мнѣ необходимо остановиться на *спайности* и *удѣльномъ вѣсѣ*. Что же касается до кристаллографическихъ константъ, то о нихъ была рѣчь выше на стр. 124<sup>6)</sup>.

---

этихъ не вывѣтривающихся кристалловъ очень походить на леонгардитъ изъ окрестностей Симферополя. Мы встрѣчаемся здѣсь опять съ тѣмъ-же явленіемъ, что въ одной и той же мѣстности попадаетъ и ломонтитъ и первичный леонгардитъ. Этимъ же объясняется и то, что Lemberg (см. стр. 139, прим. 2), работая надъ образцами изъ Plauen'scher Grund, опредѣлил ихъ какъ ломонтитъ.

1) Blum. l. c. Delffs l. c.

2) Arthur Smita l. c.

3) См. стр. 140.

4) Haüy l. c. Lacroix. Miner. d. l. France. 1896, Т. II, p. 340.

5) Впрочемъ, имѣется цѣлый рядъ исключеній изъ этого положенія.

6) Что касается до оптическихъ свойствъ, то является затруднительнымъ найти сколько-нибудь значительное различіе между ломонтитомъ и леонгардитомъ. Впрочемъ, въ этомъ направленіи необходимы точныя экспериментальныя изслѣдованія.

*Ломонтитъ* обладаетъ нѣсколькими направленіями спайности; совершенство спайности по  $\{010\}$  и по  $\{110\}$  не всегда постоянно, при чемъ въ изслѣдованіяхъ дается предпочтеніе то одной, то другой. Кромѣ этихъ двухъ направленій плохая спайность отмѣчается по  $\{100\}$ ; она не всегда присутствуетъ и, повидимому, связана съ двойниковыми образованіями, такъ что врядь-ли можно считать ее настоящей спайностью. Что же касается до разломовъ по  $\{201\}$ , то какъ уже раньше было отмѣчено (стр. 120, 121), они носятъ характеръ *отдѣльности*<sup>1)</sup>.

Въ общемъ, въ литературѣ мы встрѣчаемся съ довольно противорѣчивыми указаніями относительно спайности ломонтита, изъ чего можно заключить, что въ различныхъ мѣсторожденіяхъ онъ обладаетъ различными направленіями спайности.

Дѣйствительно, если спайность является однимъ изъ проявленій поверхностной энергіи кристалла, то ея характеръ при различныхъ условіяхъ генезиса можетъ нѣсколько видоизмѣняться сообразно съ измѣненіемъ капиллярныхъ свойствъ растворовъ.

*Спайность леонгардита* довольно постоянна и совпадаетъ съ направленіемъ плоскостей формы  $\{110\}$ . Подобно ломонтиту леонгардитъ обладаетъ хорошо выраженной отдѣльностью по  $\{201\}$ . На основаніи детального изслѣдованія первичныхъ леонгардитовъ центрального крымскаго массива можно указать на отсутствіе у леонгардита разломовъ по  $\{010\}$ <sup>2)</sup>. Такъ какъ у ломонтита это направленіе спайности является постояннымъ, то имъ создается новый критерій для отличія ломонтита отъ первичнаго леонгардита.

6. *Удельный весъ* является также довольно характернымъ признакомъ, отличающимъ ломонтитъ отъ первичнаго и вторичнаго

---

1) Phillips. Mineralogy 1852, p. 452. Спайн. по  $\{010\}$  совершенн.; по  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{201\}$  несовершенн. La croix. Bull. soc. mineral. d. France 8, 1885, p. 339. Спайн. по  $\{010\}$  соверш., менѣе совершенн. по  $\{110\}$  и  $\{201\}$ . Gentil. Bull. d. soc. mineral. d. France XVII, p. 17. Спайн. по  $\{110\}$  соверш.; по  $\{010\}$  хорошая; по  $\{100\}$  плохая.

2) См. также Dana. Syst. of miner. 1868. London, p. 401. Для леонгардита указана спайность по  $\{110\}$  и по  $\{201\}$ .

леонгардита. Удельный вѣсъ ломонтита въ общемъ устойчивъ и колеблется въ предѣлахъ: 2,28—2,31. Удельный вѣсъ леонгардита нѣсколько выше и колеблется около чиселъ 2,31—2,35. Конечно, при этомъ намъ приходится считаться съ трудностями опредѣленія удѣльных вѣсовъ цеолитовъ<sup>1)</sup>.

7. Въ заключеніе мнѣ остается сказать нѣсколько словъ о *капорціанитѣ*. Положеніе послѣдняго въ группѣ ломонтита мнѣ кажется вполне яснымъ, такъ какъ по всей совокупности свойствъ его приходится отождествлять съ *вторичнымъ леонгардитомъ*. За это говоритъ процентное содержаніе воды, отсутствіе щелочей, удѣльный вѣсъ, и направленія спайности<sup>2)</sup>.

Болѣе детальное изслѣдованіе этого вопроса должно составить предметъ особой замѣтки. Матеріаль, привезенный мною весной 1908 года изъ Monte Catini (Monte Caporciano, presso Volterra, Toscana), т. е. изъ того мѣсторожденія, откуда впервые былъ описанъ капорціанитъ, даетъ возможность подтвердить выше изложенное предположеніе. Необходимо однако отмѣтить, что помимо легко разсыпашающагося капорціанита мною былъ встрѣченъ въ породахъ Monte Catini розовый лучистый минераль, совершенно свѣжій и не разсыпашійся; послѣдній по всѣмъ своимъ свойствамъ, долженъ быть отождествленъ съ *первичнымъ леонгардитомъ*.

## 8.

### Общіе выводы.

Общіе выводы изъ настоящей работы могутъ быть сведены къ слѣдующему:

1) См. Friedel. Bull. soc. minér. d. France 24, 1901, p. 14.

2) См. Dana. Syst. of mineral. London p. 400. Kenngott. (Ueber d. Result. d. Miner. Forschung im Jahre 1853, p. 73) первый высказался за идентификацію капорціанита съ леонгардитомъ. Къ нѣсколько иному выводу пришелъ Lemberg, который сначала отнесъ его къ Farolith'у (Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. B. 28, 1876, p. 555), а затѣмъ (Lemberg. Zeit. d. d. g. Ges. 1885, 37, p. 986) указалъ на тождество реакцій замѣщенія у капорціанита и ломонтита. Последнее, впрочемъ, можетъ быть объяснено тѣмъ, что капорціанитъ долженъ быть разсматриваемъ, какъ вторичный леонгардитъ.

1. Ломонтитъ и леонгардитъ являются довольно распространенными вторичными минералами кислыхъ и нейтральныхъ породъ Россіи.

2. Въ предѣлахъ Крыма эти минеральные виды связаны съ выходами діоритовъ и играютъ роль промежуточныхъ членовъ образованія почвъ.

3. Наиболее распространеннымъ въ Крыму является первичный леонгардитъ.

Въ теоретической части мы пытались установить общій взглядъ на цеолиты и выяснитъ при этомъ соотношеніе между леонгардитомъ и ломонтитомъ.

4. Ломонтитъ и леонгардитъ должны быть рассматриваемы, какъ два самостоятельныхъ минеральныхъ вида.

5. Ломонтитъ отвѣчаетъ формулѣ  $\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; онъ неустойчивъ на земной поверхности и, легко теряя воду, переходитъ въ леонгардитъ.

6. Комплексъ физикохимическихъ свойствъ его отличенъ отъ такового леонгардита.

7. Характерное разсыпаніе ломонтита при вывѣтриваніи связано съ переходомъ его въ леонгардитъ.

8. Соотношенія между обоими видами носятъ характеръ морфотропической зависимости.

9. Различія въ ихъ условіяхъ генезиса сказываются въ томъ, что леонгардитъ болѣе устойчивъ въ растворахъ, богатыхъ щелочами и желѣзомъ. Кроме того необходимо отмѣтить болшую устойчивость леонгардита при болѣе высокихъ температурахъ.

10. Первичный леонгардитъ устойчивъ въ нормальныхъ условіяхъ земной коры; характеризуется опредѣленной кристаллической ячейкой и опредѣленнымъ комплексомъ физикохимическихъ свойствъ. Его химическій составъ выражается формулой:  $(\text{Ca}, \text{K}_2, \text{Na}_2)_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

11. Вторичный леонгардитъ образуется при вывѣтриваніи ломонтита; встрѣчается обычно въ параморфозахъ по послѣднему; обладаетъ всѣми внѣшними свойствами его.



12. Процессъ перехода ломонгита во вторичный леонгардитъ въ природѣ нерѣдко протекаетъ подь вліяніемъ щелочныхъ растворовъ. Въ этомъ случаѣ ломонгитъ не только теряетъ половину частицы воды, но и замѣщаетъ часть кальція калиемъ и натріемъ.

13. Наибогѣе удобнымъ критеріемъ для отличія первичнаго леонгардита отъ вторичнаго является отсутствіе у послѣдняго спайности по  $\{010\}$ .

Москва. Университетъ.  
Минералогическій кабинетъ. Декабрь, 1908.

