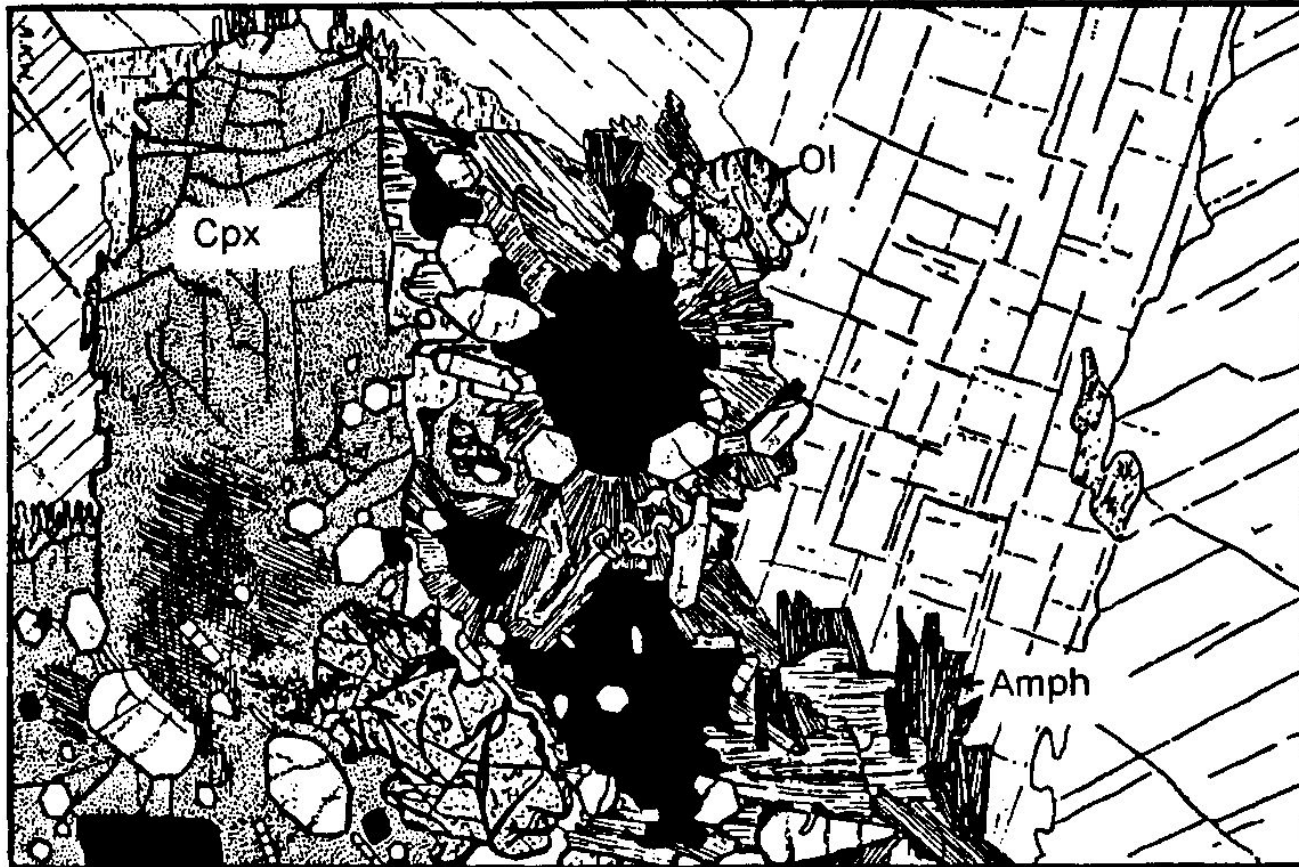


Щелочные породы среднего состава



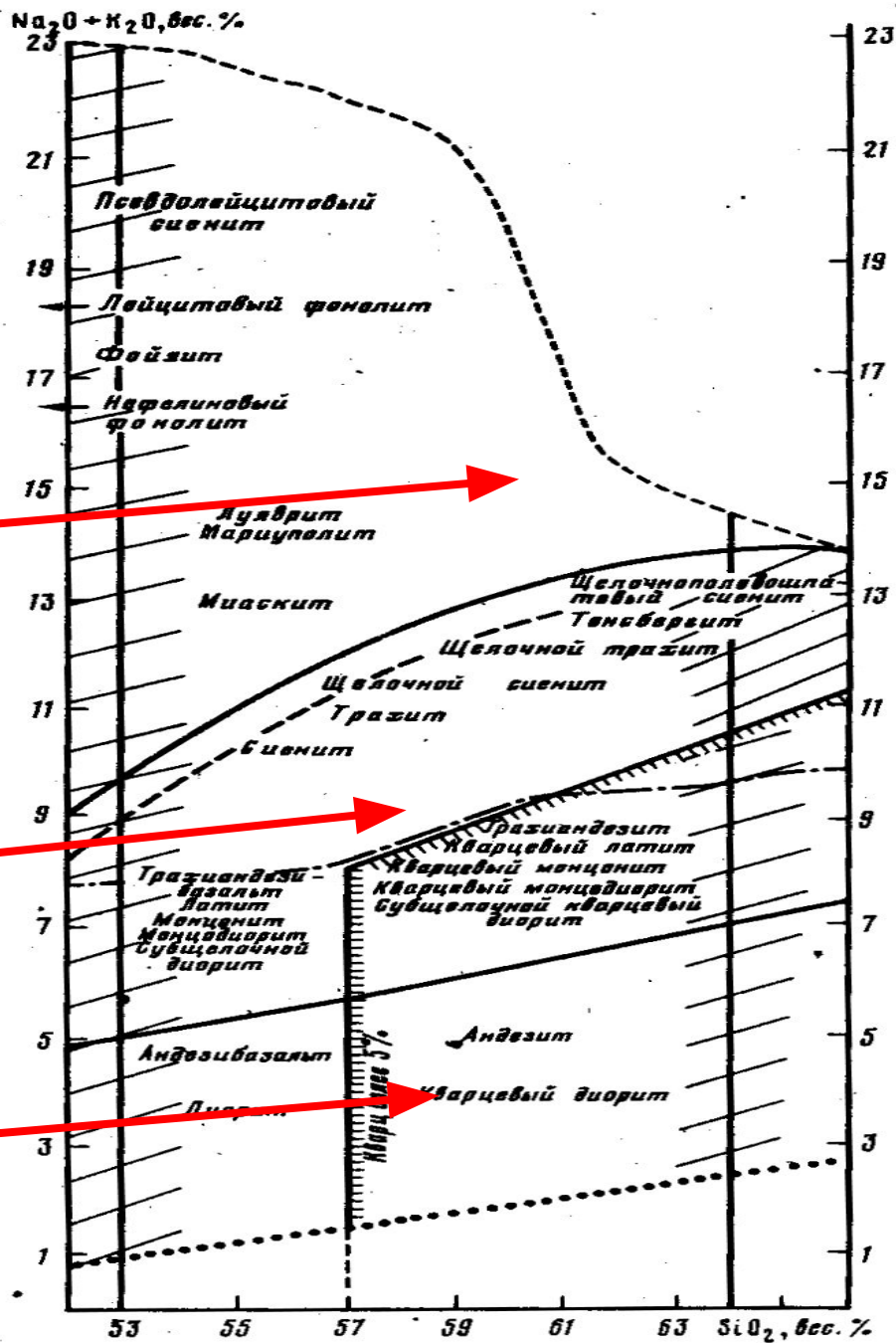
Лаурвикит (Ларвик, Норвегия)

Систематика пород среднего состава

Щелочной ряд

Умереннощелочной ряд

Нормальный ряд



- Щелочные породы среднего состава распространены ограничено. Среди них выделяются плутонические (**щелочные сиениты и нефелиновые сиениты**) и вулканические (**щелочные трахиты, фонолиты и лейцитифиры**) образования.

Средние плутонические породы; подотряд щелочных
 $53 \leq \text{SiO}_2 \leq 64$; $7 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 21$

Семейства горных пород	Щелочные сиениты (бесфельдшпатоидные)	Фельдшпатоидные сиениты * (нефелиновые, псевдолейцитовые, кальсилитовые)					
		Нефелиновые сиениты				Псевдолейцитовый сиенит	Сыннырит
Виды горных пород	Щелочной сиенит **	Фойяит	Луяврит	Мариуполит	Миаскит		
Модальный минеральный состав, об. %	Ab 0–50 Fsp 20–70 alkCpx (Am) 1–35 Q 0–3	Fsp 30–50 Ne 25–40 alkCpx 5–10 alkAm 0–15 Ab 5	Fsp 35–50 Ne 20–45 Ab 5–10 alkCpx 10–30 alkAm 0–30	Ab 40–60 Ne 5–30 Aeg 15–30 ±alkAm Lep (Bt)	Fsp 20–60 Ne 20–30 Lep (Bt) 5–20 Am 0–20 Ab (Olg) 0–20	Fsp 20–50 Lc' 25–70 Cpx 5–20 Bt (Lep) 0–10 Ne 0–10 Ks 0–10	Fsp 55–75 Lc' 20–80 Ks 10–35 Ne 0–10 Cpx 0–5 Bt (Lep) 0–5
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %							
SiO ₂	56–66	54–57	52–55	55–62	54–60	54–59	53–58
TiO ₂	0,1–1,5	0,2–1,5	1–4	0,1–1	0,1–1,5	0,1–0,7	0,1–0,3
Al ₂ O ₃	13,5–20	16–23	10–17	16–24	20–24	20–23	17–23
Fe ₂ O ₃	1,5–6,5	2–4	5–10	2–6	0,5–3	0,5–3	0,5–5
FeO	1–5	0,5–4	1,5–4	0,5–2	1–2	0,3–2	0,3–2
MgO	0,3–5	0,5–1,5	1–4	0,1–1,5	0,3–1,5	0,3–0,8	0,3–1
CaO	1,5–6,5	1–3	0,7–3	0,5–4	0,5–2,5	0,5–3	0,2–2
Na ₂ O	3–11	8–12	7–10	9–13	6–10	0,8–3	0,5–2,5
K ₂ O	0,2–8	5–8	4,5–5,5	3–4	5–10	15–20	16–20
Тип щелочности	Натриевый и калиево-натриевый	Калиево-натриевый		Натриевый	Калиево-натриевый	Калиевый	

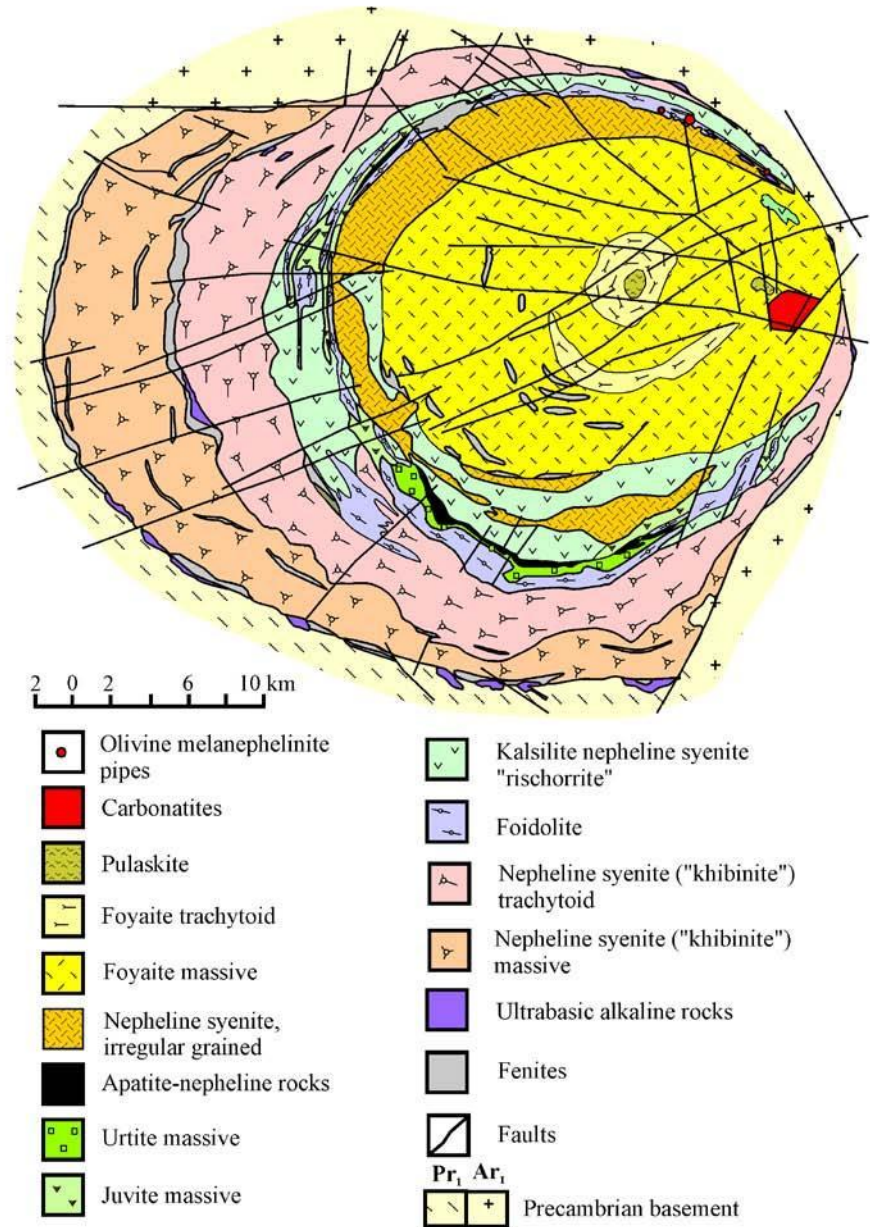
Щелочные сиениты

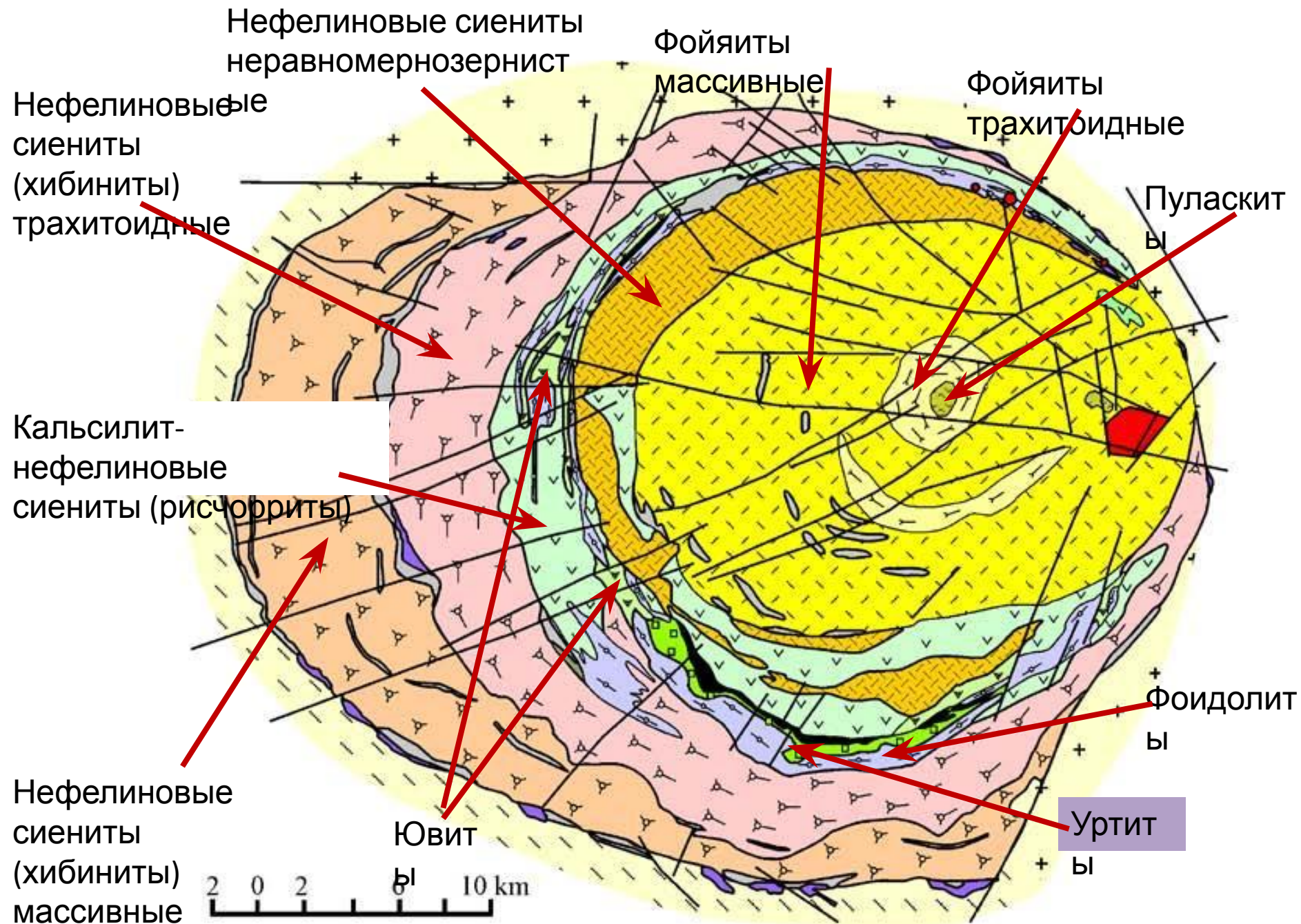
- **Щелочные сиениты** не имеют в своем составе фельдшпатоидов. Они обладают средне- и крупнозернистой, гипидиоморфнозернистой структурой, массивной или трахитоидной текстурой. Они сложены калиевым полевым шпатом, альбитом, щелочным амфиболом или пироксенами, биотитом. Содержание щелочных полевых шпатов достигает 80-85%. В калиевых щелочных сиенитах цветной минерал представлен биотитом и роговой обманкой, а в натриевых - пироксенами (**эгирином, эгирин-авгитом**) и амфиболами (**рибекитом, арфведсонитом**). В качестве второстепенных минералов может присутствовать титаноавгит, нефелин, оливин, гранат.

Нефелиновые сиениты

- *Нефелиновые сиениты* содержат в своем составе фельдшпатоиды и обладают крупнозернистым строением. Главные минералы представлены **калиевым полевым шпатом и альбитом, составляющими 60-70%, нефелином (10-30%), щелочными пироксенами и амфиболами, высокожелезистым биотитом (10-25%);** акцессорные минералы: апатит, титанит, циркон, магнетит, ильменит, флюорит, эвдиалит и тантало-цирконо-силикаты; вторичные минералы: содалит, канкринит, цеолиты, натриевая слюда.
- Количество нефелина в них варьирует в широком пределах. Полевые шпаты представлены альбитом, микроклином, ортоклазом и микропертитом, количественные соотношения, между которыми сильно варьирует. Пироксены представлены **эгирином, реже титаноавгитом, амфиболы - арфведсонитом, а биотит - лепидомеланом.**
-

- Нефелиновые сиениты часто образуют небольшие самостоятельные тела в виде штоков, лакколлитов или лополитов. В пределах Кольского п-ва они слагают значительную часть Хибинского и Ловозерского плутонов, вмещающих крупные месторождения апатит-нефелиновых руд.





- **ПУЛАСКИТ** - pulaskite. Разновидность нефелинсодержащего щелочнополевошпатового сиенита, содержащего щелочной полевой шпат и изменяющиеся количества натриевых пироксенов и амфиболов, фаялита, биотита с незначительными количествами нефелина. (*Williams. 1891, p. 56; гора Фурш, район Пуласки, Арканзас, США; Trog. 186; Joh. v. 4, p. 5; Tomk. p. 469*)

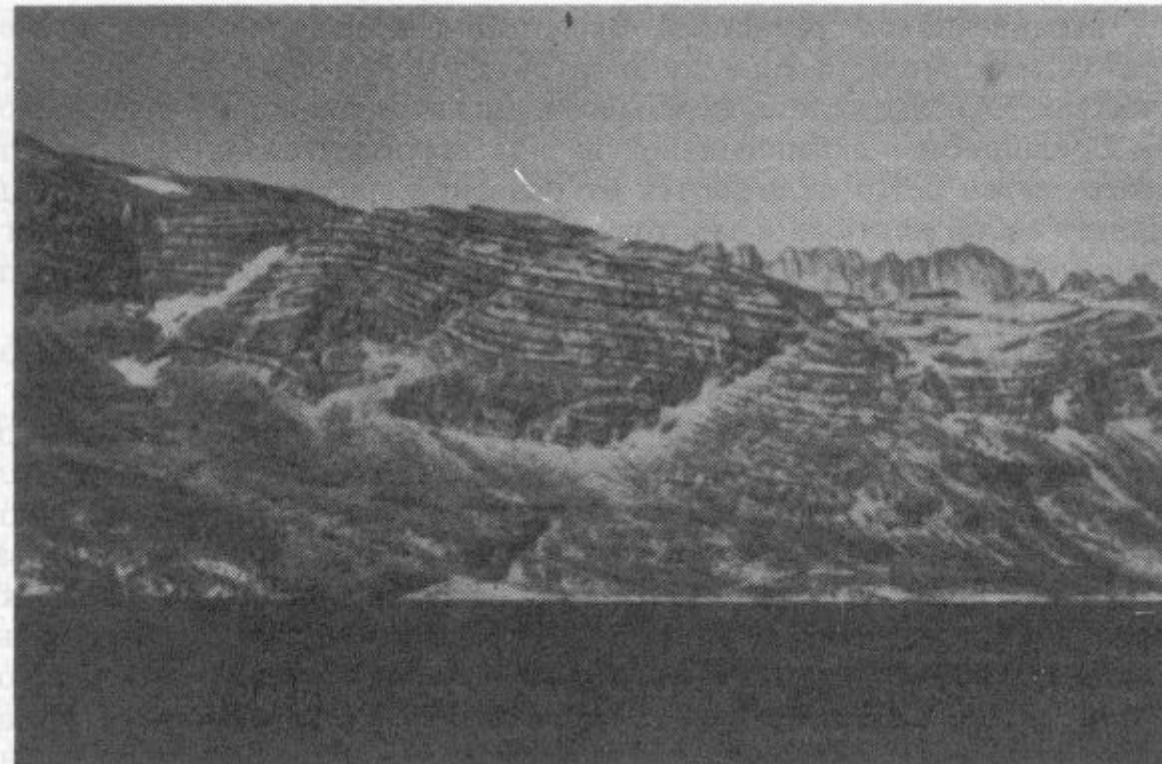
- **РИСЧОРРИТ** - rischorrite. Разновидность биотитсодержащего нефелинового сиенита, в котором кристаллы нефелина пойкилитически включены в микроклинпертит. Эгирин-авгит, апатит и непрозрачный минерал часто присутствуют в небольшом количестве (*Куплетский, 1932, с. 36; гора Рисчорр, Хибины, Кольский полуостров, Россия; Trog. (38) 413 1/2: Tomk. p. 493*)

- **ЮВИТ** - juvite. Местное название для крупнозернистой разновидности нефелинового сиенита, в которой калиевый полевой шпат преобладает над натриевым. Иногда использовался как общий термин для калиевых нефелиновых сиенитов. (*Brogger, 1921, p. 93; Ювет, комплекс Фен, Телемарк, Норвегия: Trog. 413; Joh. v. 4. p. 104: Tomk. p. 286*).

- ФОЙЯИТ - foyaite. Вид нефелиновых сиенитов; иногда термин использовался как групповое название для нефелиновых сиенитов, теперь — для нефелиновых сиенитов, имеющих фойяитовую (трахитовую) структуру, образованную пластинками щелочнополевошпатовых кристаллов. (*Blum, 1861, p. 426; гора Фоя, Мончика, Португалия; Trog. 414; Joh. v. 4, p. 100; Tomk. p. 208*)

- УРТИТ - urtite. Плутоническая порода, содержащая свыше 70 % нефелина и эгирин-авгит, но без полевого шпата. (*Ramsay, 1896, p. 463; Луявр-Урт, комплекс Ловозеро, Кольский п-ов, Россия; Trog. 604; Joh. v. 4. p. 316; Tomk. p. 590*)

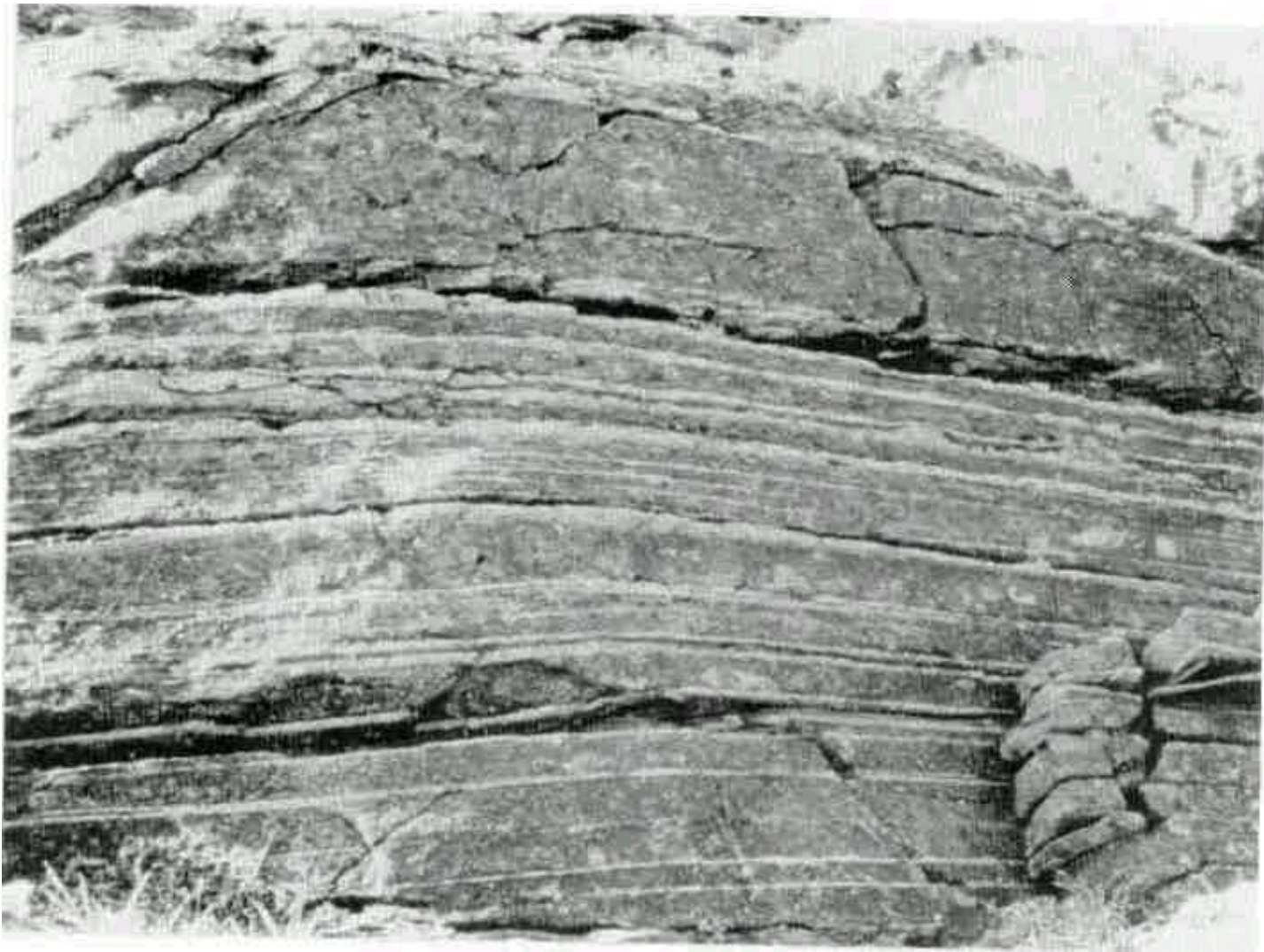
- **ФОИДОЛИТ** - foidolite. .Общий термин для плутонических пород, содержащих более 60 % фойдов в сумме светлоокрашенных составных частей. Если возможно, преобладающий фойд следовало бы использовать в названии, например, нефелинолит, лейцитолит и т. д. (*Streckeisen, 1973, p. 26*)



Ритмическая слоистость в расслоенной серии массива Илимауссак, юго-западная Гренландия, обнажающейся в 400-метровом обрыве Кангердлуарссук-фьорда. Слоистость образована светлыми нефелиновыми сиенитами и темными арфведсонитовыми и эвдиалитовыми породами. Слоистая толща на половину своей мощности перекрыта блоком кровли, погружившимся в нижнюю часть интрузива

Расслоенная серия
ритмичное повторение трех слоев





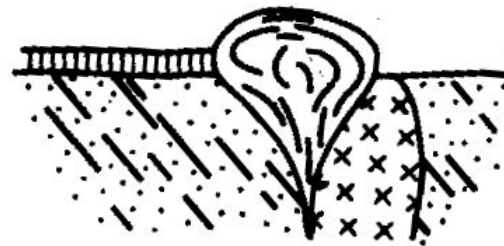
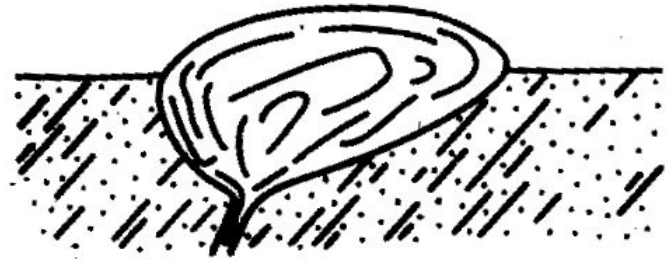
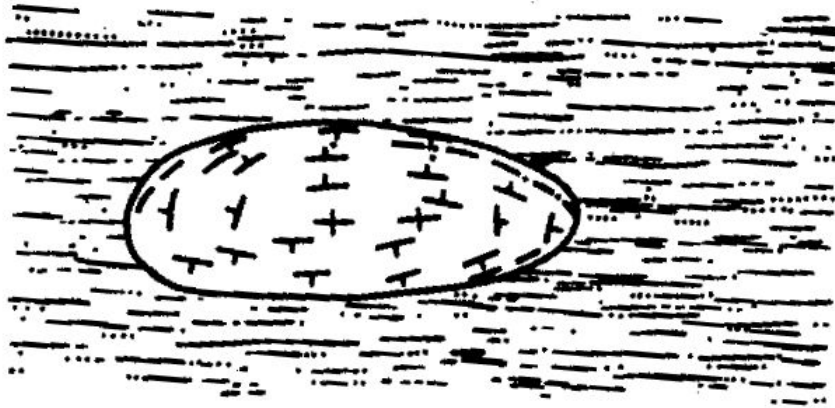
расслоенность в луяврите, показывающая обогащенные нефелином слои (белое) и слои с нормальным арфедсонитовым луявритом (серое).

Средние вулканические породы; подотряд щелочных
 $49 \leq \text{SiO}_2 \leq 66$; $9 \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 21$

Семейства горных пород	Щелочные трахиты	Тефрифонолиты		Фонолиты	
Виды горных пород	Щелочной трахит	Нефелиновый тефрифонолит	Лейцитовый тефрифонолит	Фонолит	Лейцитовый фонолит
Модальный минеральный состав, об. %	Pl 0–25 Fsp 40–50 alkCpx 0–20 Am 0–10 Q 0–5 или Ne 0–10 стекло < 75	Fsp 30–60 Ne 10–20 Sod 0–20 Cpx 5–10 (до 30) Pl 0–5 Ol 0–5 Am (Bt) 0–10 Lc 0–10	Fsp 15–40 Lc 10–30 Ne 0–10 Cpx 10–20 Pl 0–10 Ol 0–5 Am (Bt) 0–10	Fsp 40–60 Ne 10–40 alkCpx 10–20 alkAm 0–10 Pl 0–10 ±стекло	Fsp 40–60 Lc 20–30 alkCpx 5–10 Bt 0–5 Pl 0–5 Ol 0–5 ±стекло
Граничные содержания породообразующих оксидов, мас. %					
SiO ₂	58–66	48,5–53	49–54	52,5–59	54–61
TiO ₂	0–2	0,5–2	0,1–3	0,1–1,5	0,6–4
Al ₂ O ₃	14–22	16–22	10–20	16–23	10–23
Fe ₂ O ₃	0,5–6	1–3	3–5	0,5–4	1–5
FeO	0–5	1–5	1–4,5	0,5–4	1–2
MgO	0,2–2,5	0,1–2	0,1–2,5	0,1–2	0,5–0,8
CaO	0,5–5	1–5	2–6	1–3	2–3
Na ₂ O	3,5–12	5–11	2–7	3–13	1,5–6
K ₂ O	3–7,5	3–9	6–11	3–9	6–15
Тип щелочности	Калиево-натриевый		Калиевый	Калиево-натриевый	Калиевый

- **Фонолиты** большей частью имеют порфировое, реже афирное строение. Они сложены санидином, нефелином, пироксенами (диопсид, эгирин), щелочными амфиболами и акцессорными минералами. Различают нефелиновые фонолиты с фонолитовой структурой (идиоморфные кристаллы нефелина преобладают над санидином) и трахитоидные с трахитовой структурой с микролитами санидина, а также лейцитовые фонолиты, вкрапленники которых сложены лейцитом, санидином и нефелином).
- Фонолиты встречаются на островах Тихого, Атлантического и Индийского океана, островных дугах и в пределах рифтовых зон континентов (Восточная Африка). Они образуют купола и лавовые потоки, а также дайки с характерной тонкоплитчатой отдельностью.

Формы экструзивных тел фонолитов



Жильные и дайковые породы

- **Ультраосновные породы – пикриты** (пример – Нясюккские дайки в Печенгском районе)
- **Основные породы – долериты (диабазы)**. По составу то же, что габбро и базальты. Отличаются от габбро мелкозернистой офитовой структурой – идиоморфные лейсты плагиоклаза и ксеноморфные зерна клинопироксена ± стекло.

Жильные и дайковые породы

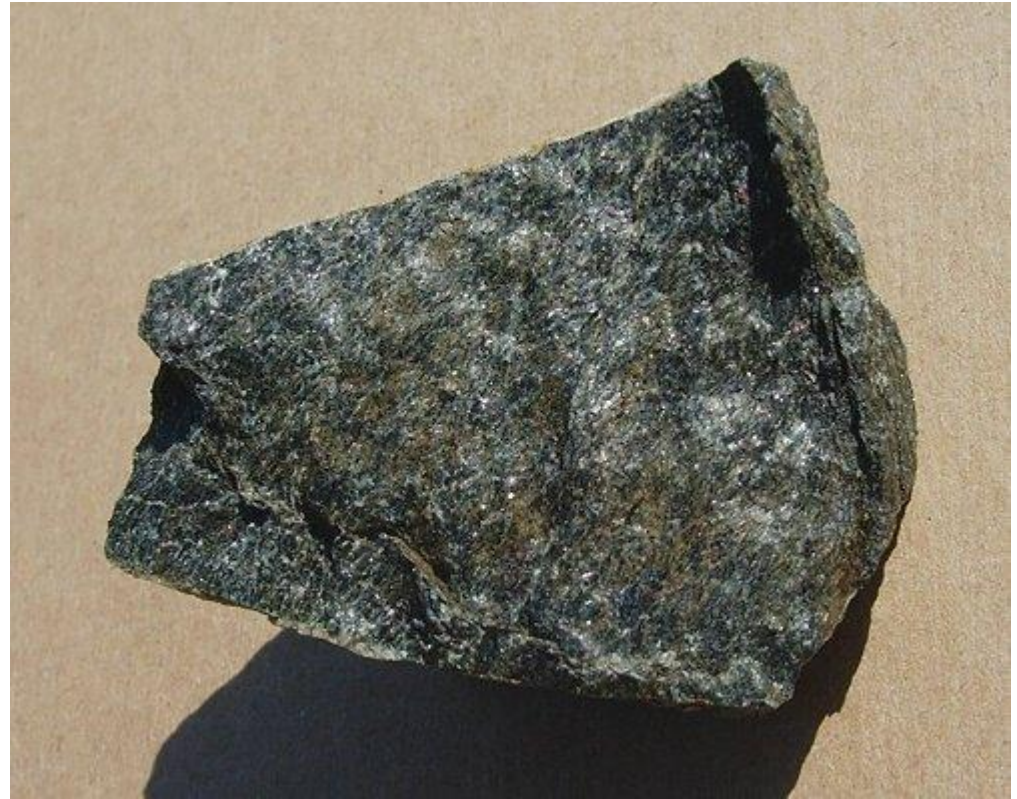
- Средние породы *нормальной щелочности* – **диорит-порфириты** – жильные породы, имеющие минеральный и химический состав диорита и обладающие порфировой структурой. Во вкрапленниках преобладает плагиоклаз, встречаются роговая обманка и клинопироксен. Основная масса полнокристаллическая, мелкозернистая. Афировые мелкозернистые и афанитовые породы получили название **микродиоритов**.

Жильные и дайковые породы

- **Средние породы умереннощелочные – лампрофиры.** Главные породообразующие минералы – роговая обманка, биотит или флогопит, плагиоклаз, К-На полевой шпат. Содержание цветных минералов достигает 50 об.%. В лампрофирах с порфировой структурой вкрапленники – только темноцветные минералы, а полевые шпаты только в базисе.

Жильные и дайковые породы

Термин «лампрофир» был предложен фон Гумбелем в 1874 году для группы пород, встречающихся в дайках и малых интрузиях, для которых характерны вкрапленники роговой обманки и биотита, но отсутствуют вкрапленники щелочного полевого шпата.



Жильные и дайковые породы

- Средние породы **щелочные** – **тингуаит** и **нефелин-сиенитовый порфир**.
- **Тингуаит** - порода названа по местности Тингуа в Бразилии и представляет собой жильный эквивалент нефелинового сиенита. Структура часто порфировая или порфировидная. Вкрапленники К-На полевого шпата, нефелина, клинопироксена погружены в мелкозернистую основную массу, состоящую из полевого шпата и нефелина, а также иголочек эгирина, придающих породе зеленоватую окраску.
- **Нефелин-сиенитовые порфиры** отличаются от тингуаитов полнокристаллическими структурами.

Жильные и дайковые породы



Тингуаит является уникальным в своем роде поделочным камнем. Хотя бы потому, что его добывают всего в двух месторождениях в мире.

Одно месторождение находится в горах де Тингуа в провинции Сьерра де Тингуа, недалеко от бразильского города Рио-де-Жанейро. От этих мест он и получил свое название. Также добыча поделочного тингуанита ведется на Кольском полуострове, в горах Хибины. В Хибинах еще можно встретить черепаховый тингуанит, который не добывают больше нигде в мире.

Жильные и дайковые породы

В пределах Хибинского массива и его ближайшего обрамления эти породы образуют несколько дайковых полей. Одно из них протягивается примерно на 30 км через плато Кукисвумчорр, Поачвумчорр и Тахтарвумчорр. Они образуют серию даек, конусообразно расположенных в массивных крупнозернистых нефелиновых сиенитах – хибинитах. Протяженность отдельных тел 10-100 м при мощности до 10 м, в среднем 0.5-1 м. Судя по морфологии вмещающих трещин и характеру контактов, дайки являются автономной серией пород, внедрившихся по системе разрывных нарушений в уже консолидированный Хибинский массив. Хибинские тингуаиты представляют собой тонко-криптокристаллическую горную породу, состоящую из тонкоигольчатого эгирина (50-70 об. %), плагиоклаза (30-40 %) с незначительным содержанием нефелина (1-2 %), канкринита (1 %), титанита и рудного минерала (1 %).

Наиболее распространен массивный тонкозернистый тингуаит с неясно выраженной текстурой, слагающий центральные части даек. Цвет такого камня, как правило, от зеленовато-серого различных оттенков ("болотный" тингуаит) до темно-серого. По прочности он почти не уступает массивному нефриту, столь же вязок, полируется до зеркального блеска и имеет несомненные достоинства как облицовочный и поделочный камень.

Жильные и дайковые породы

- **Кислые породы – аплит.**
Разновидность мелкозернистых гранитов, слагающих маломощные жилы и дайки в гранитных и гранитоидных массивах. Состоят из зерен кварца и полевых шпатов. Образуются из остаточных расплавов в случае удаления летучих компонентов, что ведет к быстрой кристаллизации. Если остаточный расплав кристаллизуется в замкнутых условиях, то образуются пегматиты.

Жильные и дайковые породы

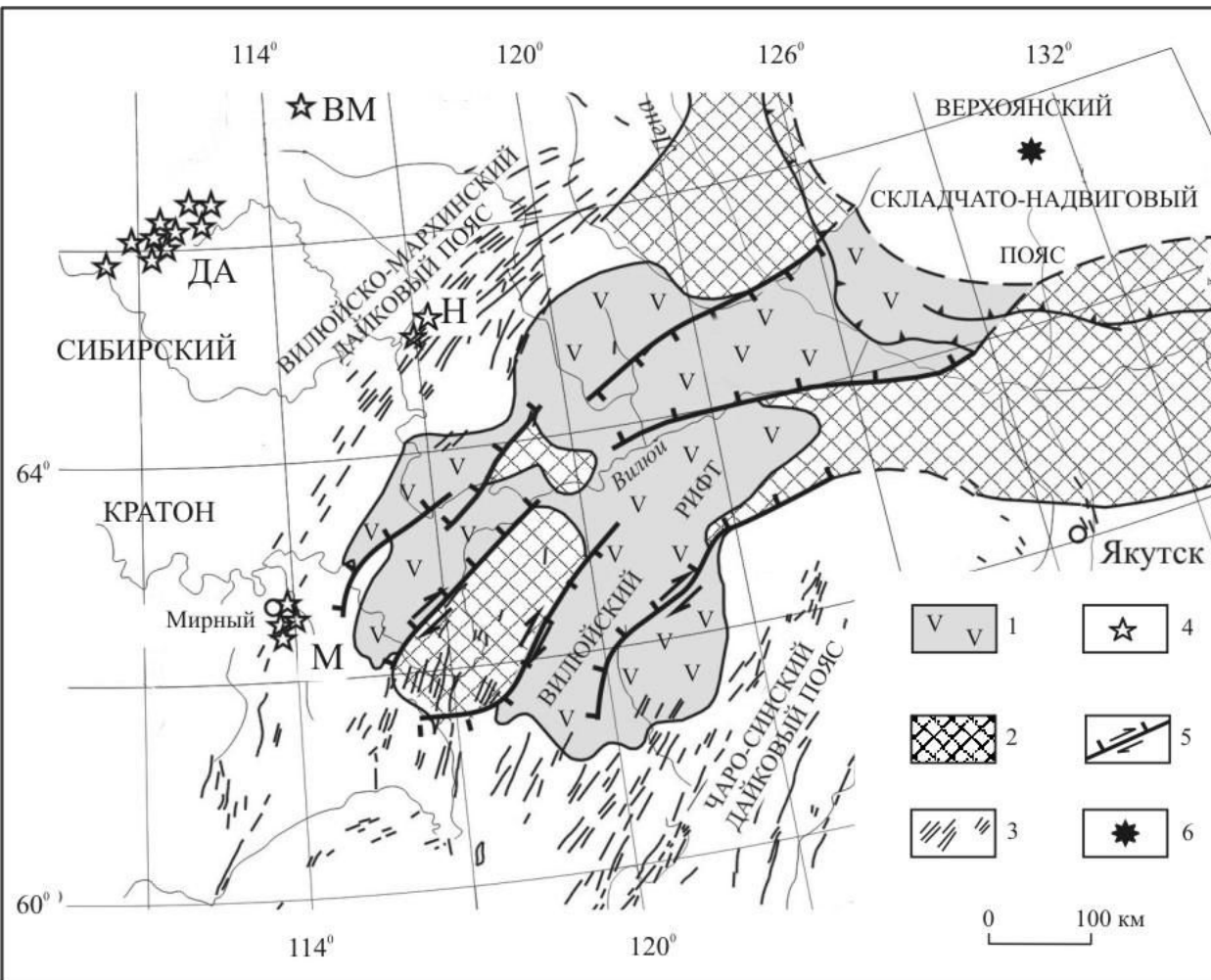


Схема строения Вилюйского рифта
1 – эффузивно-осадочные толщи рифтовых впадин,
2 – участки относительных поднятий, 3 – дайки долеритов, 4 – поля алмазоносных кимберлитов (М – Мирнинское, Н – Накынское, ДА – Далдыно-Алакитское, ВМ – Верхнемунское), 5 – разломы, 6 – центр Якутского плюма [1]

Важными элементами строения Вилюйского

Жильные и дайковые породы

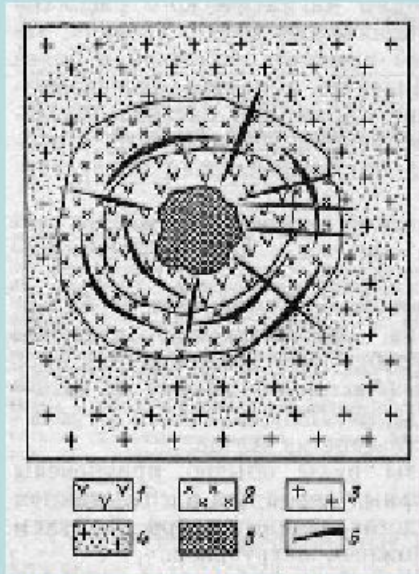




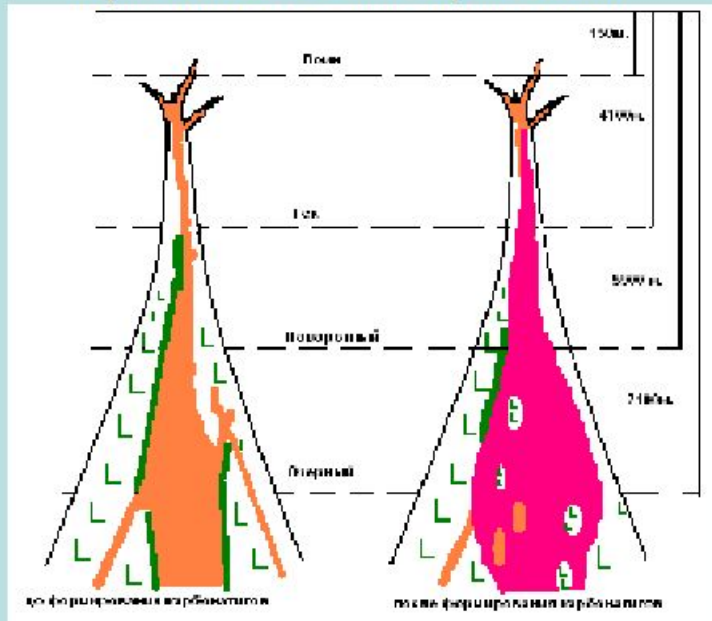
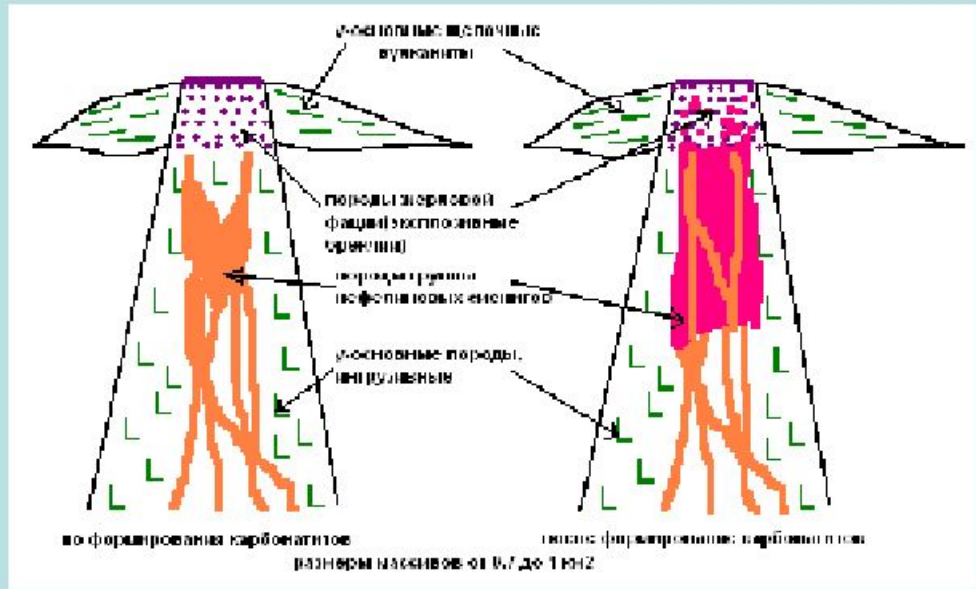
Карбонатиты

Карбонатит - магматическая горная порода, состоящая более чем на 50% из карбонатов. По преобладающему карбонату выделяются доломитовые карбонатиты, кальцитовые карбонатиты и натрокарбонатиты.

Характерные минералы карбонатитов: [кальцит](#), [доломит](#), [флогопит](#), [диопсид](#), [мелилит](#), [апатит](#), [перовскит](#), [пироклор](#), [анкилит](#) и др. Карбонатиты преимущественно встречаются в виде маломощных жил, [даек](#) и [силлов](#).



1- щелочные породы, 2 – ультраосновные породы, 3 - гнейсы, 4 - фениты, 5 – шток карбонатитов, 6 – жилы карбонатитов



- Карбонатиты представляют собой эндогенные существенно карбонатные горные породы, генетически связанные с интрузивными комплексами щелочного – ультраосновного состава.

Разновидности

по минеральному составу

- [карбонатит кальцитовый](#) ([альвикит](#), [кальцитит](#)
[сёвит](#))
- доломитовый, биотит-доломитовый ([бефорсит](#)), доломит-кальцитовый (90-50% кальцита)
- кальцит-доломитовый (50-10% кальцита), анкеритовый, сидеритовый

по химическому составу

- кальцикарбонатит
- магнезиокарбонатит
- феррокарбонатит
- [натрокарбонатит](#)

Карбонатиты, как правило, наиболее поздние из пород, слагающих кольцевые массивы и вулканические аппараты. Обнаружены также эффузивные и пирокластические карбонатиты, образующие автономные лавовые потоки, пепловые покровы и конусы.

Считается, что карбонатиты в целом гетерогенные породы.

Экспериментально доказано, что присутствие большого количества [летучих веществ](#) стабилизирует карбонатные расплавы даже при низком общем давлении; поэтому наряду с присутствием "магматогенных" карбонатитов, как эффузивных, так и интрузивных, распространены и более поздние низкотемпературные карбонатиты гидротермально-метасоматического происхождения.

При развитии карбонатита по [гипербазитам](#) и ийолитам в отдельных массивах возникают апатит-магнетитовые породы с небольшим количеством кальцита (фоскориты, камафориты), которые иногда представляют высококачественные магнетитовые [руды](#) (например, Ковдорское на Кольском полуострове) или богатые апатитом породы (массив [Палабора](#), [ЮАР](#)). При развитии карбонатита по [нефелиновым сиенитам](#) формируется ореол [альбититов](#), часто с тантало-ниобиевым оруденением.

ФОСКОРИТ- PHOSCORITE. Магнетит-оливин-апатитовая порода, обычно связанная с карбонатитами. Название является мнемоническим — от фосфатной (phos-) породы, содержащей ядра (*core*) карбонатита. (*Russell et al., 1955. p. 199: Tomk. p. 435*)

В качестве доказательства магматического происхождения карбонатитов приводятся следующие доказательства:

1. существование щелочно-углекислых, кальциево-углекислых лав (вулкан Олдоно Ленгай, Замбия).

Начиная с 1880 года было зарегистрировано 10 извержений (последнее 1960-1961гг).

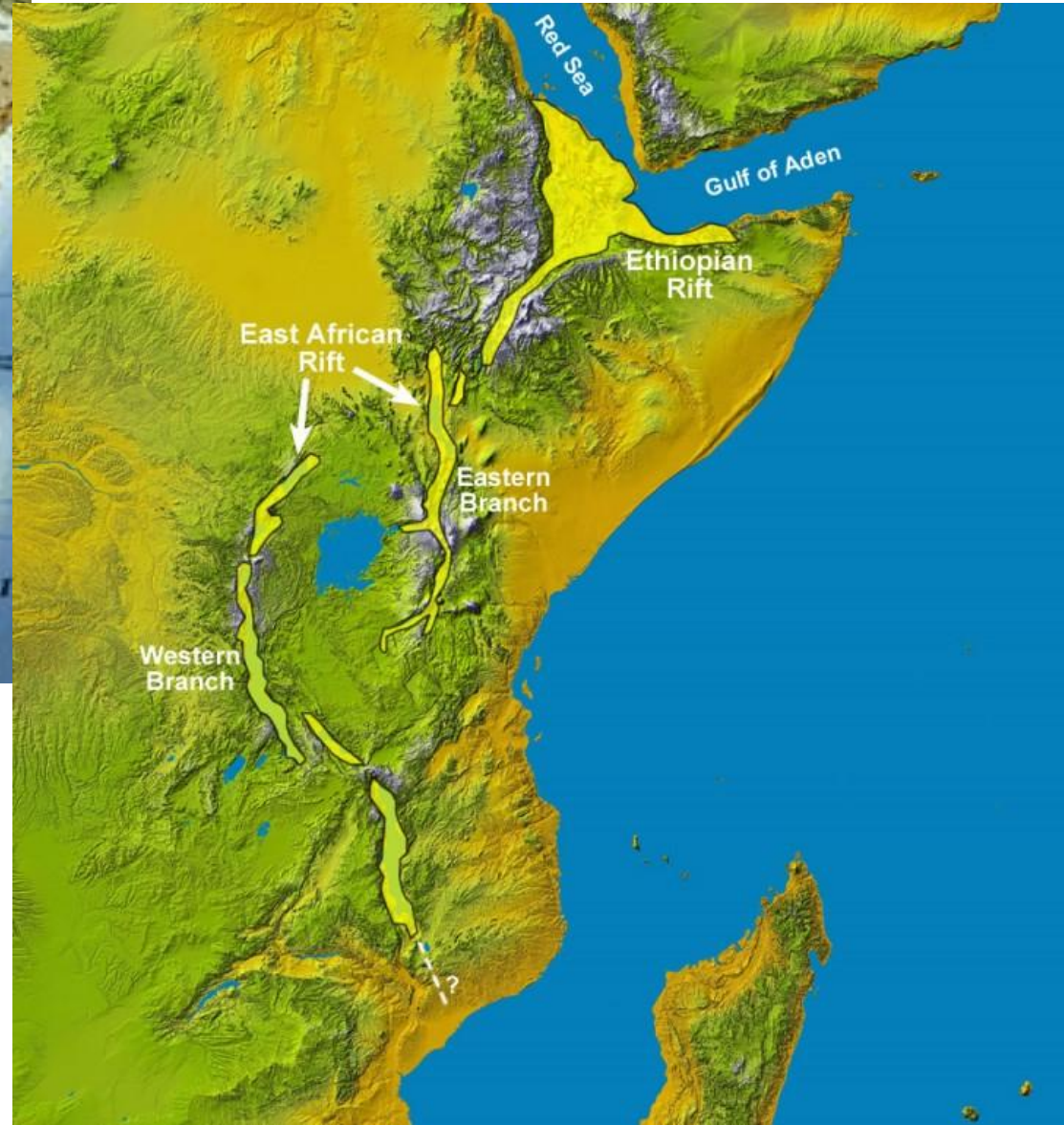
Лавы последнего извержения представлены бурым карбонатом натрия, флюоритом.

Химический состав; %

- SiO₂-сл-1,18
- CaO-12,74-19,09
- TiO₂-0,1-0,8
- MgO-0,41-2,35
- Al₂O₃-0,08-1,70
- Na₂O-29,00-30,00
- MnO-0,04-0,24
- P₂O₅-0,83-1,06
- BaO-0,95-1,05
- CO₂-30,73-32,40
- SrO-0,85-1,24
- H₂O-1,81-8,59
- F-1,84-2,69
- Cl-2,07-3,86
- SO₃-2,00-2,88
- La-0,04%
- Nb-0,0015%

Приурочены к кольцевым интрузиям щелочных магматических пород и кимберлитам. Карбонатиты являются индикатором рифтового типа магматизма. Известен только один вулкан (Олдоно-Ленгай, Танзания) в котором происходят регулярные извержения натрокарбонатитов с температурой 520-580 С.

Восточно-Африканская рифтовая система



Олдонио-Ленгаи





Олдонио-Ленгаи расположен в рифте Грегори на севере Танзании. Начиная с 1983 года в кратерной части вулкана формируются небольшие конуса, изливающие натрокарбонатные (содовые) лавы при температурах 520-580 С. 30 марта 2006 года, по сообщению IPP-Media над кратером поднялся высокий столб пепла, что обычно предшествует крупным эксплозивным извержениям Олдонио-Ленгаи. Был объявлен "оранжевый уровень" опасности и из окрестностей вулкана эвакуированы 3000 жителей. Последнее эксплозивное извержение вулкана было в августе 1966 - июле 1967. Пеплы выпадали за 190 км от вулкана, в Найроби.

- Кальциево-углекислые лавы встречены в районе вулкана Налианго, где они представлены пузырчатой светло-серой породой с фенокристаллами биотита. Основная масса спутанно-волоконистая с микролитами пироксена, оливина, биотита, магнетита, ильменита, апатита, кальцита.
- CaO-35-36%
- CO₂-11,3%
- SiO₂-13-13,8%
- Fe_{суммарно}-52%

В формировании комплекса щелочных-ультраосновных пород и карбонатитов выделяется 4 этапа.

1. Формирование комплекса ультраосновных пород.
 2. Формирование щелочно-у/основных пород (биотит и флогопитсодержащих).
 3. Формирование щелочных пород группы нефелиновых сиенитов (возможно метасоматическая их породы).
- 1-3 этапы сопровождаются формированием фенитов (в экзоконтакте), пироксен-флогопитовых и амфибол-флогопитовых образований (в эндоконтактах).
4. карбонатиты

Температура формирования карбонатитов 630-190°C

Формирование карбонатитов процесс - многостадийный.

По разным авторам 3 до 6 стадий.

Кальцит плавится при 1339°C.

Эксперименты свидетельствуют, что система $\text{CaO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ (Ф. Сыромятников, О. Таттл и др) может существовать при довольно узком интервале: 640-685°C

Данный жидкий расплав содержит газовую и жидкую фазы: 95% H_2O -5% CO_2 .

Отмечают, что по вязкости это больше не расплав, а жидкость, и неизвестно как ее называть магмой или гидротермальным раствором (г. Барт).

Стадии образования карбонатитов

1. ранние крупнозернистые кальцитовые карбонатиты с минералами титана и циркония
2. среднезернистые кальцитовые карбонатиты с дополнительными минералами титана, иногда урана и тория
3. мелкозернистый кальцит-доломитовый агрегат с характерной ниобиевой минерализацией
4. мелкозернистые массы доломит-анкеритового состава с редкоземельными карбонатами

Метасоматическая природа карбонатитов.

Признаки:

1. Общая тенденция развития минеральных парагенезисов, соответствующая изменению режима кислотности в сторону уменьшения pH.
2. Реликты исходных пород среди карбонатитов.
3. Зависимость текстурно-структурных особенностей карбонатитов от текстур и структур вмещающих пород, от этого зависит и состав темноцветных компонентов.
4. Избирательный характер развития карбонатитового процесса.

У/основные породы замещаются более интенсивно, чем нефелиновые сиениты.

Проблема генезиса карбонатитов связана с проблемами взаимодействия системы **кора-верхняя мантия**, происхождением и эволюцией щелочно-базальтоидного магматизма.

Карбонатиты и сопутствующие им породы представляют важный тип месторождений полезных ископаемых. С карбонатитами связаны месторождения ниобия, циркония, тория, редкоземельных элементов, апатита, флогопита и др. Среди наиболее крупных - месторождения флогопита и вермикулита (Ковдор на Кольском п-ве, Гулинский массив - Полярная Сибирь), железа (Ковдор на Кольском п-ве; Палабора в ЮАР), фосфора (Палабора в ЮАР; Сукулу в Уганде и др.), богатые месторождения руд ниобия (Араша, Бразилия; Луэш, Заир; Ока, Канада и др.), также месторождения тантала (Нкомбва, Замбия), циркония (Палабора, ЮАР), редких земель (Мрима, Кения), меди (Палабора, ЮАР), флюорита (Тагна, Россия), цементного и известковистого сырья (Тороро и Сукулу, Уганда). Кроме того, возможно извлечение из некоторых месторождений барита и стронцианита.

В условиях гипергенеза на карбонатитах развивается кора выветривания, содержание полезных компонентов в которой (апатита, пирохлора, бастнезита и др.) повышается в 3-5 раз по сравнению с коренными породами.