

Лекция 5

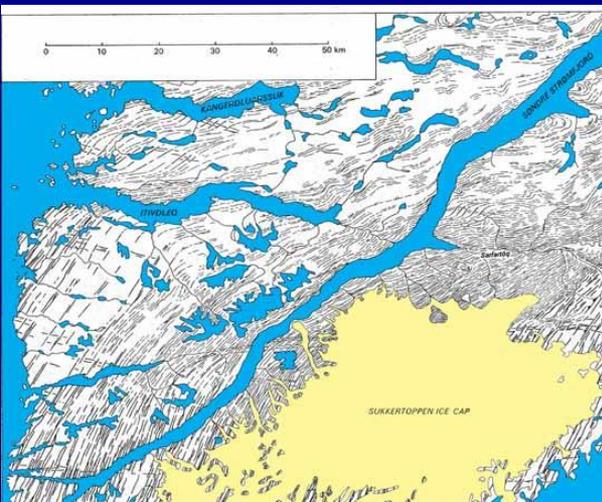
Комплексы даек и силлов: питающие системы вулканических аппаратов



Дайки

- самый распространенный тип интрузий
- присутствие в составе и вулканических, и плутонических комплексов
- мощность - от сантиметров до километров (редко)
- протяженность - до сотен километров
- часто образуют группы (рои)

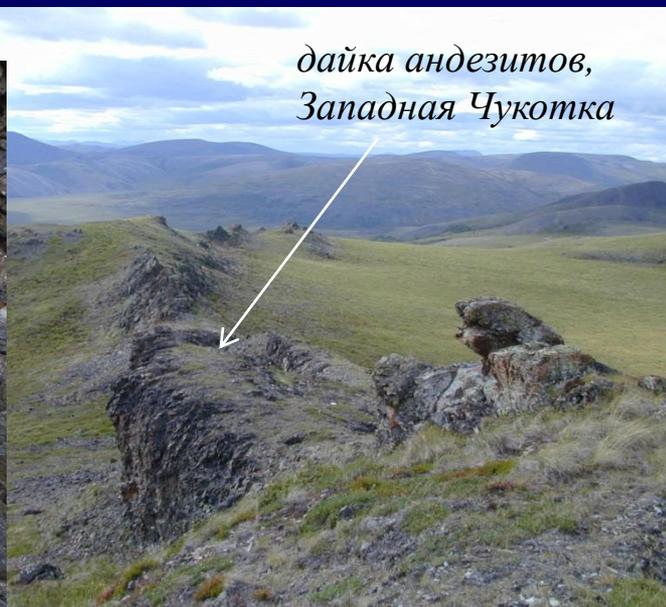
дайковая провинция
Арктической Канады



дайка щелочных базальтов,
Израиль (wikipedia.org)



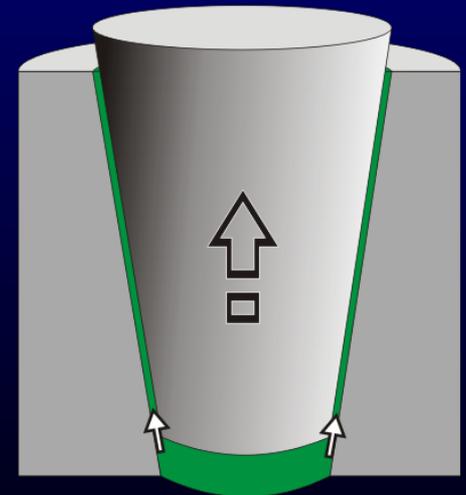
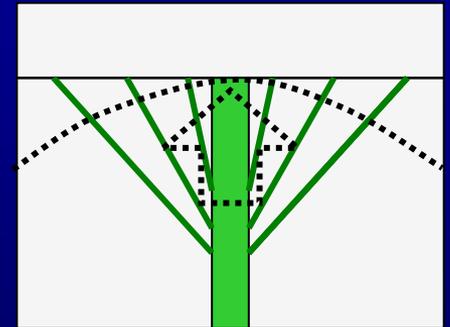
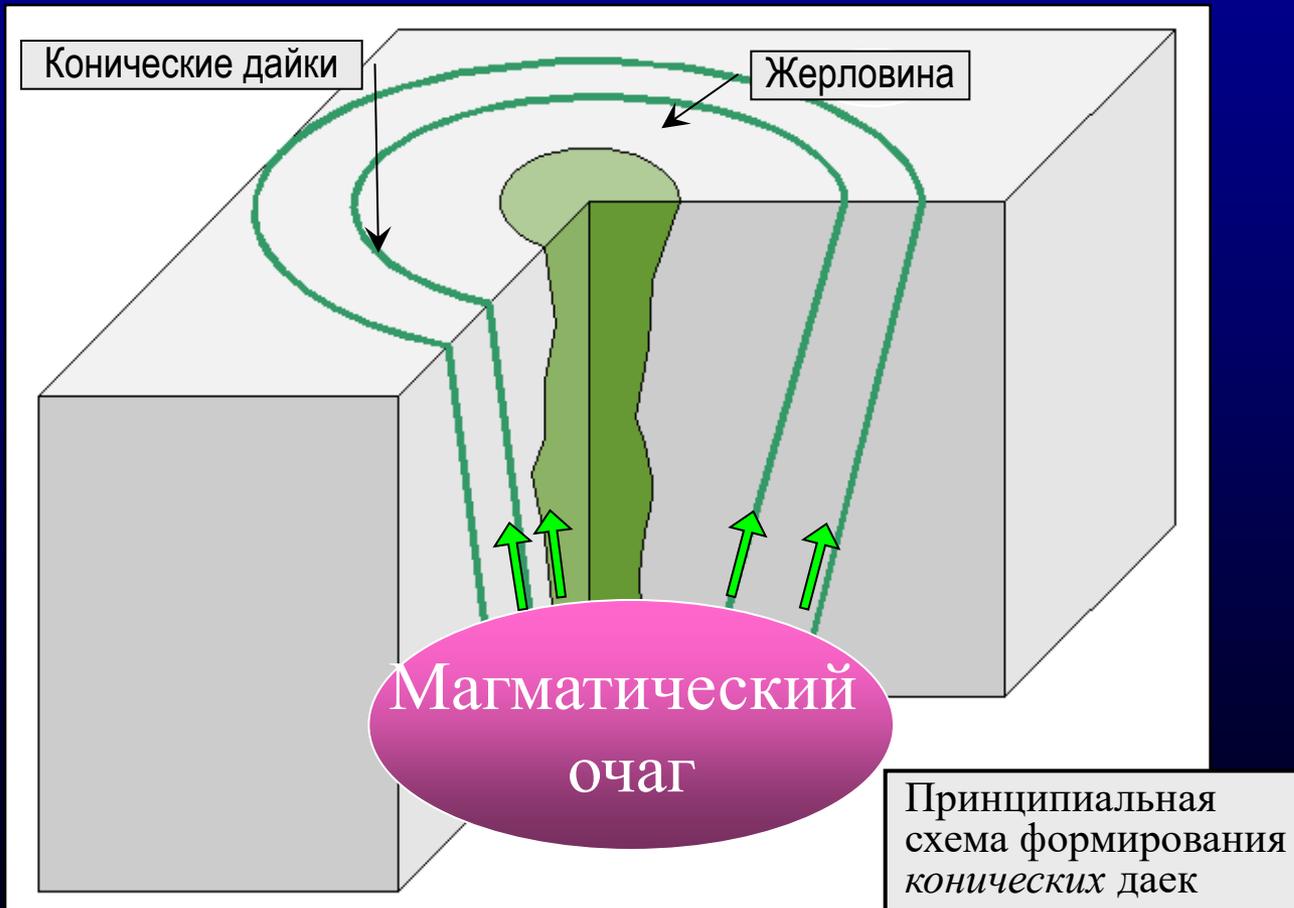
дайка долеритов,
Забайкалье



дайка андезитов,
Западная Чукотка

1. Конические дайки

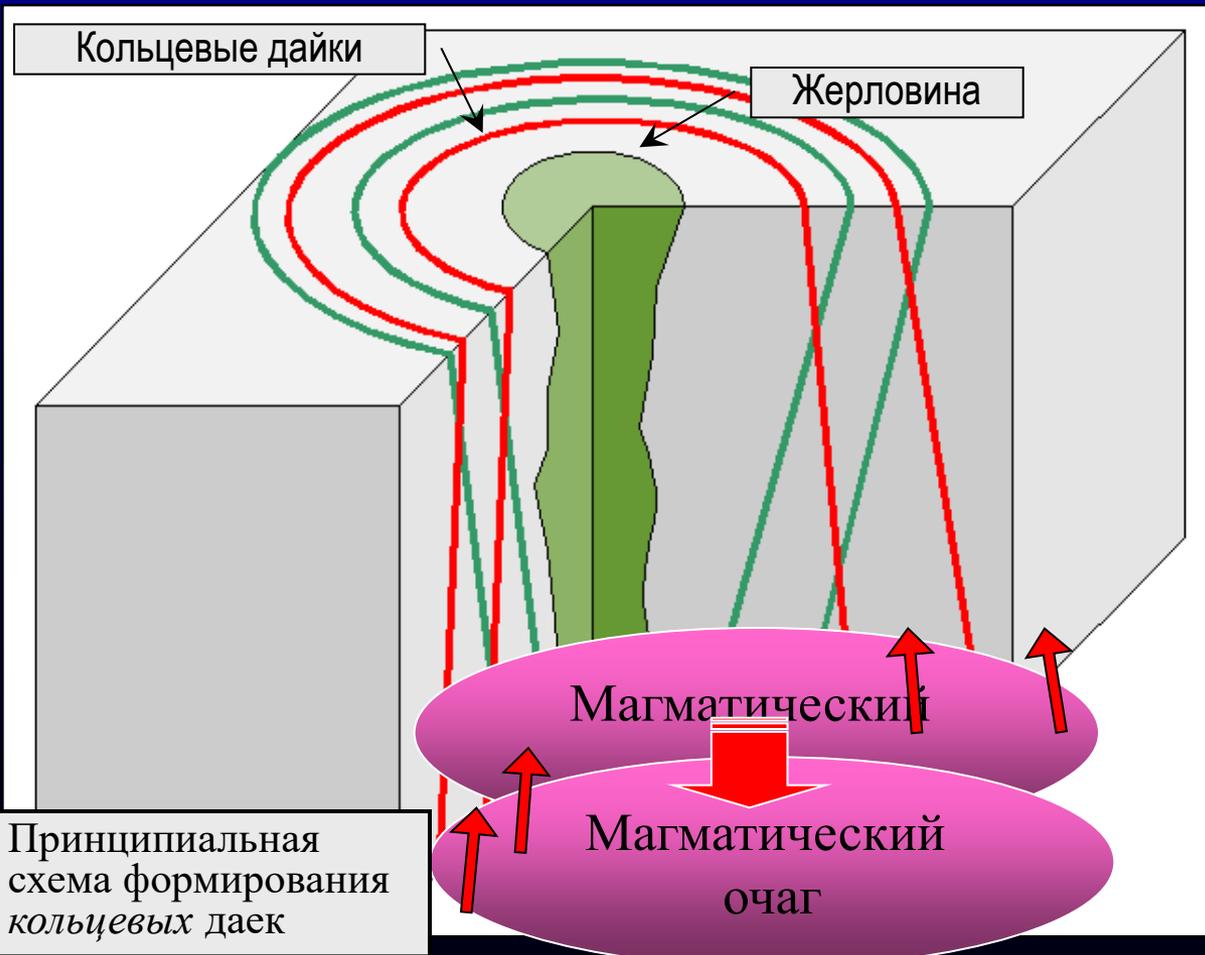
Формирование конических даек происходит вокруг вулканических центров, питающихся из близповерхностных промежуточных (*периферических*) очагов магмы. Заполнение такого очага магмой сопровождается поднятием объема пород над очагом и возникновением конических трещин (сходящихся вниз), которые и заполняются магмой, образуя конические дайки. В вертикальном разрезе вулкана конические дайки, как правило, образуют расходящийся вверх веер.



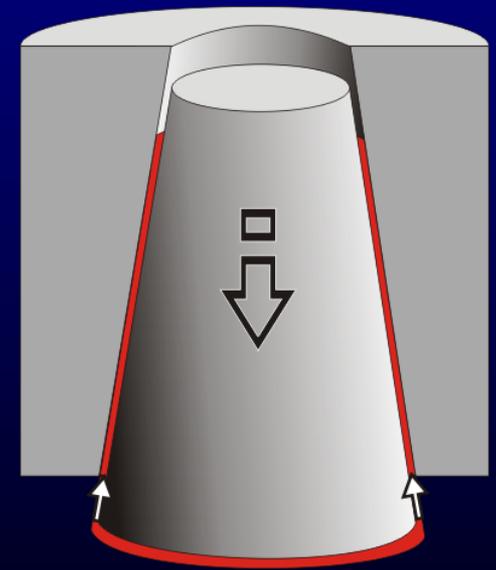
Принципиальная схема формирования конических даек

2. Кольцевые дайки

После извержения очаг опустошается, и вулкан оседает в освободившееся пространство с образованием кольцевых трещин, расходящихся вниз. В эти трещины поступают выжатые осевшими породами остатки магмы из очага, образуя кольцевые дайки. Иногда кольцевые дайки в вертикальном разрезе имеют вид веера, расходящегося вниз.

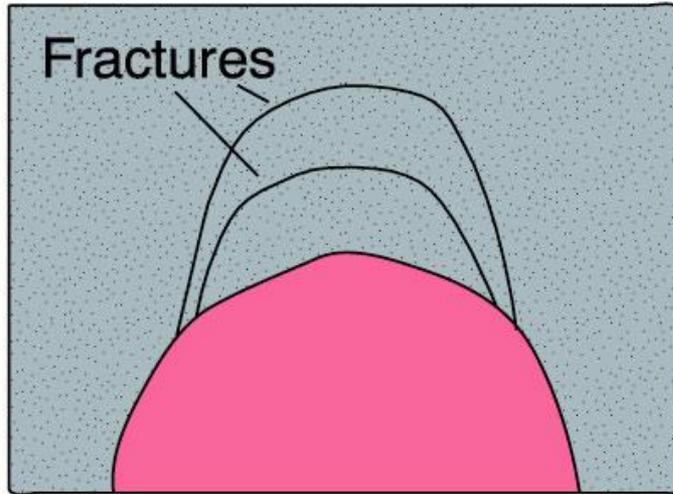


NB! В этой модели кольцевые дайки всегда моложе конических!

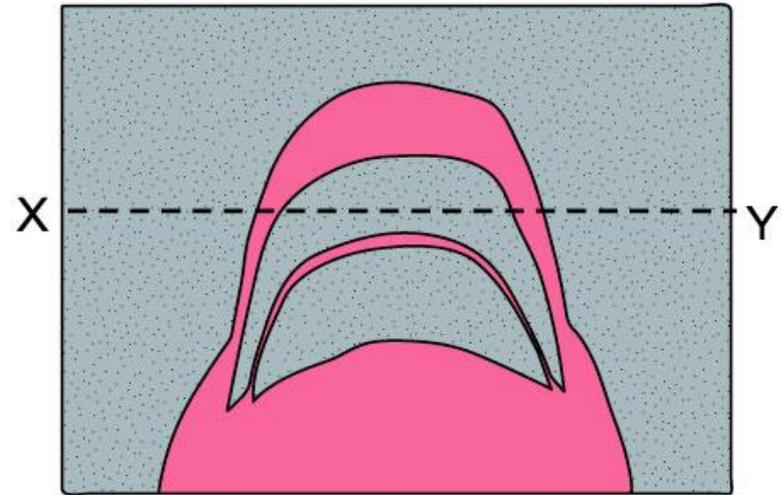


из материалов Ал.В Тевелева

Cross -sections of Ring Dike

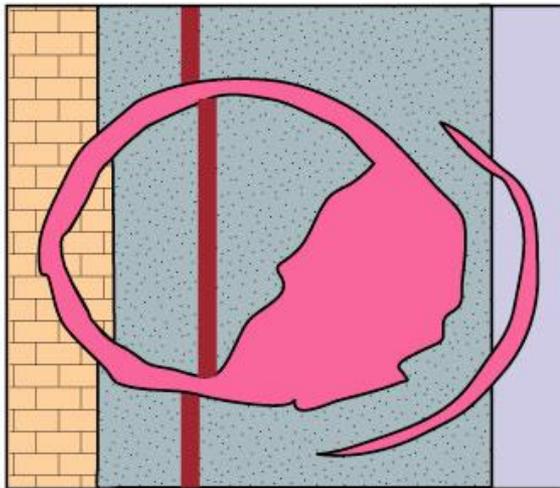


a



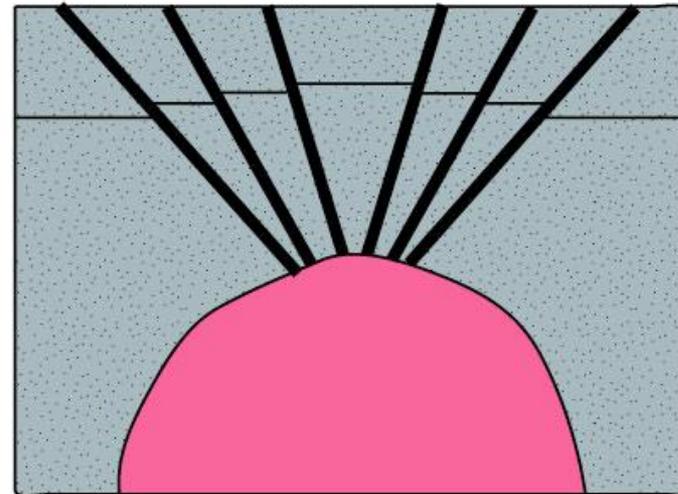
b

Map View of Ring Dike



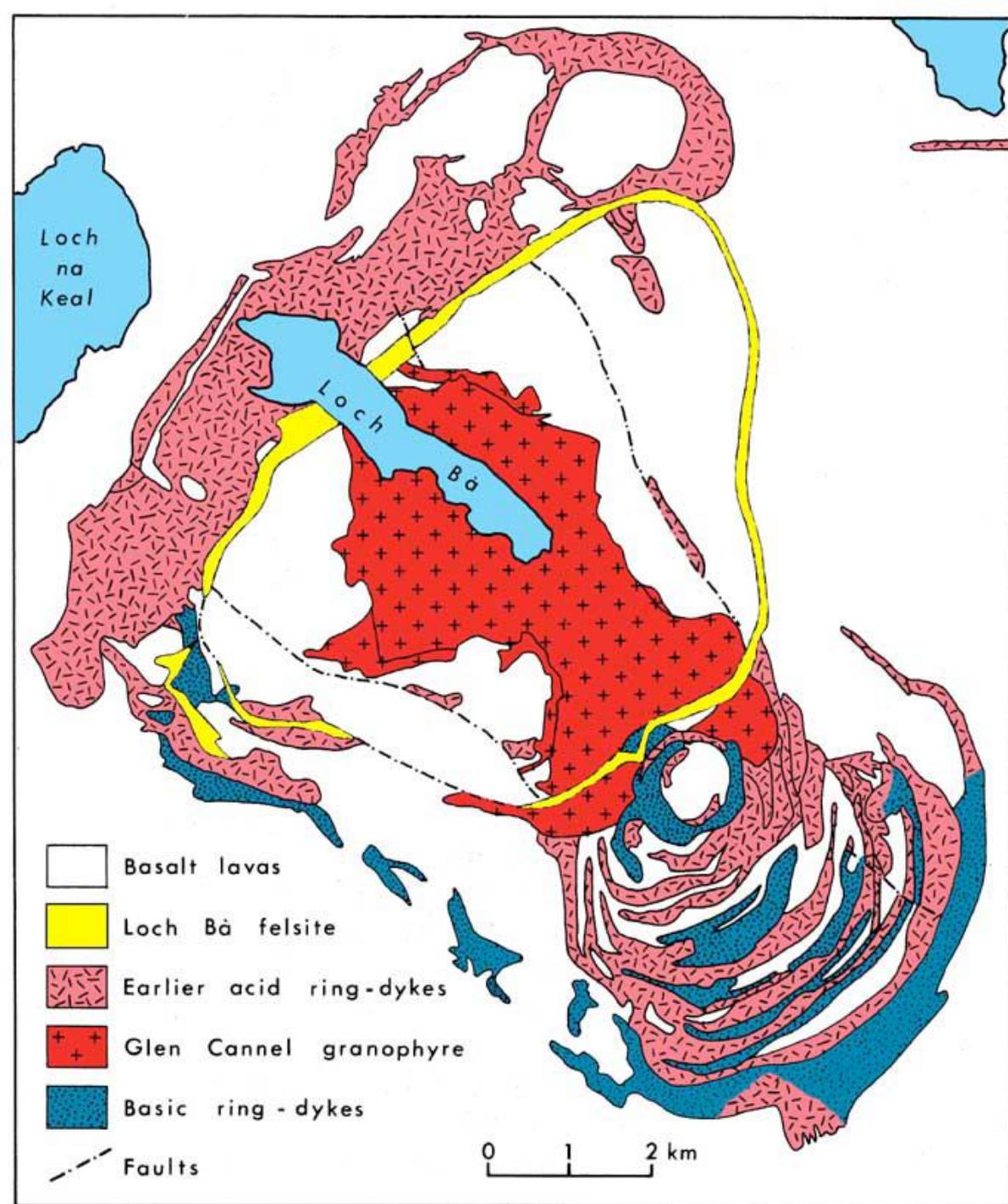
c

Cone Sheet



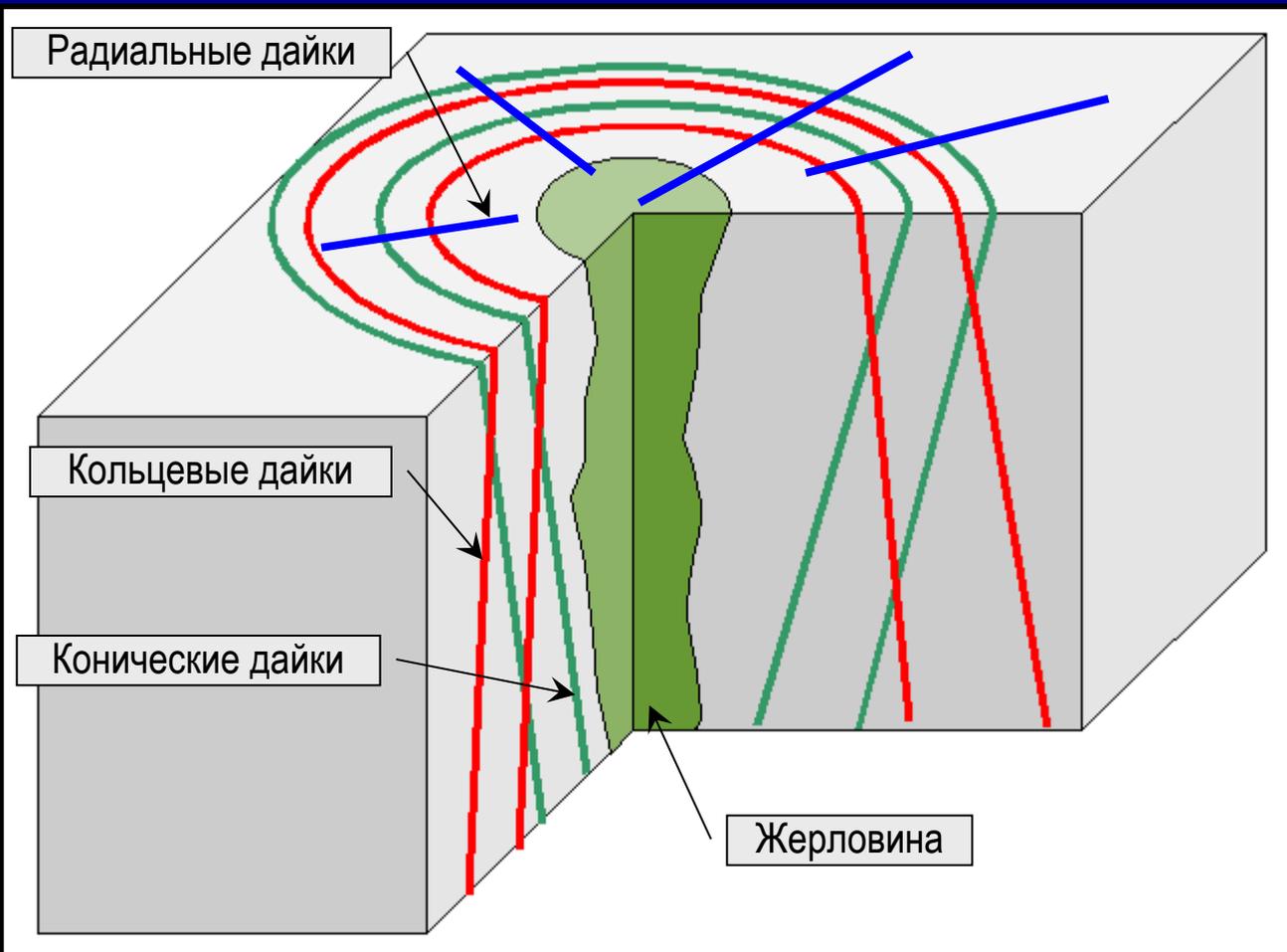
d

Кайнозойские кольцевые и конические дайки о. Молл, Шотландия

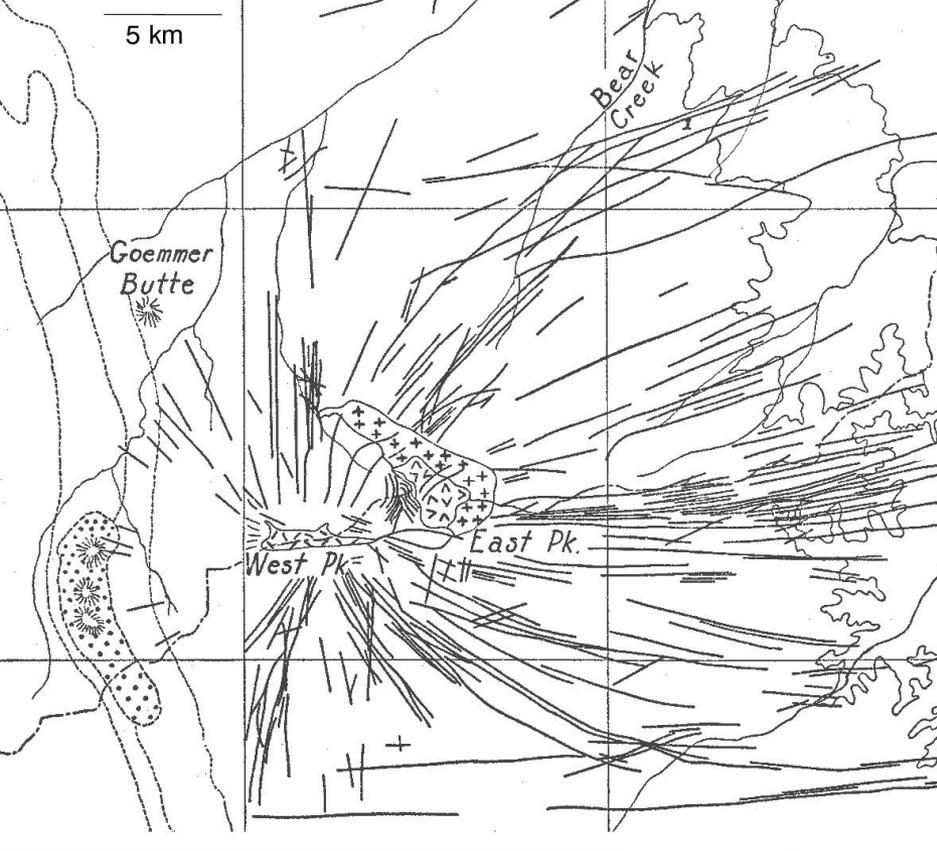


3. Радиальные дайки

Формирование радиальных даек также происходит вокруг вулканических центров, питающихся из близповерхностных очагов. Причина образования контролирующих эти дайки разрывов – неравномерный подъем или погружение кровли магматического очага



Аналогия с радиальными разрывами в кровле соляных диапиров



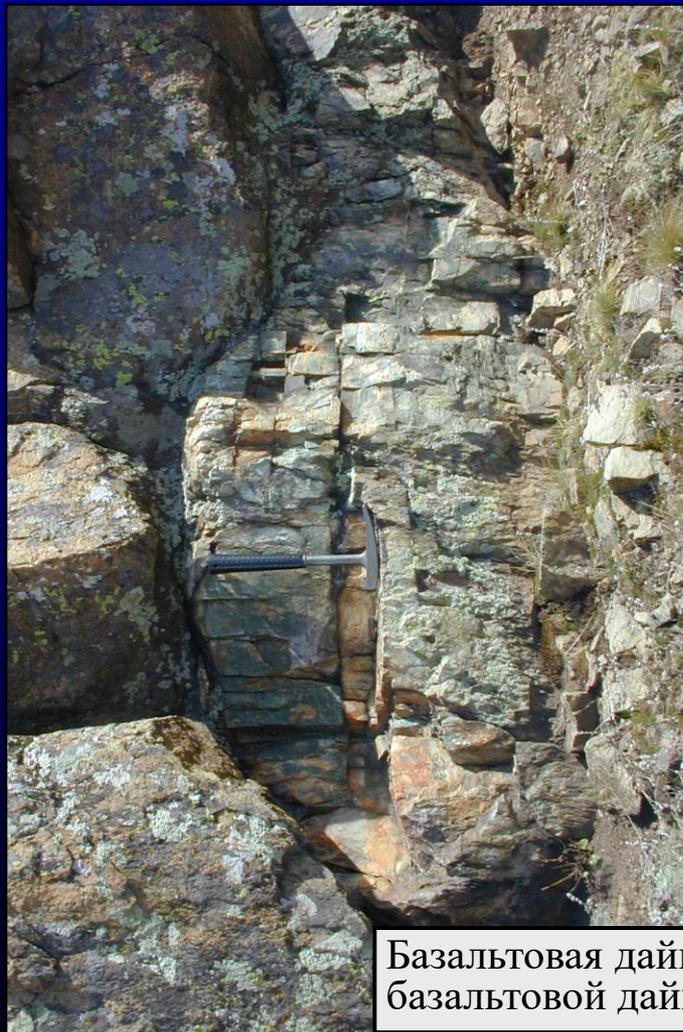
Система радиальных даек вокруг гор Spanish Peaks, Колорадо

Эрозионный останец некка с радиальными дайками вокруг (Ship Rock, Нью-Мексико)



4. Комплексы «дайка в дайке» (*dike-in-dike*)

Менее удачные синонимы: «комплексы пластинчатых даек» (*sheeted dikes*), «комплексы параллельных даек». Формируются в зонах быстрого растяжения, при котором дайки внедряются последовательно целой серией, причем каждая последующая дайка внедряется в центральную часть предыдущей (*телескопирование даек*)



Базальтовая дайка в базальтовой дайке. Ю. Урал

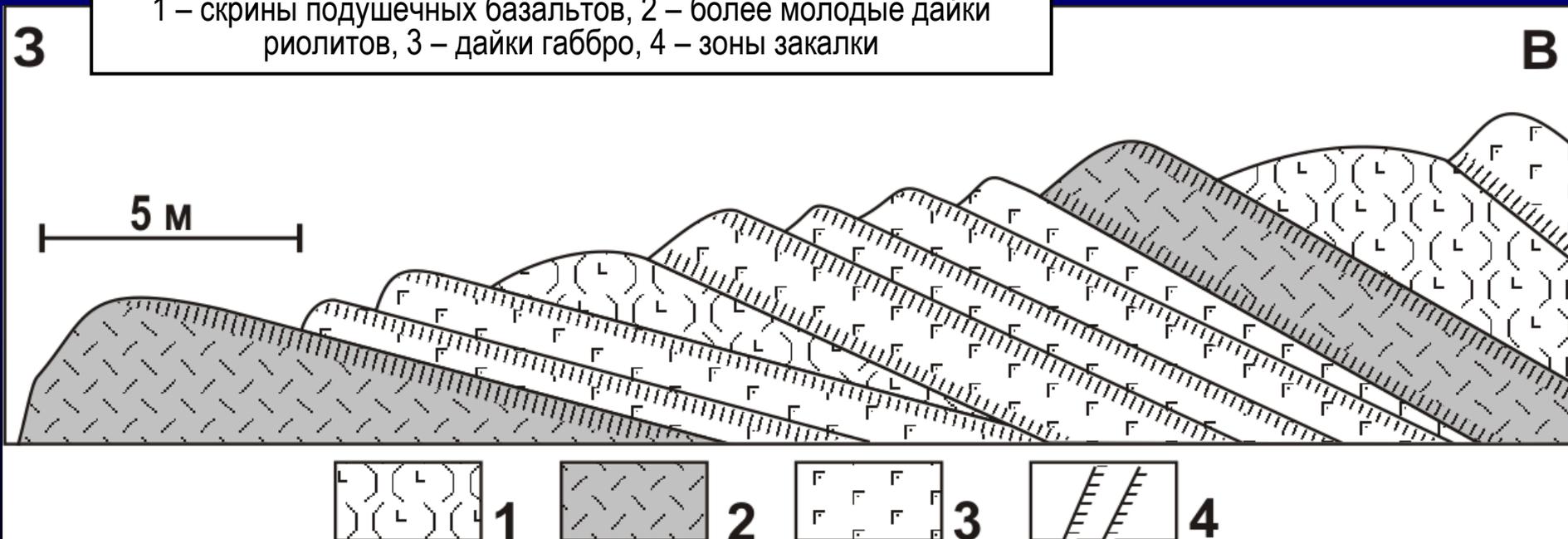


Комплекс девонских параллельных даек в районе р. Шуулдак. Мугоджары (фото А.В. Беловой)

4. Комплексы «дайка в дайке» (*dike-in-dike*)

- явление, типичное для комплексов «дайка в дайке» - *односторонняя закалка даек*
- останцы вмещающих пород внутри дайкового комплекса называются *скринами*

Комплекс девонских параллельных даек в районе д. Самарское. Ю. Урал (по А.В. Рязанцеву, А.В. Беловой, 2010).
1 – скрины подушечных базальтов, 2 – более молодые дайки риолитов, 3 – дайки габбро, 4 – зоны закалки



Типичные структуры дайковых пород – мелко- и тонкозернистые, часто – порфировые или порфировидные



дайка резко порфировидных сиенитов в среднезернистых гранодиоритах (п-ов Кони-Пьягина, Примагданье)

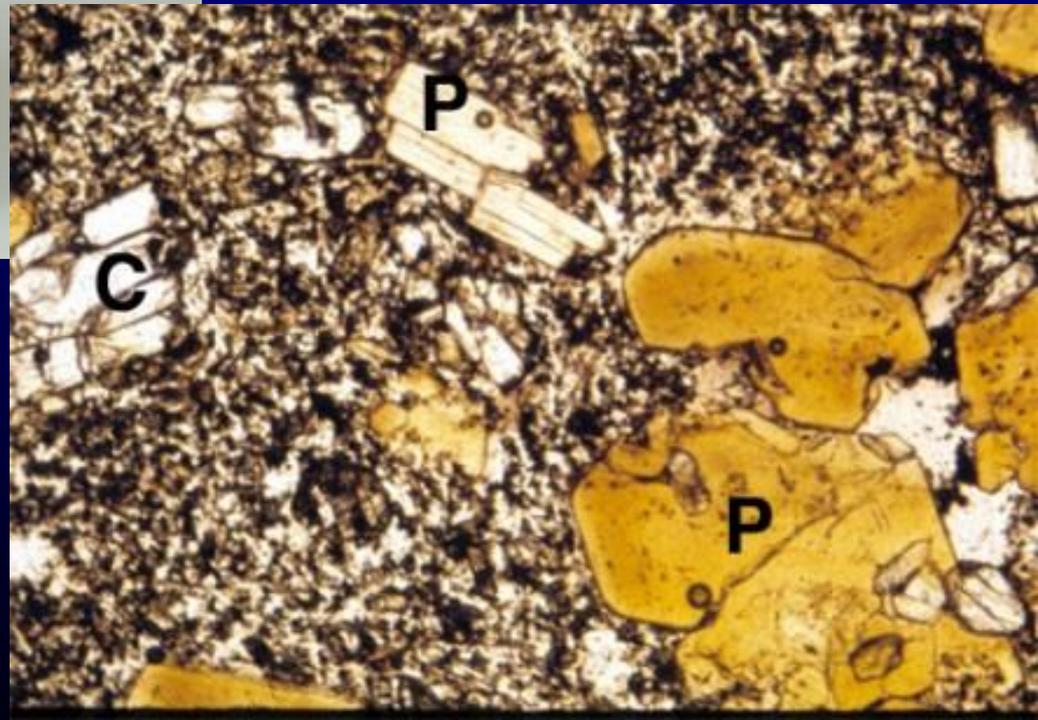
Специфические дайковые породы - лампрофиры



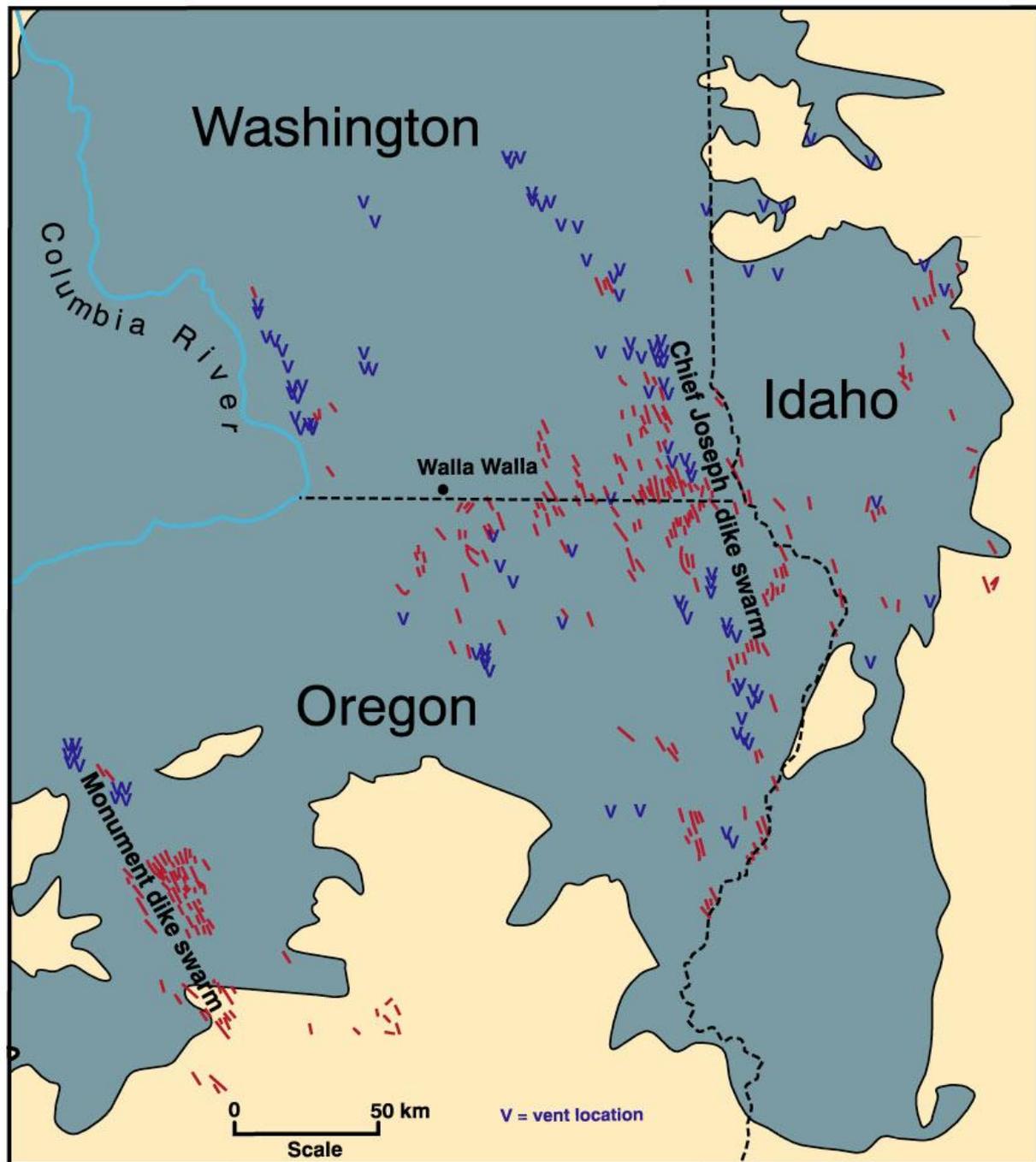
- Повышенная щелочность;
- Преобладание темноцветных среди вкрапленников

wikipedia.org

m-geo.udsu.ru



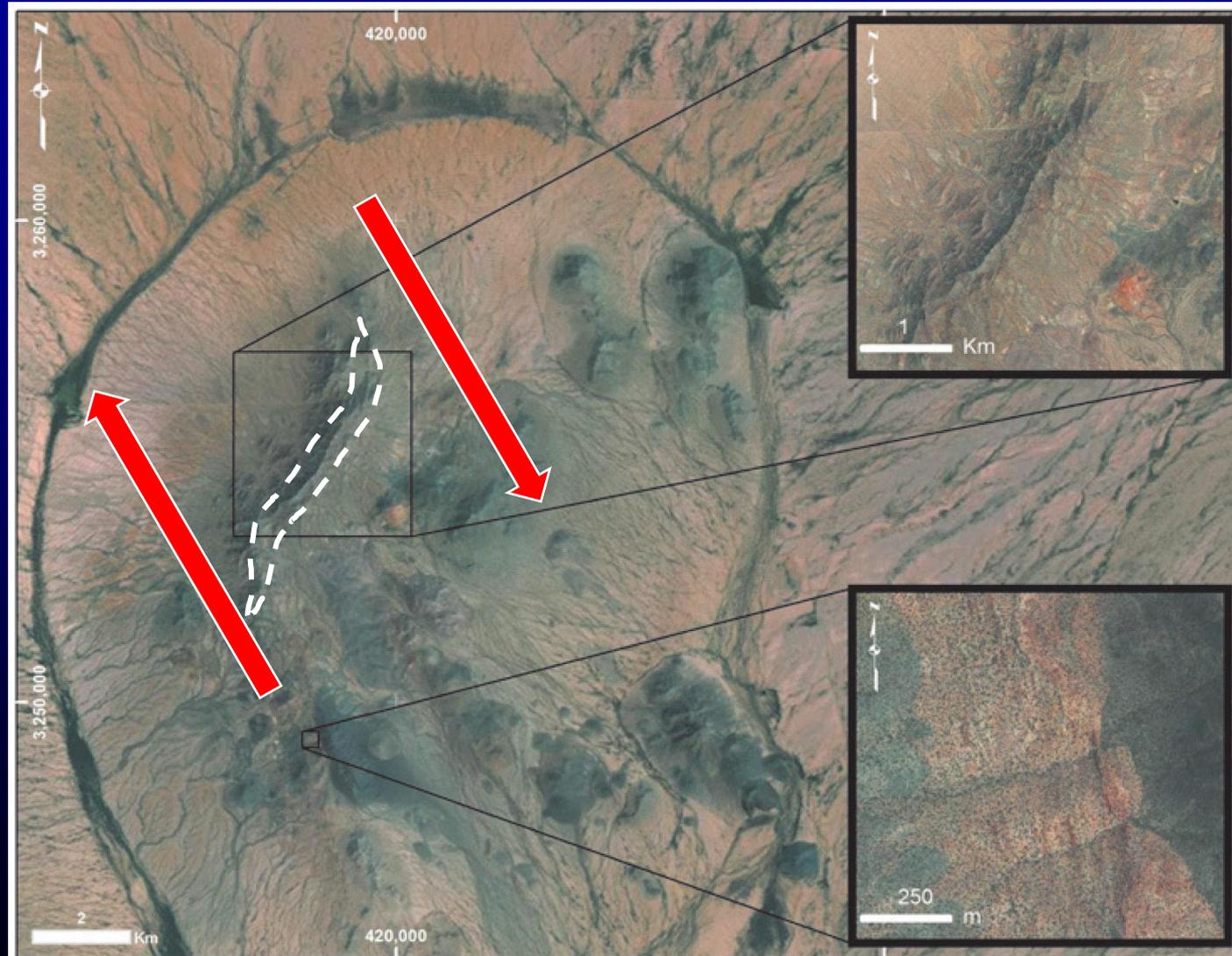
Расположение подводных даек и жерловых тел (V) юго-восточной части провинции Колумбия-Ривер (Tolan et al., 1989)



Сигмоидальная морфология даек – свидетельство внедрения в присдвиговой обстановке

Купольная структура Rancho Nuevo (N1, Калифорния): монцонит-гранодиоритовый плутон, перекрытый вулканитами. Прорван дайками риолитов.

(Garcia-Martinez et al., 2015)



Реконструкция направления течения магмы в дайках

- Ориентировка линейных текстур: вкрапленников, миндалин, ксенолитов;
- Ориентировка плоскостных текстур;
- Апофизы во вмещающие породы;
- Замыкания даек и перекрытие смежных сегментов;
- Борозды на контакте (минерализованные или нет)

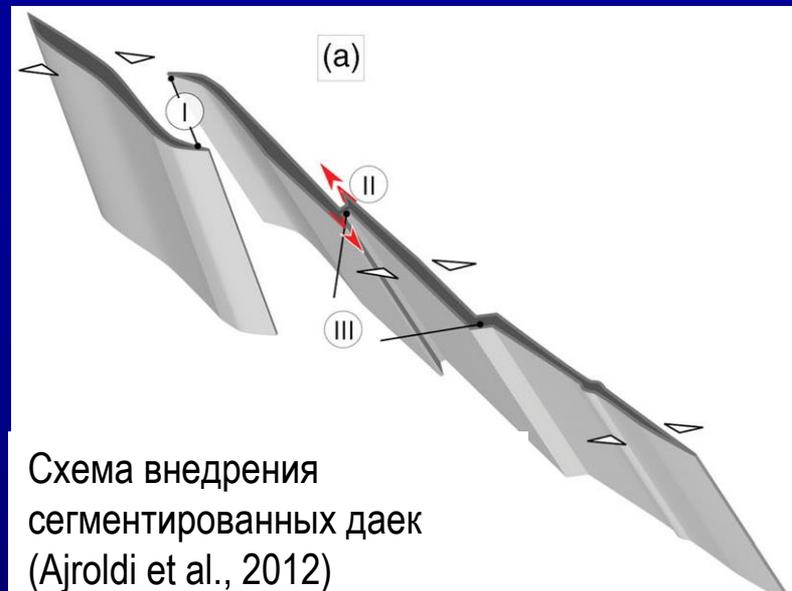
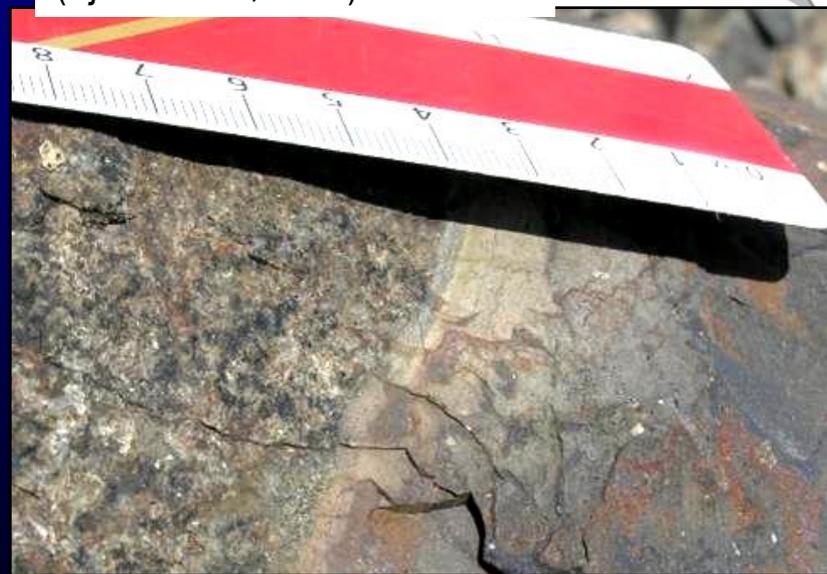


Схема внедрения сегментированных даек (Ajroldi et al., 2012)



Дайки рифейских долеритов с апофизами во вмещающие мраморы. Ю. Урал. Фото М.Б. Аносовой



Контакт субвулканических базальтов и базальтовых туфов. С1, Ю. Урал. В зоне закалки – флюидальность. Фото А.В. Тевелева

5. Силлы



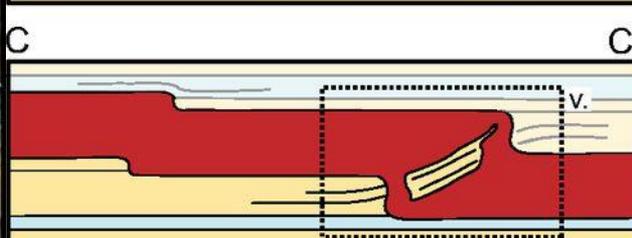
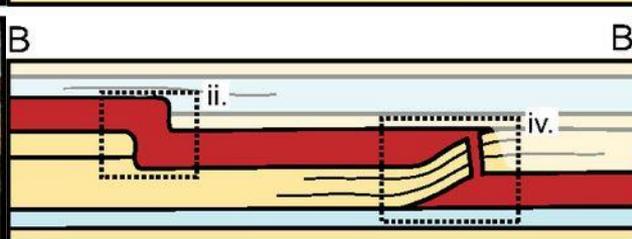
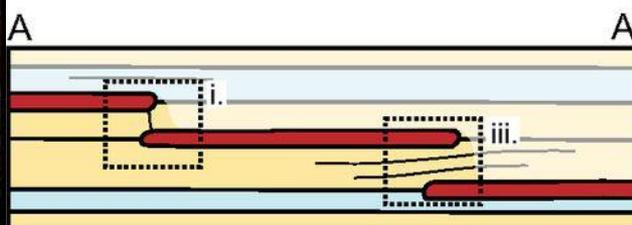
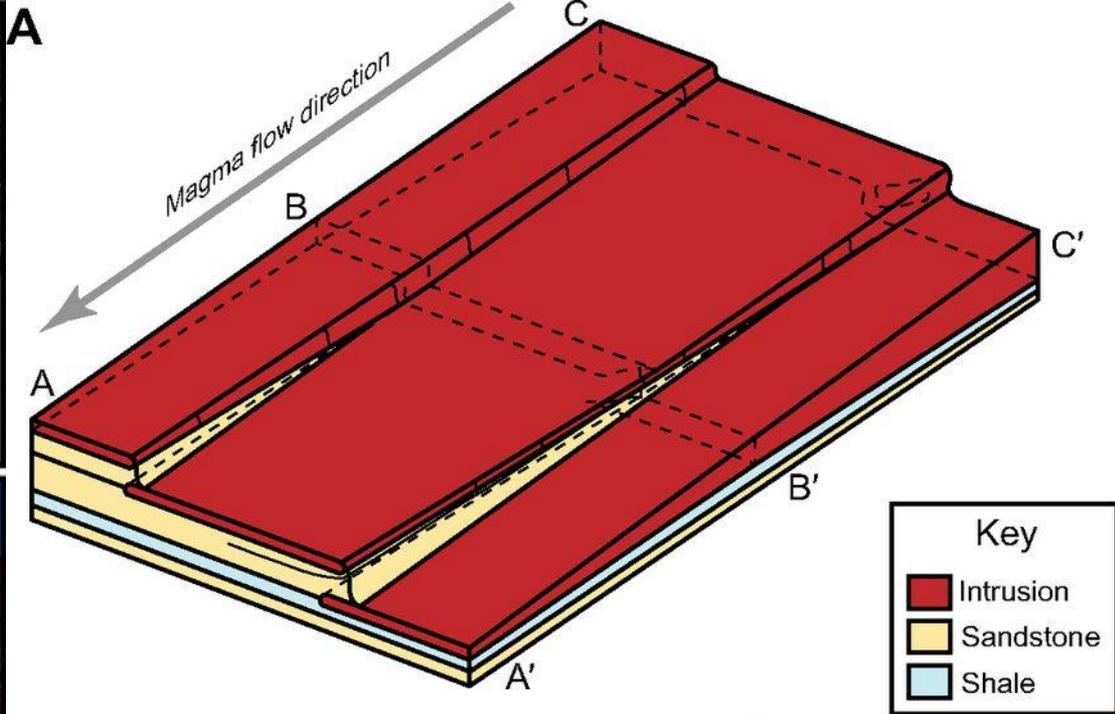
Силлы долеритов в рифейских
дислоцированных терригенных толщах.
Южный Урал. Фото М.Б. Аносовой



Контакт силла долеритов с вмещающими ордовикскими песчаниками. Сибирская платформа. Апофизы, секущие контакты, деформации вмещающих пород. Фото П.С. Ульяхиной

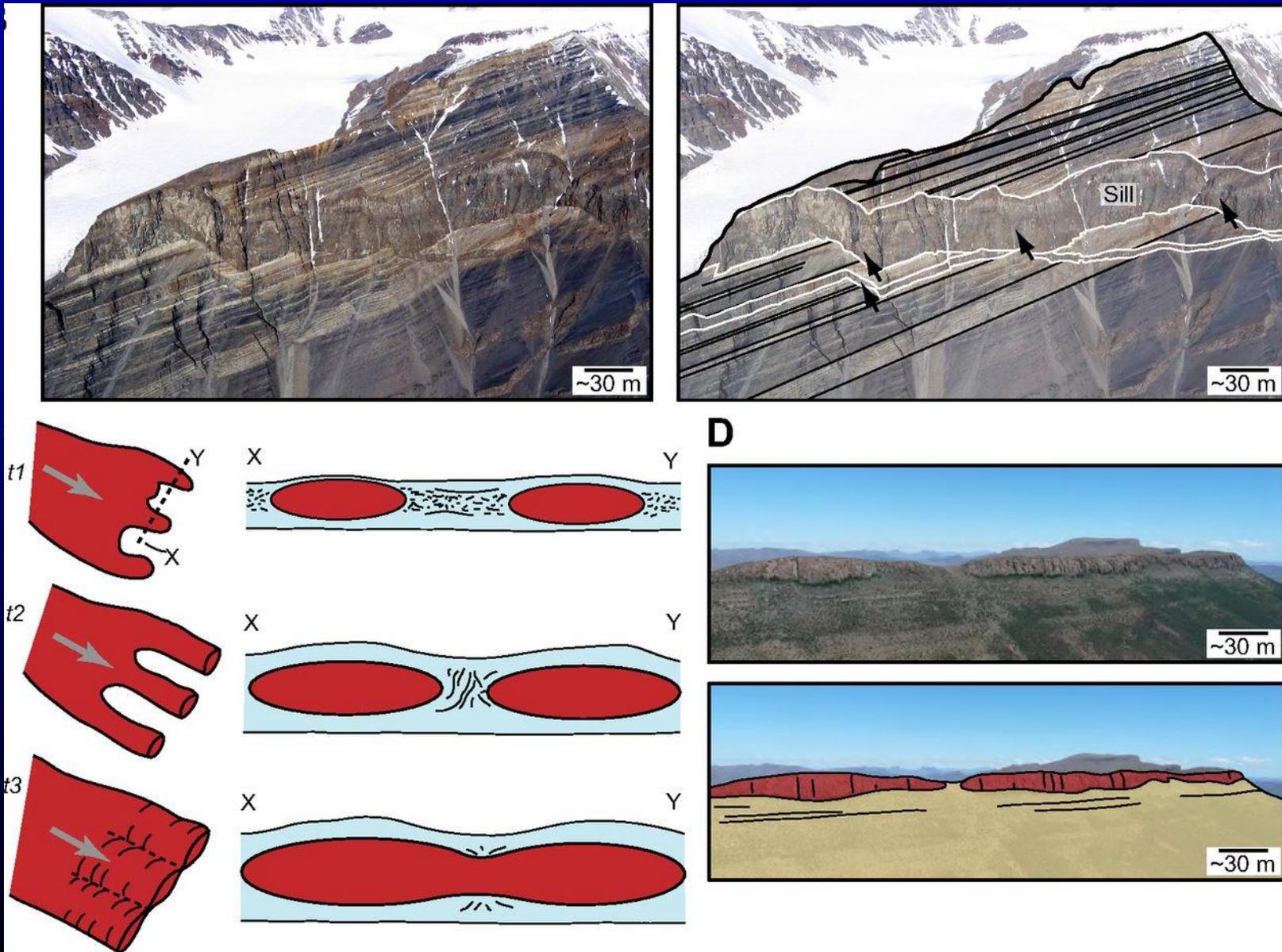
Верхняя эндоконтактовая зона мощного силла с миндалекаменной текстурой. Сибирская платформа. Фото П.С. Ульяхиной

Решение
траншеи
инженера
А. Сидорова
В. Степанов
С. Шустер
(Минералогия)



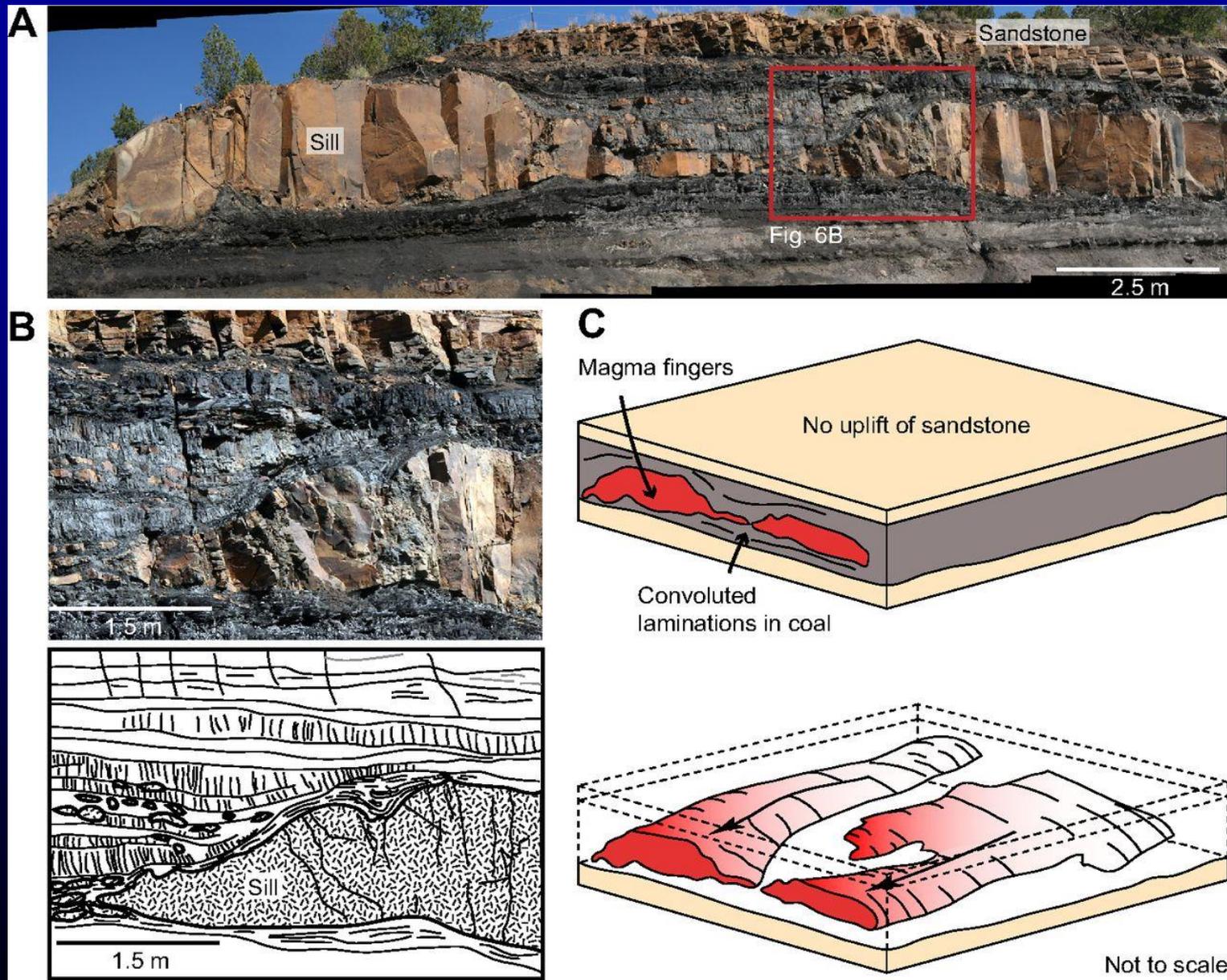
Реконструкция направления течения магмы в пластовых телах

Magma lobes – магматические лепестки



Реконструкция направления течения магмы в пластовых телах

Magma fingers – магматические «пальцы»





Мостовые структуры в вертикальной дайке



Интрузивная ступень в дайке авгититов



Ветвящиеся дайки щелочных ультрамафитов

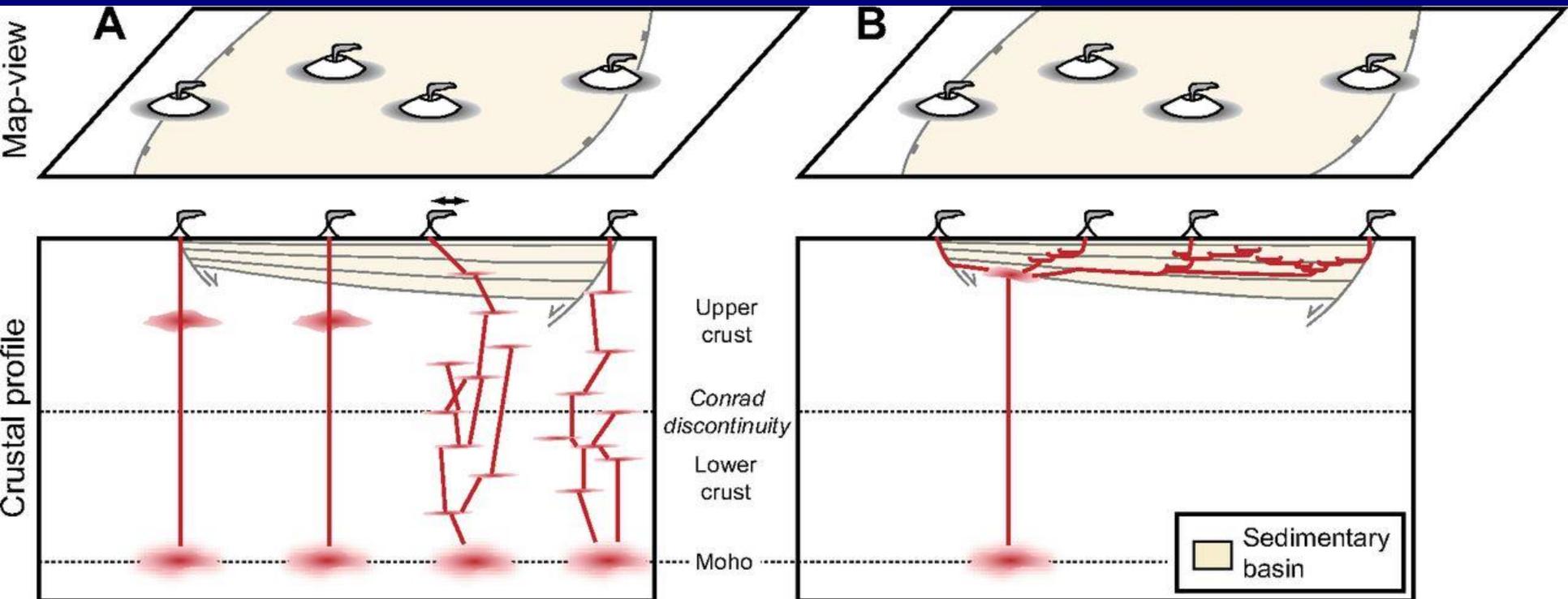


Интрузивная ступень в дайке авгититов

Модели питающих систем вулканических провинций:

А – Система дайковых подводящих каналов с расположением вулканических центров непосредственно над источниками магм;

В – Подъем по дайковым каналам до приповерхностных горизонтов, где происходит латеральный транспорт по системе силлов





Силл долеритов, переходящий в дайку. Месторождение Норильск-1.
фото Р.В. Веселовского

Дайка трахидолеритов, секущая
силл трахидолеритов. Норильский
район, фото П.С. Ульяхиной



Отличия субвулканических тел от жерловых:

Субвулканы

- Не имеют выхода на поверхность;
- Текстуры: массивные, редко флюидалльные;
- Эндоконтакт – зоны закалки;
- Слабые экзоконтактные изменения;

Жерловины:

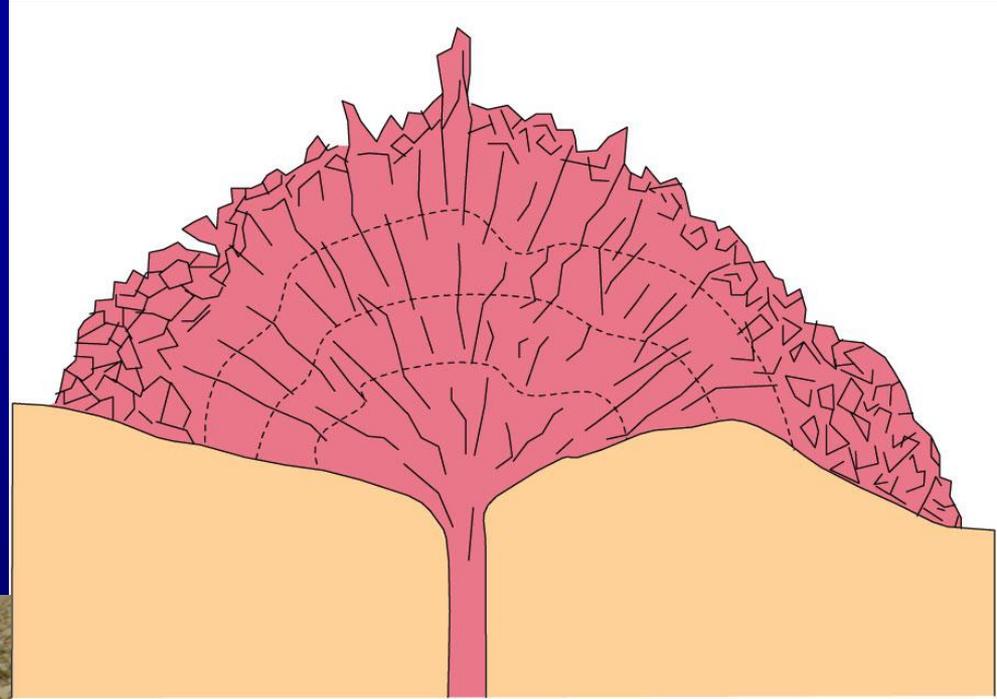
- Непосредственно связаны с вулканитами;
- Текстуры: флюидалльные, брекчиевидные;
- Закономерное изменение фаций и мощностей;
- Закономерное расположение кольцевых и радиальных тел;
- Ксенолиты вмещающих пород;
- Интенсивные метасоматические изменения (до вторичных кварцитов);



Вторичные кварциты по жерловым риолитовым туфам с Ag минерализацией. Миоцен, Береговский вулканический ареал, Карпаты

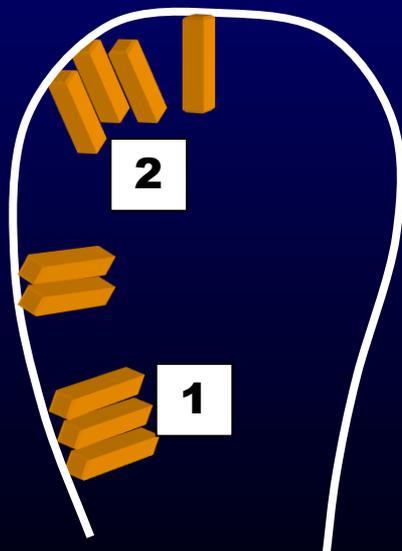
Экструзивные тела

- Сложены кислой вязкой лавой;
- Образуют купола и обелиски;
- Веерообразная столбчатая отдельность;
- Купольные брекчии





Столбчатая отдельность в
риолитах у
д. Сафарово. Ю. Урал.
Фото А.В. Тевелева



Веерообразный разворот столбчатой
отдельности в экструзивных телах

Как отличить силл от лавового потока?

1. Строение верхнего контакта

Лавовые потоки: нижний контакт – «горячий», верхний – «холодный».

- Лавобрекчии с примесью туфогенного материала;
- Кластические дайки;
- Отсутствие экзоконтактовых изменений;
- Следы перемыва лавового потока в вышележащих отложениях;
- Характерные краснокаменные (или зеленокаменные) изменения в кровле



Кластические дайки в кровле потока базальтов. Норильский район. Фото П.С. Ульяхиной



Голоценовый лавовый поток; вулкан Ключевской, Камчатка. Фото Д.О. Кушлевича.

Как отличить силл от лавового потока?

1. Строение верхнего контакта

Силлы – верхний контакт тоже «горячий»!

- Экзоконтактовые изменения;
- Ксенолиты вышележащих пород;
- Апофизы во вмещающие породы;
- Зоны закалки в кровле;
- Деформации вмещающих пород



Апофиза пористых базальтов в песчаниках (кровля силла);
Минусинская впадина, Д



Ксенолиты песчаников в кровле
силла порфировых базальтов.
Минусинская впадина, Д. Фото А.
Орехова

Отличия силлов и лавовых потоков

2. Морфология

Поверхность лавового потока базальтов.
Гавайи, фото Р.В. Веселовского



Лавовые потоки – сложная морфология, неровная поверхность

Силлы – ровные контакты,
регулярная столбчатая отдельность



Силл трахидолеритов в песчаниках.
Норильский район, фото П.С. Ульяхиной

Отличия силлов и лавовых потоков

3. Структура и текстура пород

Лавовые потоки – как правило, хуже раскристаллизованы; характерны миндалекаменные, флюидальные текстуры.

Силлы – как правило, лучше раскристаллизованы, возможно дифференцированное строение. Текстуры массивные.



Миндалекаменные дацитовые лавы.
Ю. Урал, D2. фото А.В. Тевелева



Расслоенный интрузив Скергаард

Как отличить субвулканы от гипабиссальных интрузивов?

1. Гипабиссальные интрузивы раскристаллизованы лучше (не всегда - зависит от размера тела).
2. У гипабиссальных тел существенно шире ореол экзоконтактовых изменений (за счет флюидов)

По глубине становления:

Сотни м – субвулканы;

1-3 км – гипабиссальные интрузивы;

>3 км – плутонические массивы.

Литература по теме

1. Тихомиров В.Г., Журавлев Б.Я., Федоров Т.О. Структурная геология магматических массивов. 1992.
2. Winter J.D. Principles of igneous and metamorphic petrology. 2013.
3. Тевелев Ал.В. Структурная геология и геологическое картирование. 2012.
4. Magee C., Muirhead J.D., Karvelas A., Holford S.P., Jackson C.A.L., Bastow J.D., Schofield N., Stevenson C.T.E., McLean C., McCarthy W., Shtukert O. Lateral magma flow in mafic sill complexes. 2016. Geosphere, V.12, no. 3, doi:10.1130/GES01256.1.