

Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 16

«Строение плутонических комплексов»

Лекция 1

ПЛУТОН – Бог подземного царства, он же в греческой мифологии **Аид**, он же **Орк**, старший сын Кроноса и Реи, т.е. – старший брат Зевса (Юпитера), т.е. – дядя **Гефеста**, он же – дядя **Вулкана!**

Похищение Прозерпины.
Познань



Д. Г. Розетти.
Прозерпина



А это кто?

ПРОЗЕРПИНА – Богиня подземного царства, она же **Персефона** (гр.), дочь Юпитера и Цереры, т.е. и жена, и племянница **Плутона!**

Определения

Плутонический комплекс представляет собой совокупность

интрузивных, как правило, полифазных и полифациальных тел, образованных ассоциацией плутонических пород, сформировавшихся в течение единого этапа эндогенного режима. Другие критерии отнесения пород к единому комплексу:

– **однотипность** временных соотношений между различными плутоническими породами, слагающими комплекс и однотипность их взаимоотношений с вмещающими породами;

– **одновозрастность** (в геологическом смысле) всех массивов комплекса, т.е. приуроченность их к одному геохронологическому уровню, обычно отмечаемому в структурно-вещественной зоне перерывом в осадконакоплении;

– **устойчивость** главных признаков всех составляющих элементов комплекса в разных массивах, относимых к этому комплексу

В "**плутонические комплексы**" могут объединяться магматические **массивы**:

– **аллохтонные**, или собственно интрузивные (внедрившиеся и имеющие интрузивные контакты с вмещающими породами),

– **автохтонные** (возникшие на месте за счет магматического замещения и имеющие постепенные контакты с вмещающими породами),

– **протрузивные** (тектонически перемещенные тела первично магматических пород, имеющие тектонические контакты с вмещающими породами)

[Все определения по *Петрографическому кодексу, 2008, стр. 41–42*]

Плутоническая фаза – часть плутонического комплекса, совокупность отдельных однородных тел, сложенных однотипными или близкими породами устойчивого (или непрерывного плавно меняющегося) состава и структуры. Фаза соответствует самостоятельному этапу внедрения и отделяется от других **последовательно образующихся** фаз интрузивными границами

Плутоническая фация – часть плутонической фазы или комплекса в целом, характеризующаяся однородностью структурно-вещественных признаков и отличающаяся по этим признакам от других **синхронно образующихся** частей

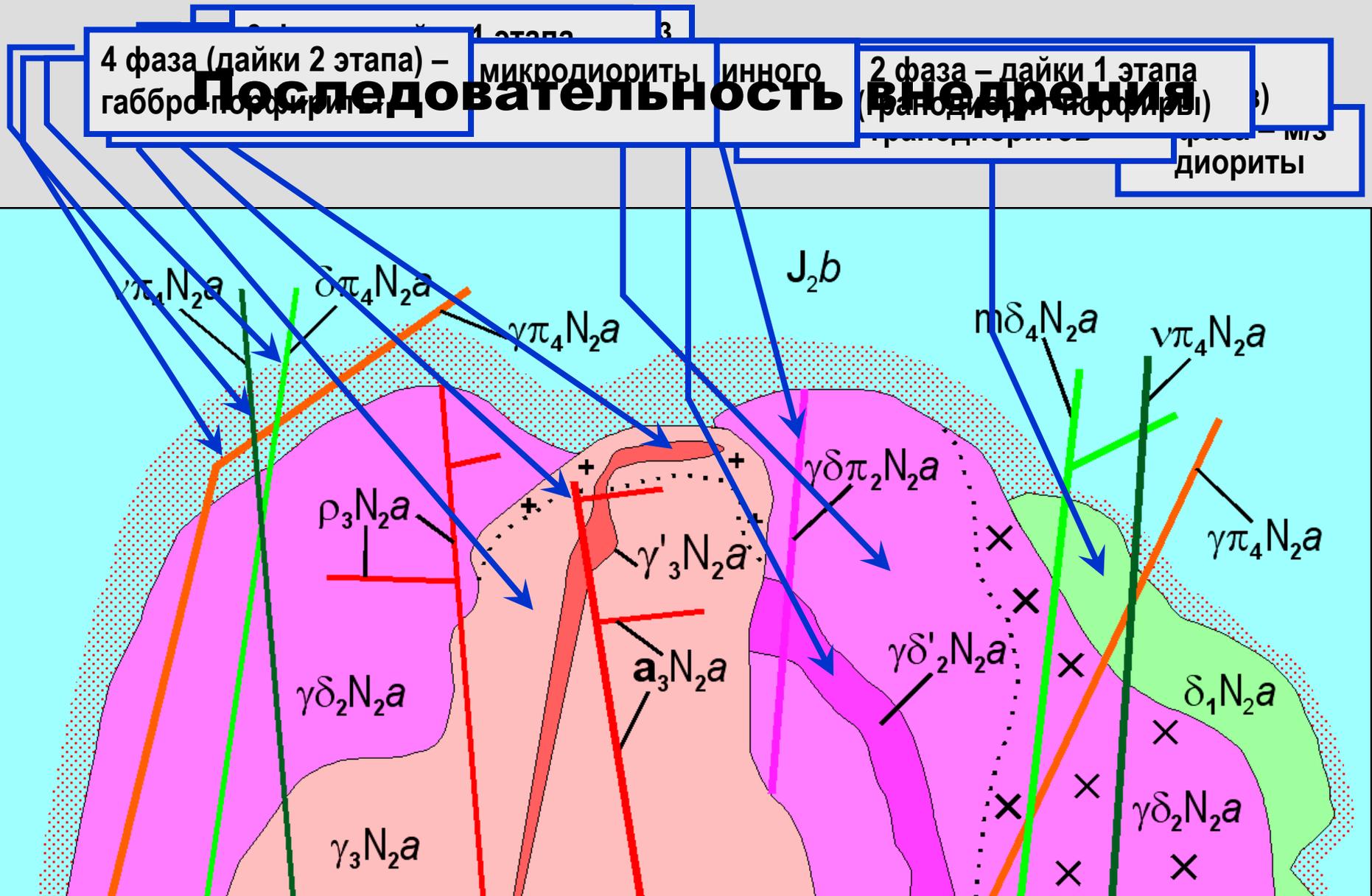
Интрузивный массив, или интрузив – однофазное или многофазное магматическое тело, имеющее интрузивные контакты и относящееся к одному плутоническому комплексу. Используется также как термин "свободного пользования"

Плутон – полихронный интрузив, в составе которого установлены массивы двух или более плутонических комплексов

NB! Часто "плутонические" комплексы называют "интрузивными". Это не совсем правильно, т.е. совсем неправильно

NB! Иногда для обозначения интрузивного массива используется термин "интрузия". Это не совсем корректно, хотя и распространено. Лучше "интрузией" называть процесс внедрения, а не его результат.

Принципиальная схема строения аллохтонного плутона



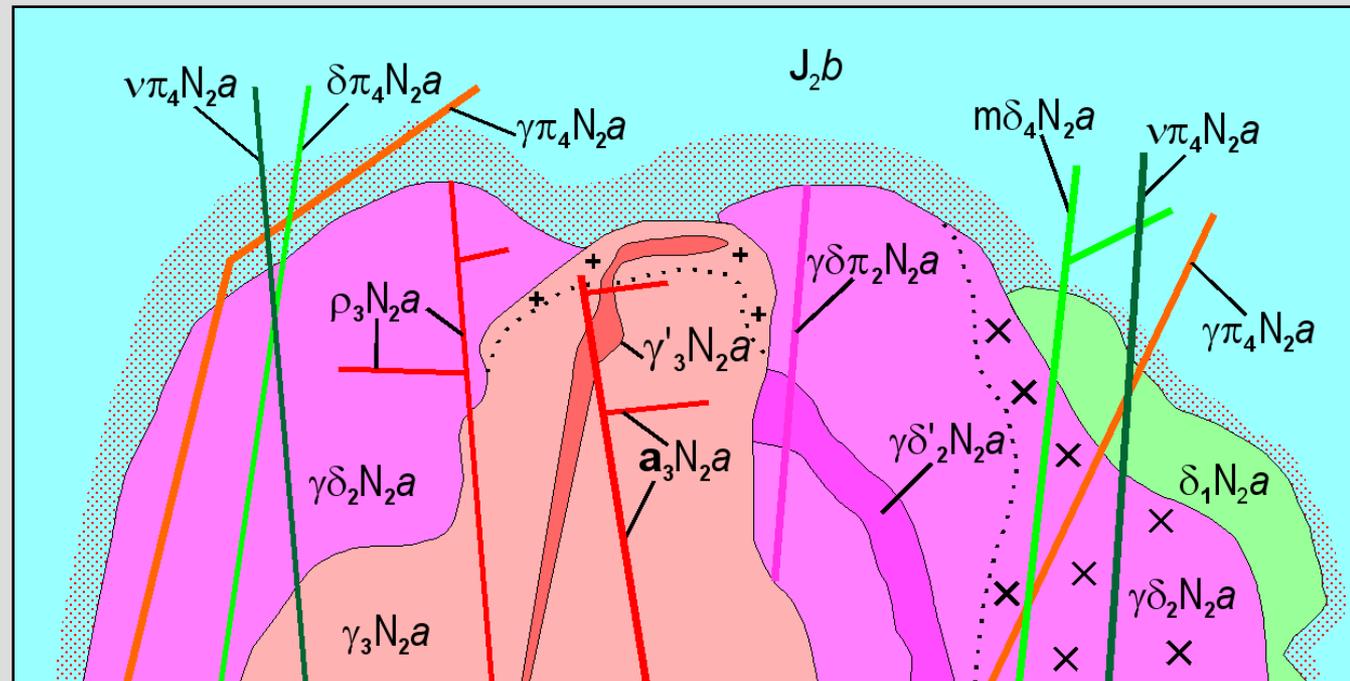
Нарисованная схема – не эталон, а некое обобщение для наиболее часто встречаемых случаев. Строение конкретных массивов может быть и существенно более сложным и гораздо более простым.

Последовательность внедрения главных фаз, как правило – **гомодромная** (от основных пород к кислым), а даек глубинного происхождения – **антидромная** (от кислых пород к основным)!

Дайки 1 этапа обычно не выходят за пределы массива, а дайки 2 этапа широко распространены и во вмещающих породах! Вместе с тем, отнесение конкретных тел к дайкам 2 этапа данного комплекса часто бывает плохо доказуемо.

NB!

Последовательность внедрения главных фаз в массивах щелочных пород бывает антидромной!



Морфологические типы аллохтонных интрузивов



- **Батолиты** – крупные (условно – площадью более 100 км²) массивы, сложенные, как правило, гранитами и гранодиоритами. Контакты всегда секущие. Форма батолитов в разрезе напоминает язык, поскольку обычно они имеют четко выраженную подошву и подводный канал. Ранее батолиты представлялись безкорневыми телами, уходящими на большую глубину.
- **Штоки** – массивы площадью менее 100 км², сложенные, как правило, гранитоидами. Контакты всегда секущие. Обычно штоками называют интрузивы цилиндрической формы с вертикальными контактами или примерно изометричные в плане массивы неправильной формы.

? Как отличить шток от батолита?

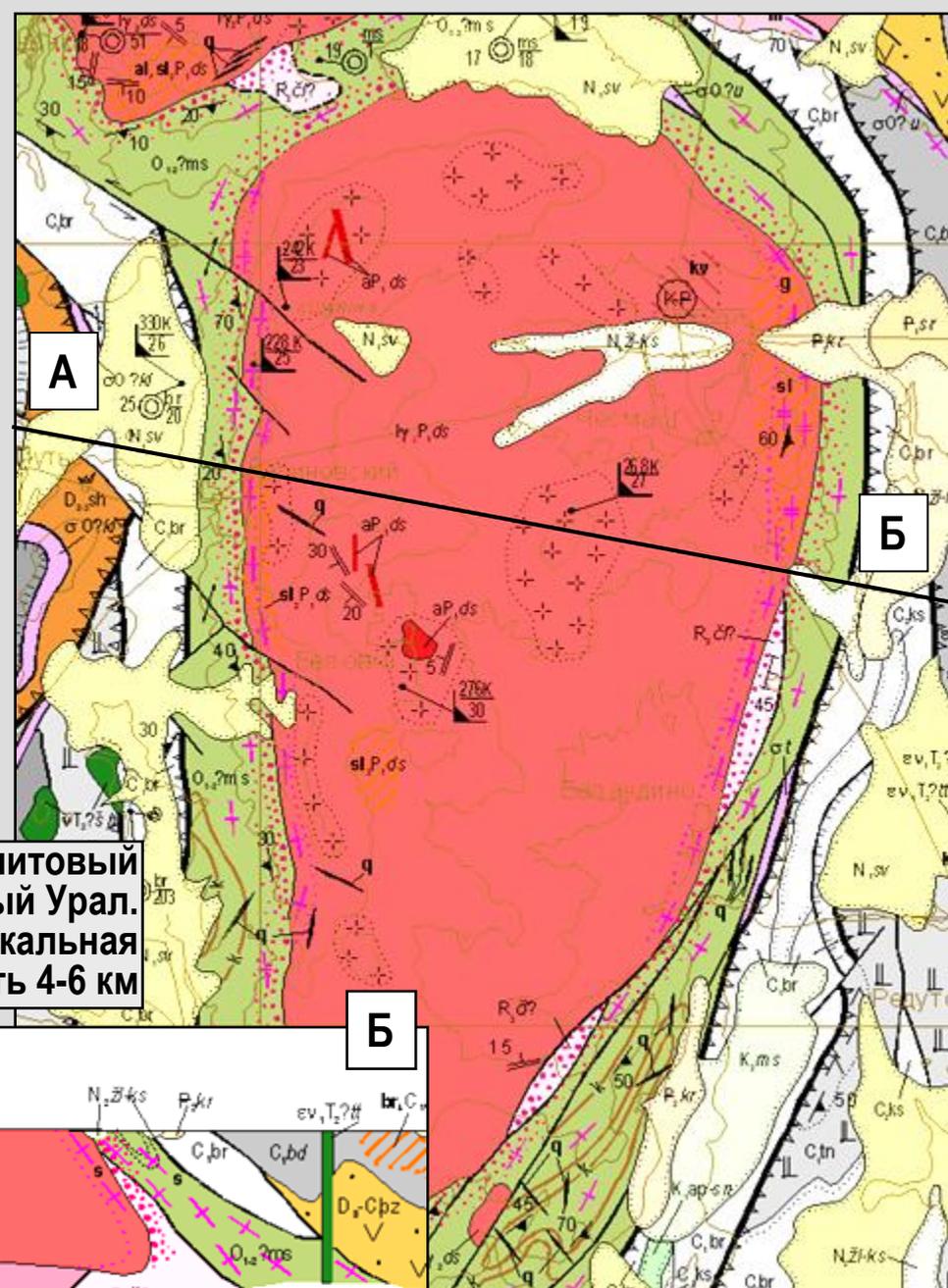
- **Линейные интрузивы** – удлиненные массивы, у которых в плане длина существенно превышает ширину.
- **Лакколиты** – небольшие грибообразные тела, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород. Имеют узкий подводный канал. Сложены обычно основными породами.

- **Лополиты** – блюдцеобразные тела, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород. Имеют узкий подводящий канал. Сложены обычно основными, ультраосновными и щелочными породами.
- **Факолиты** – небольшие интрузивы серповидной в разрезе формы, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород; в большинстве случаев залегают в ядрах антиклинальных складок.
- **Магматические диапиры** – небольшие вертикально расположенные интрузивы веретенообразной или грушевидной формы с секущими контактами.
- **Дайки** – чаще всего небольшие плитообразные, стенообразные тела, вертикальные или крутые, *резко секущие* по отношению к вмещающим породам.
- **Силлы** – чаще всего небольшие плитообразные, стенообразные тела, *конформные поверхностям напластования* вмещающих пород (межпластовые интрузивы).
- **Гарполиты** – интрузивные тела серповидной формы, питающий канал которых расположены под одним из концов "серпа".

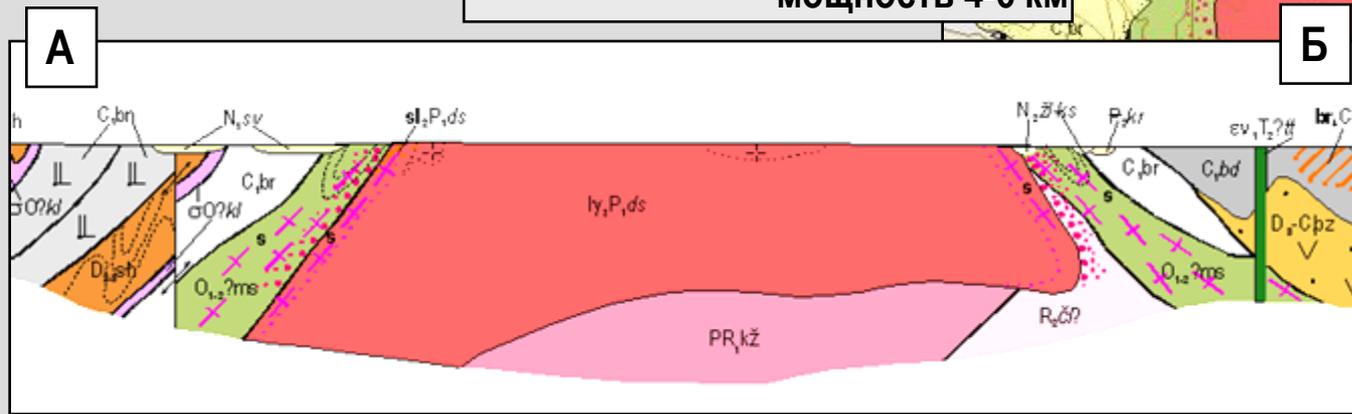
Батолиты – крупные массивы площадью более 100 км², сложенные, как правило, гранитами и гранодиоритами. Контакты всегда секущие. Форма батолитов в разрезе напоминает язык, поскольку практически всегда они имеют четко выраженную "подошву".

Нижняя граница батолитов изучается либо геофизическими методами, либо по данным бурения.

Стандартная геодинамическая обстановка – окраинно-континентальная, надсубдукционная или коллизионная.

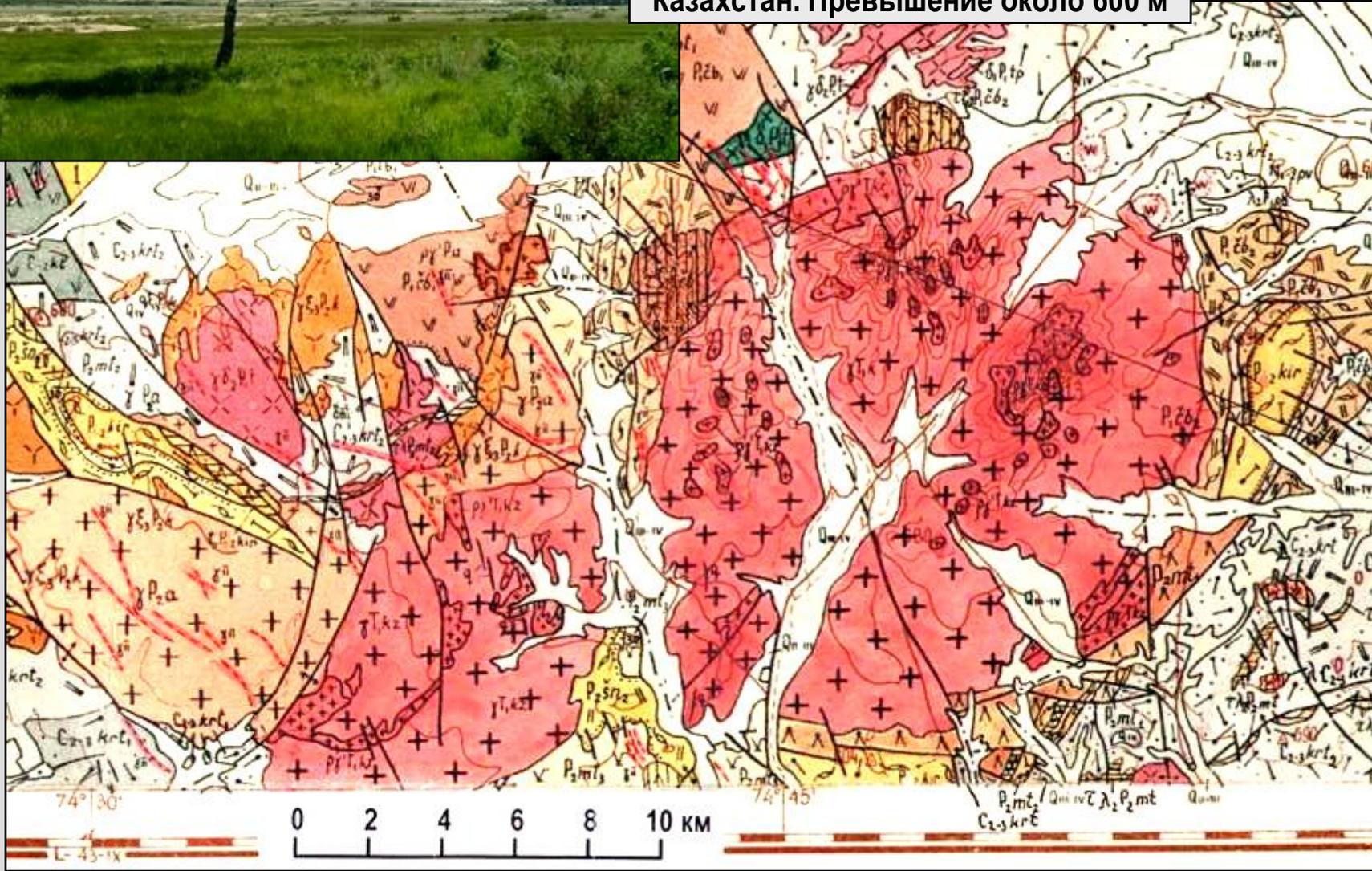


Чесменский лейкогранитовый батолит. Южный Урал.
Размеры 30×15 км, вертикальная мощность 4-6 км



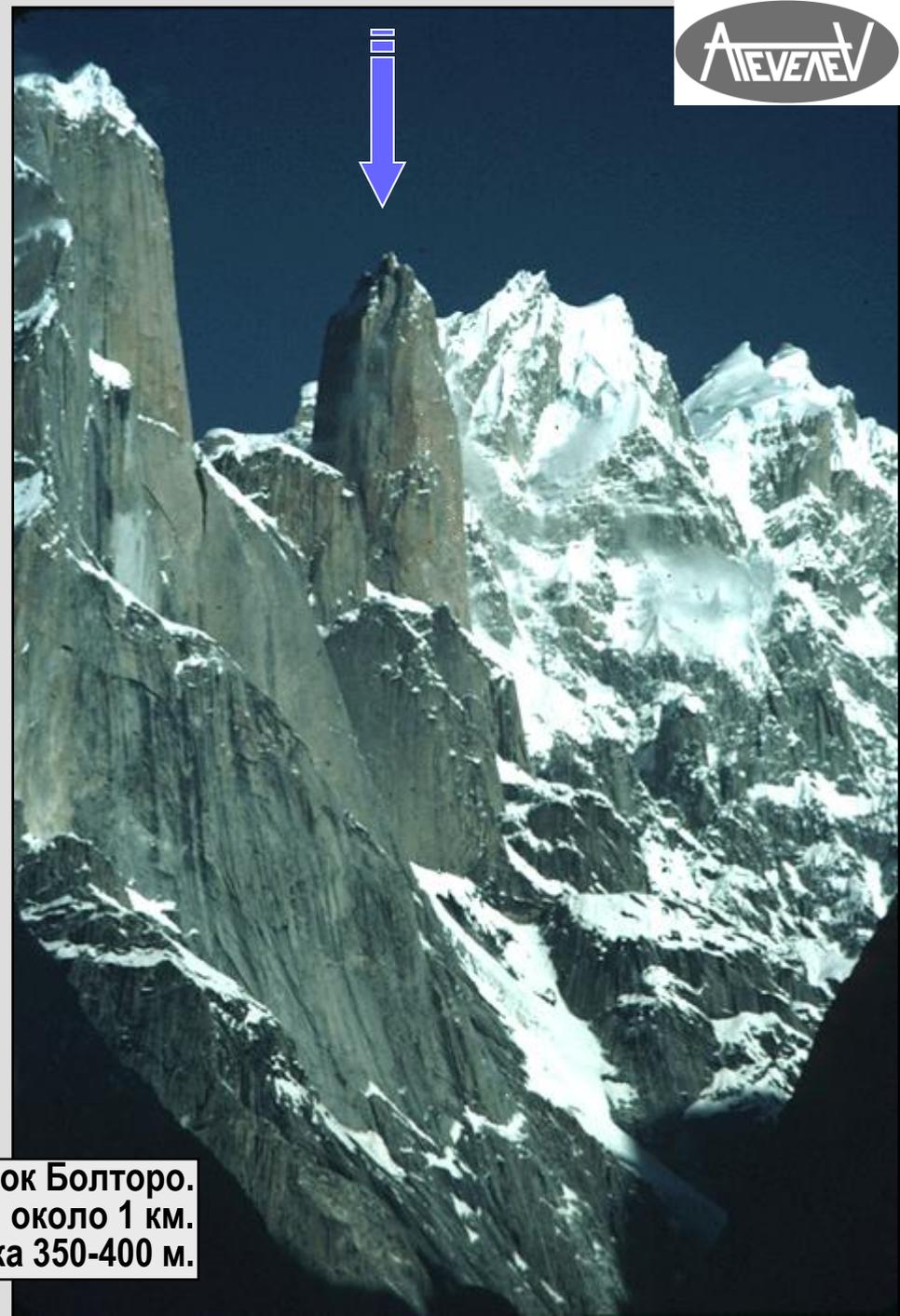


Раннетриасовый батолит Бектау-Ата.
Аляскиты. Северное Прибалхашье.
Казахстан. Превышение около 600 м

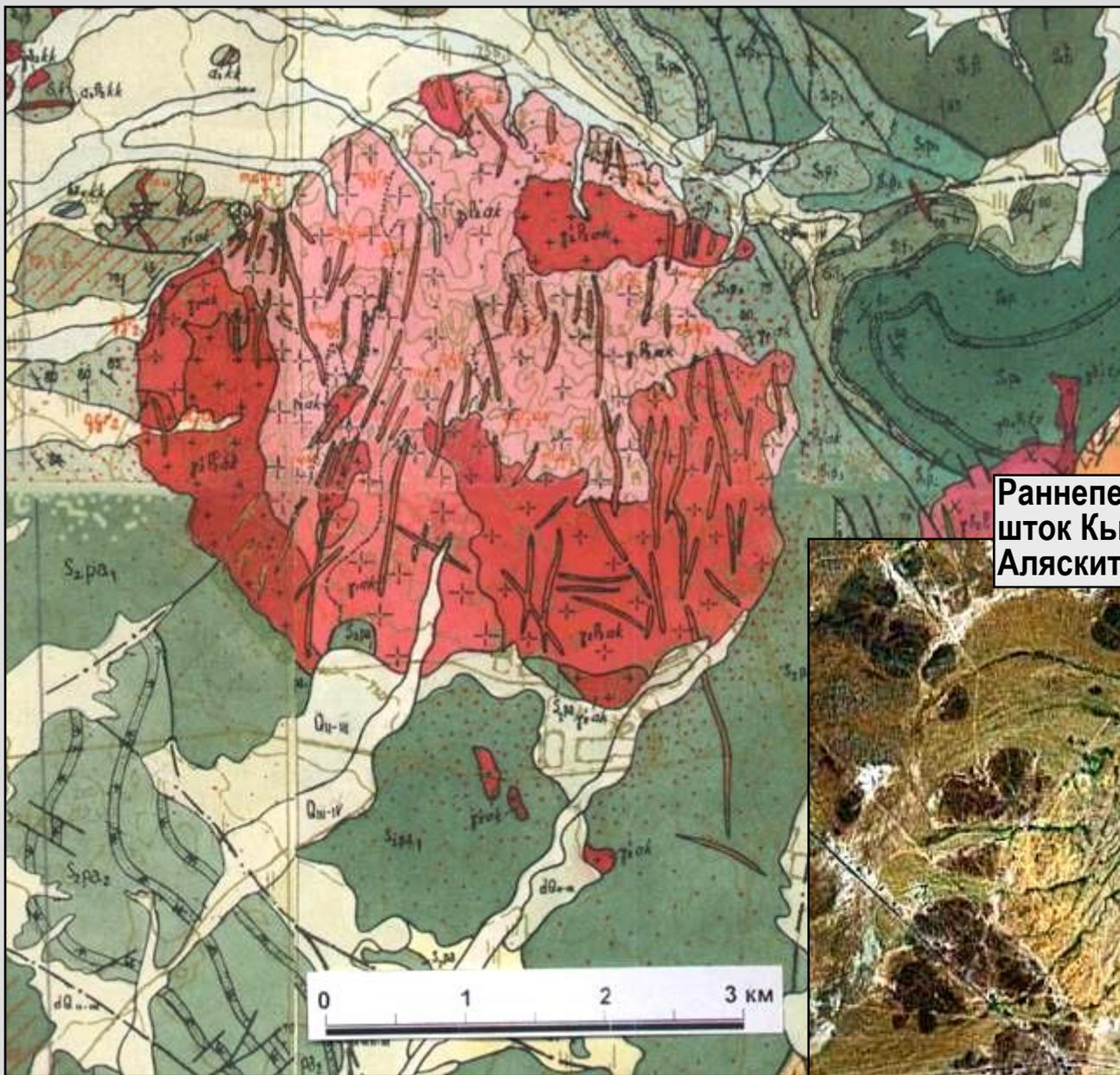


Штоки – массивы площадью менее 100 км², сложенные, как правило, гранитоидами. Контакты всегда секущие. Обычно штоками называют интрузивы цилиндрической формы с вертикальными контактами или примерно изометричные в плане массивы неясной формы.

Стандартной геодинамической обстановки нет, могут формироваться в разных обстановках, обычно – в вулcano-плутонических поясах разного генезиса.



**Монцонитовый шток Болторо.
Каракорум. Высота скалы около 1 км.
Диаметр штока 350-400 м.**



Раннепермский многофазный шток Кызыл (Акчатау). Аляскиты. Ц. Казахстан

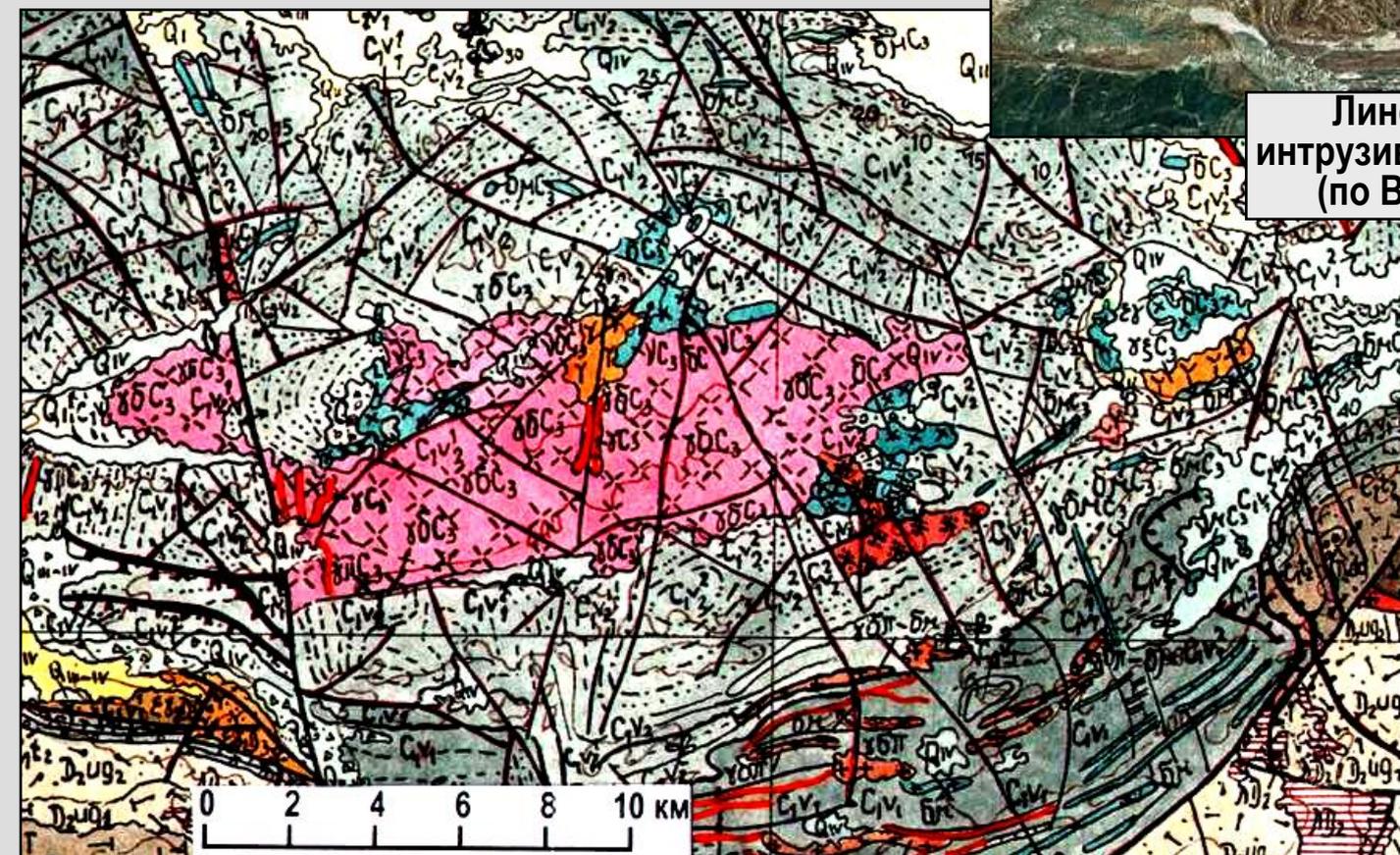


Линейные интрузивы – удлиненные массивы, у которых в плане длина существенно превышает ширину. Сложены самыми разнообразными породами от ультрамафитов до лейкогранитов.

Линейные интрузивы обычно бывают приурочены к разрывам, но эта связь не всегда очевидна. От даек отличаются тем, что не ограничены параллельными поверхностями

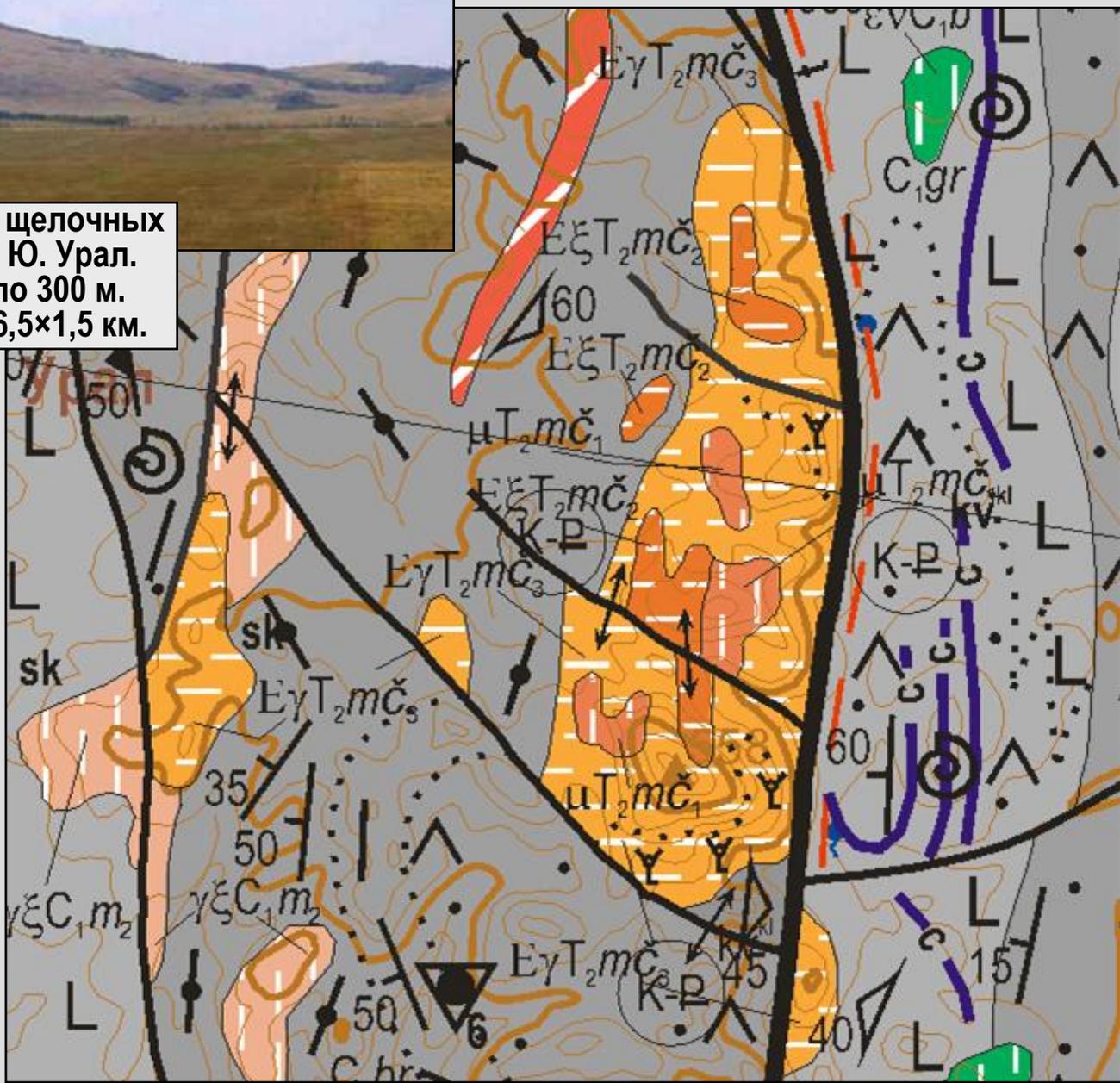


Линейный многофазный интрузив Толкудук. Ц. Казахстан (по В.Ф. Беспалову, 1982)

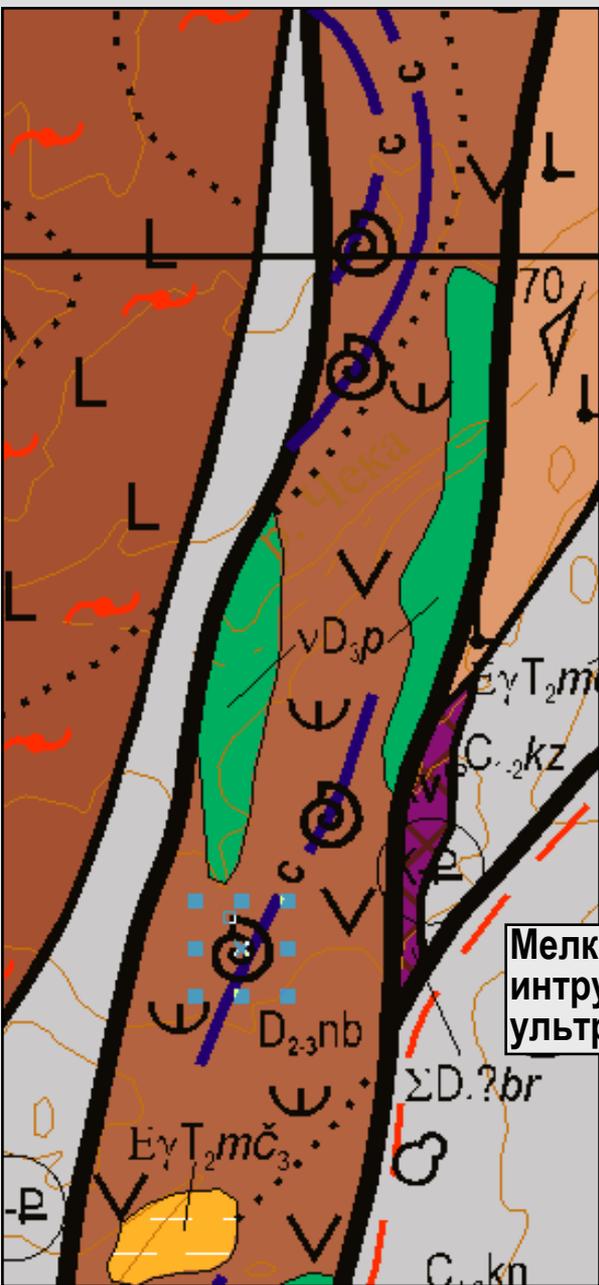




**Линейный интрузив щелочных
 гранитоидов Чека. Ю. Урал.
 Превышение около 300 м.
 Размер интрузива 6,5×1,5 км.**



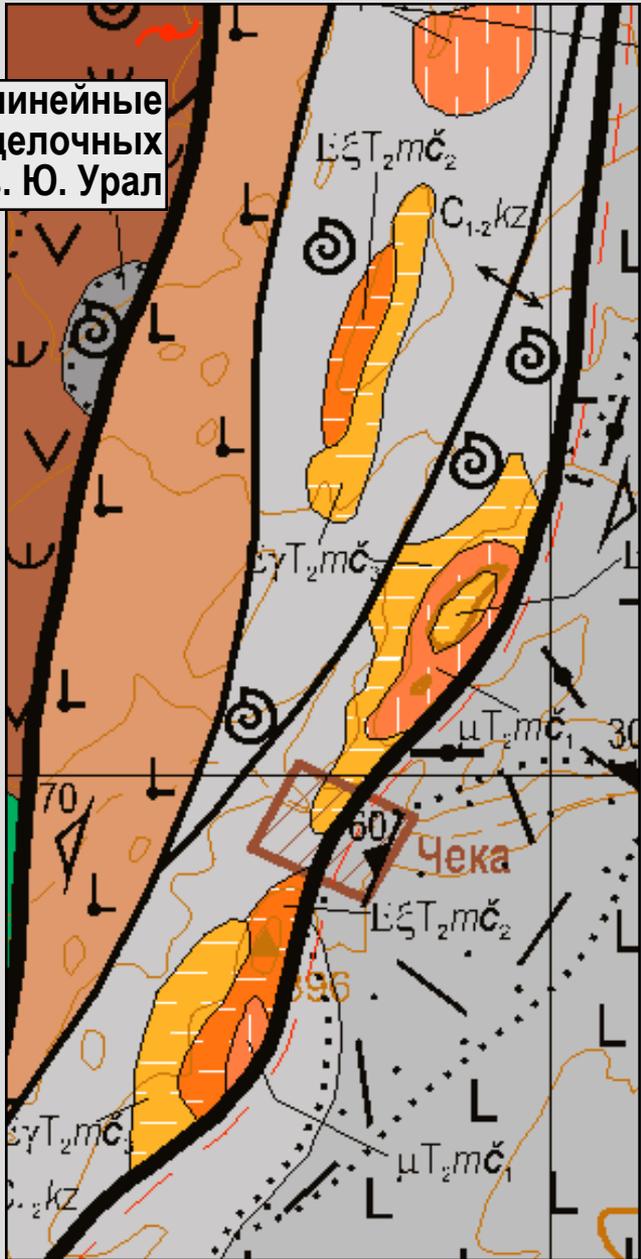
Часто линейные
 интрузивы бывают
 приурочены и
 непосредственно
 к разрывам



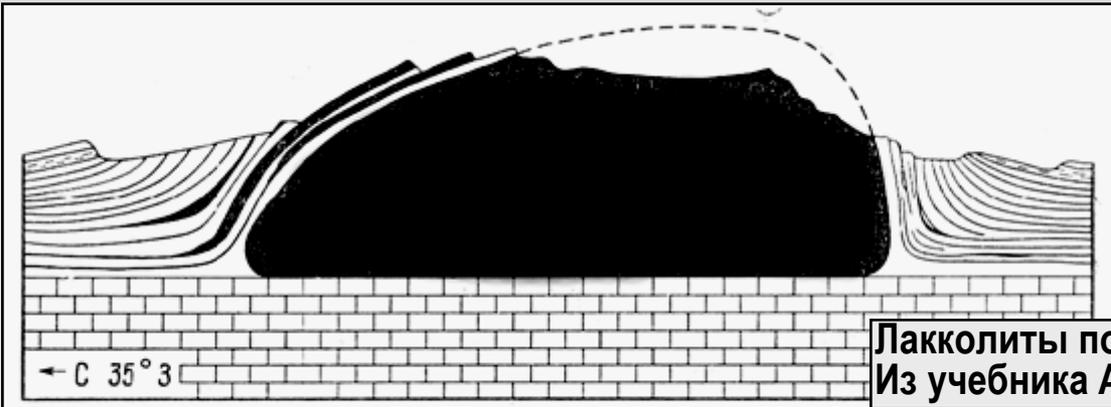
Мелкие многофазные линейные интрузивы щелочных гранитоидов. Ю. Урал

Стандартной геодинамической обстановки нет, могут формироваться в разных обстановках, обычно – в вулканоплутонических поясах разного генезиса.

Мелкие однофазные линейные интрузивы габброидов и ультрамафитов. Ю. Урал

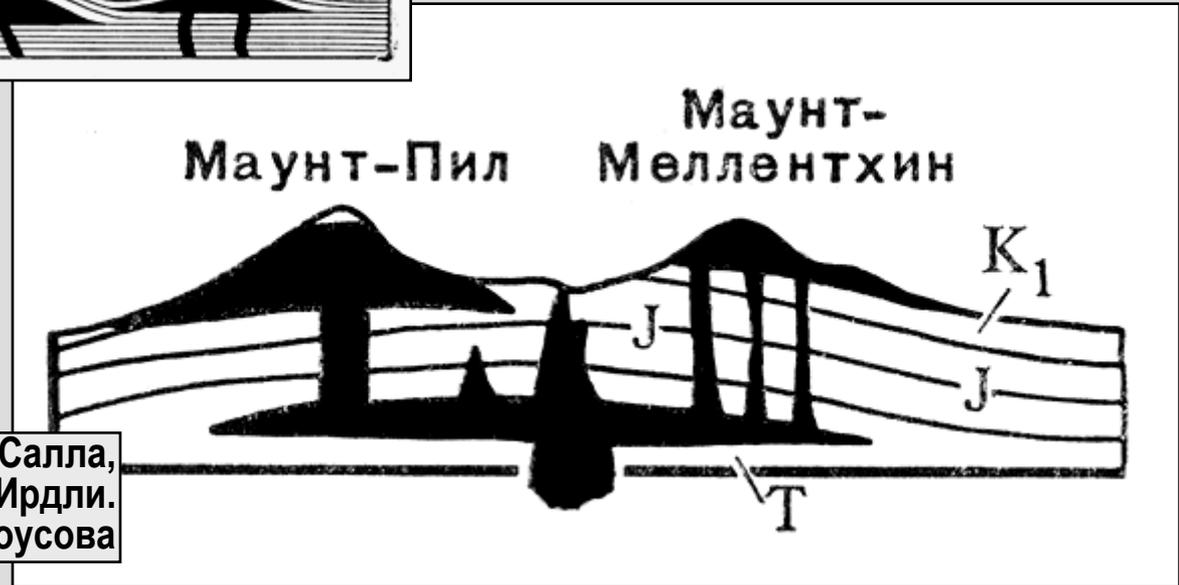
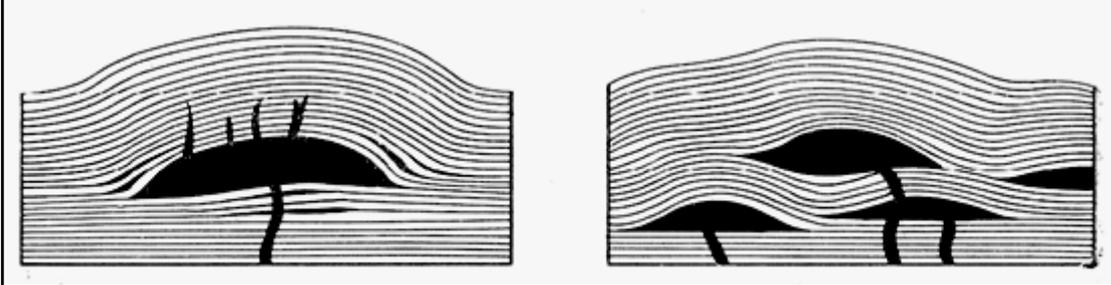


Лакколиты – небольшие грибообразные тела, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород. Сложены обычно основными породами.



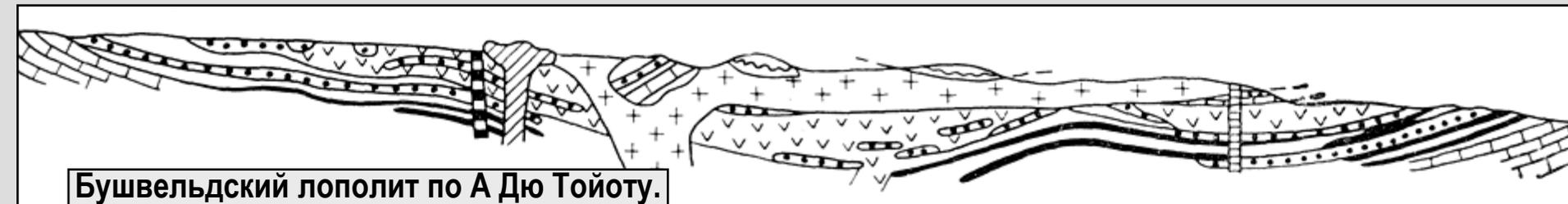
Лакколиты по М.П. Биллингсу.
Из учебника А.Е. Михайлова

Стандартная геодинамическая обстановка – внутриплитная



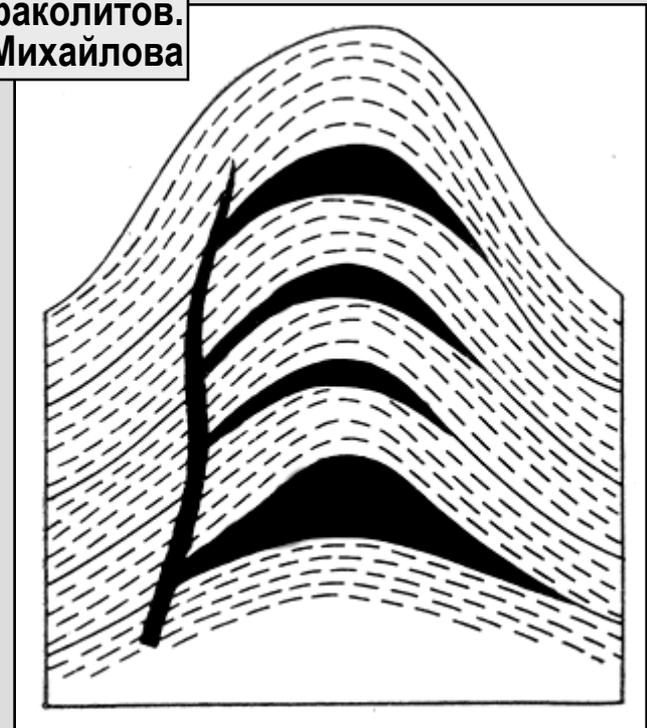
Лакколиты Ла-Салла,
США по А. Ирдли.
Из учебника В.В. Белоусова

Лополиты – блюдцеобразные тела, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород. Сложены обычно основными, ультраосновными и щелочными породами. Лополиты, как правило, формируются в платформенных условиях.



Бушвельдский лополит по А. Дю Тойоту.
Из учебника А.Е. Михайлова

Схема строения факолитов.
Из учебника А.Е. Михайлова



Факолиты – небольшие интрузивы серповидной в разрезе формы, границы которых конформны поверхностям напластования вмещающих пород; в большинстве случаев залегают в ядрах антиклинальных складок. Как правило, факолиты являются синскладчатыми образованиями.

Магматические диапиры – небольшие вертикально расположенные интрузивы веретенообразной или грушевидной формы с секущими контактами

КРЫМСКИЕ МАССИВЫ

Кастель



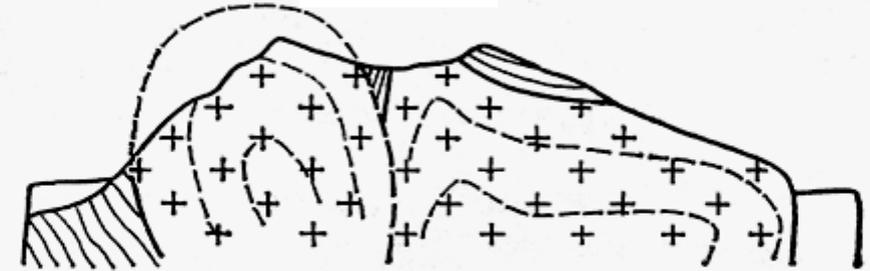
Плака



Партенитские массивы



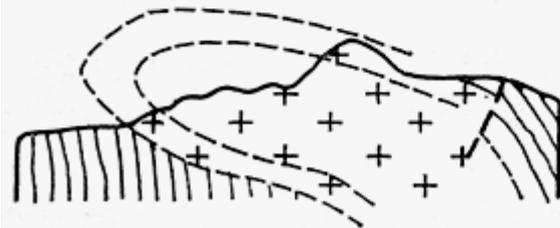
Аюдаг



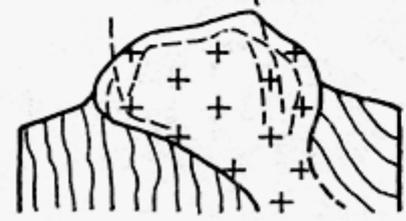
Массивы Крыма и Калбы по В.Н. Павлинову. Из учебника В.В. Белоусова

КАЛБИНСКИЕ МАССИВЫ

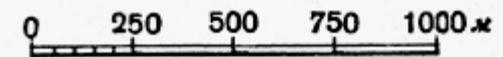
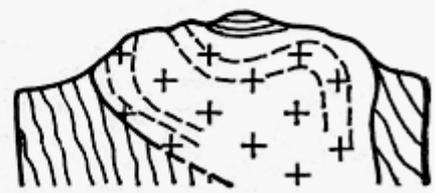
Уйтас



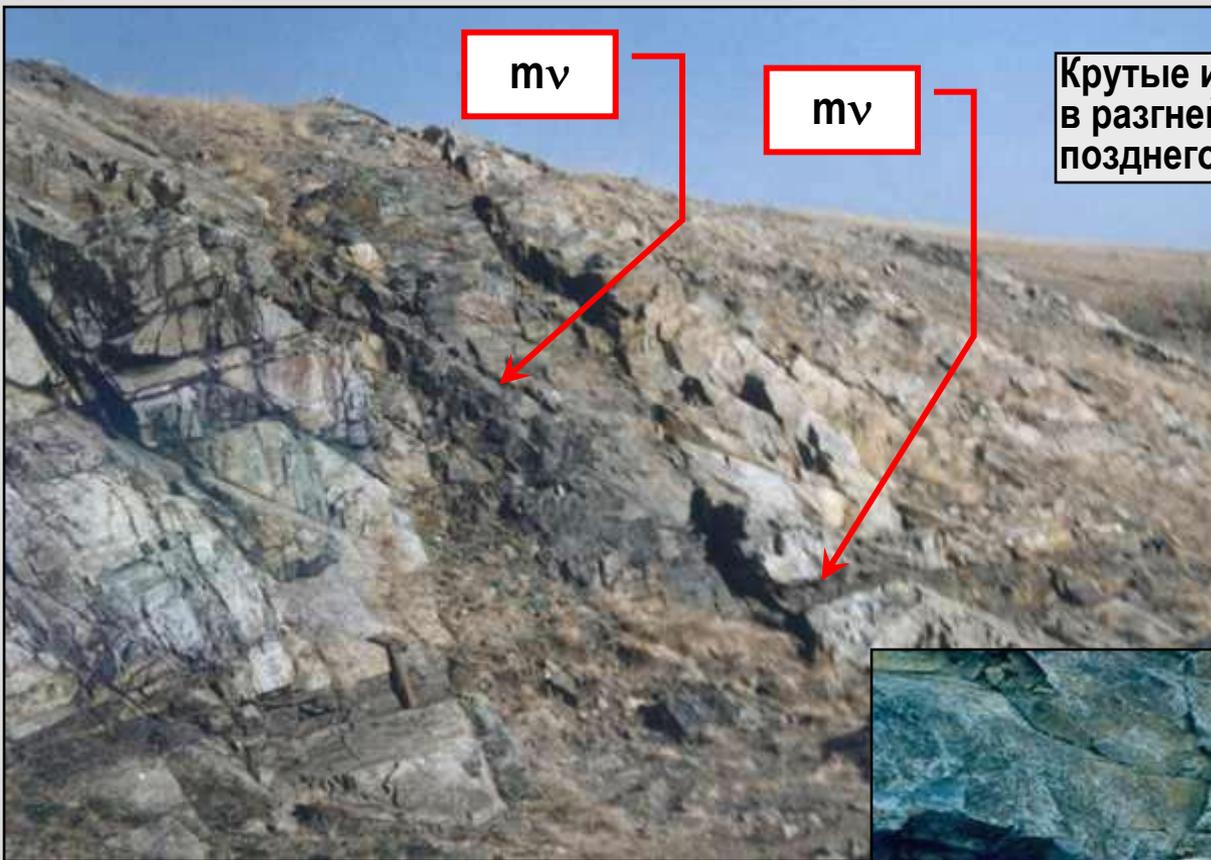
Б. Тологой



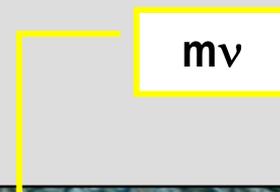
М. Тологой



Дайки – чаще всего небольшие плитообразные, стенообразные тела, вертикальные или крутые, резко секущие по отношению к вмещающим породам.



Крутые и пологие дайки микрогаббро в разгнейсованных плагиогранитах позднего девона. Ю. Урал



Контактовая зона ветвящейся дайки микрогаббро в разгнейсованных плагиогранитах позднего девона. Ю. Урал





Дайки среднезернистых гранитов в мелкозернистых гранитах ранней перми. Ю. Урал



Дайки аплитов в среднезернистых гранитах ранней перми. Южный Урал

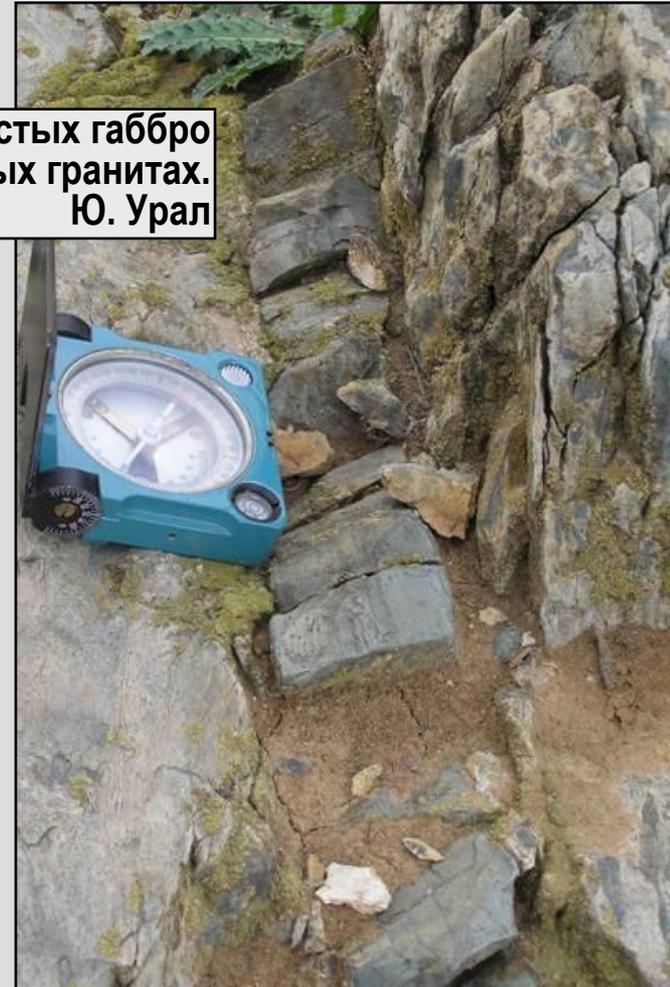
Мощность даек бывает выдержанной практически по всей длине, но часто они постепенно выклиниваются, что отражает характер раскрытия трещины.



Дайка мелкозернистых габбро в мелкозернистых гранитах.
Ю. Урал



Дайка аплитов в средне-крупнозернистых гранитах.
Ю. Урал

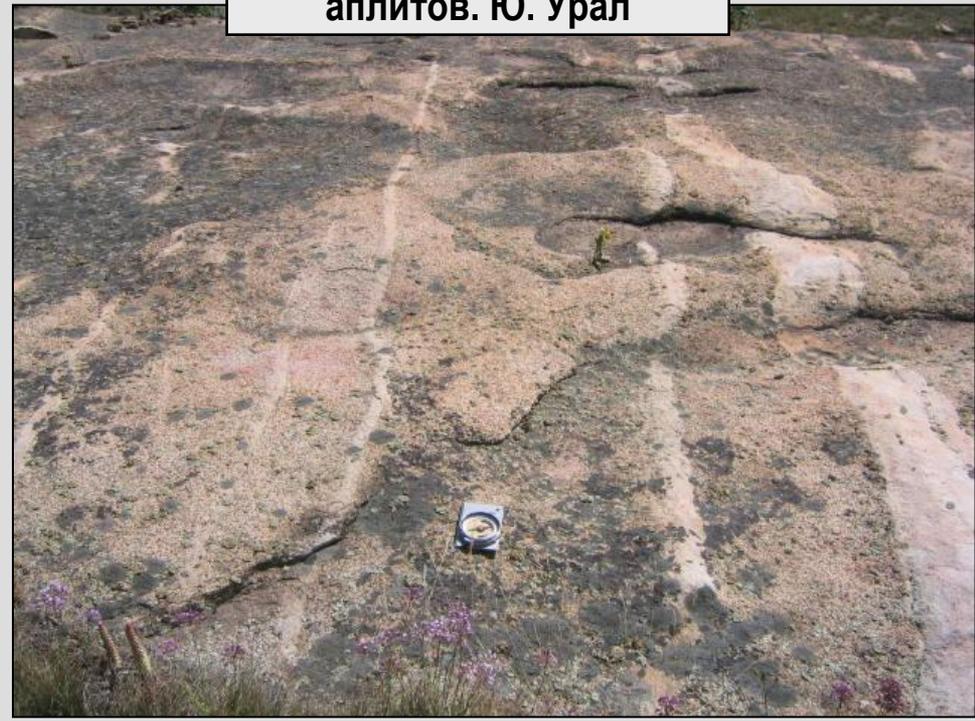


Пояса даек гранит-порфиров, линейные интрузивы и штоки. Ц. Казахстан

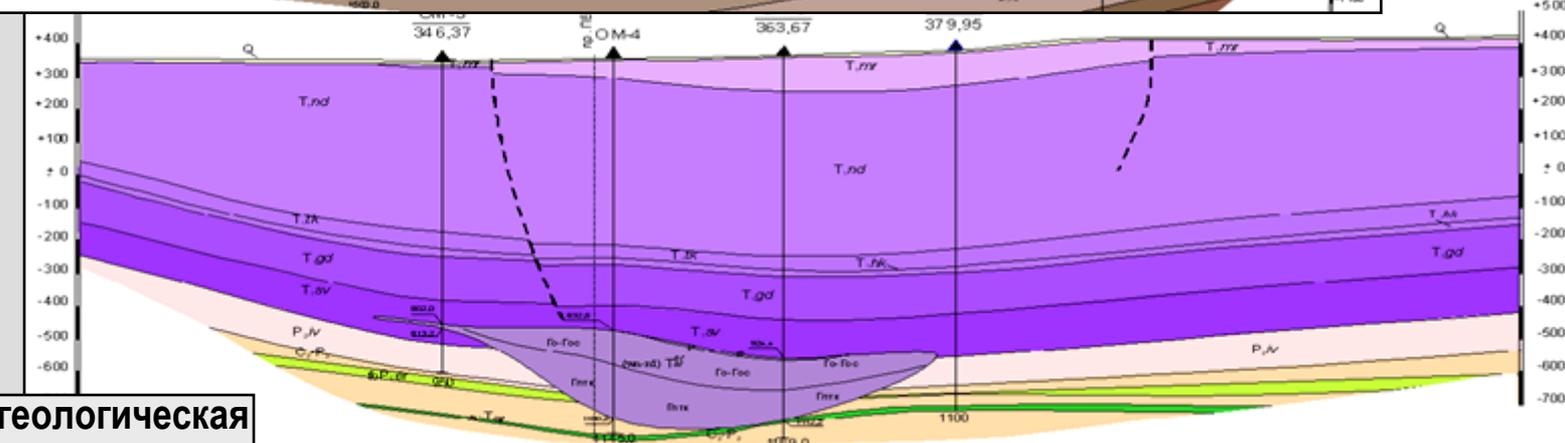
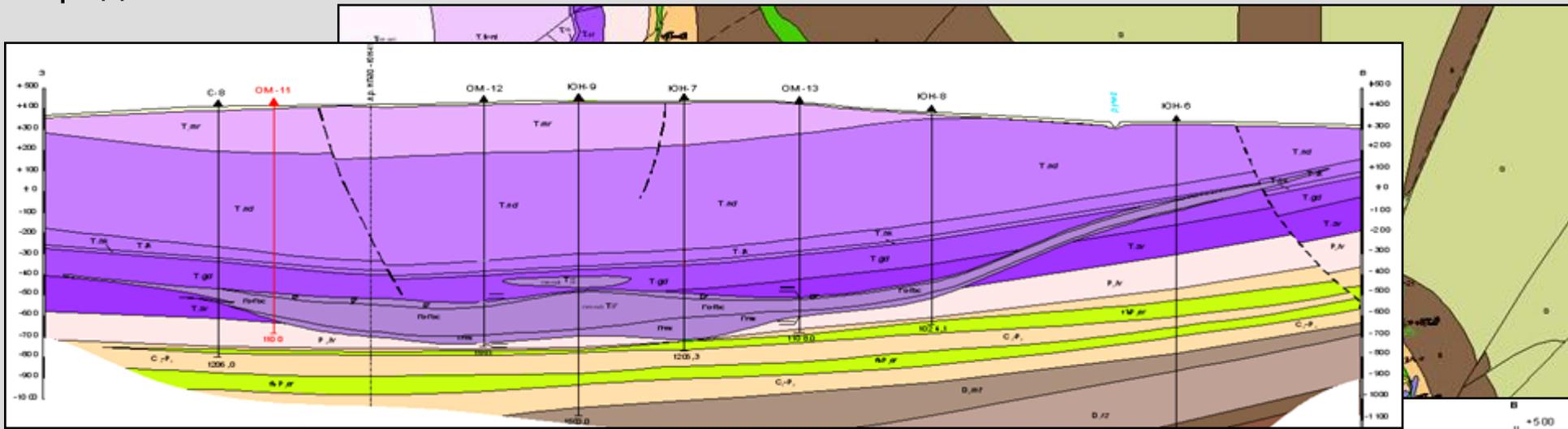


Дайки присутствуют в вулканических и plutонических комплексах, но могут слагать и самостоятельные тела (1), пояса (2, 3) и рои в зонах регионального и локального растяжения.

Серия параллельных даек аплитов. Ю. Урал



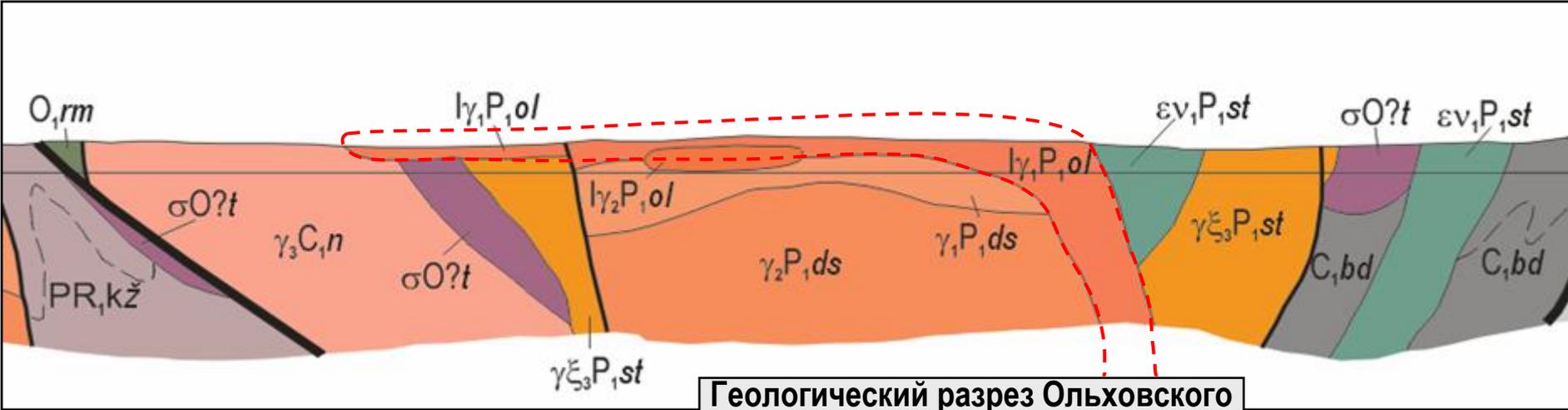
Силлы – чаще всего небольшие плитообразные, стенообразные тела, конформные поверхностям напластования вмещающих пород (межпластовые интрузивы). Они часто залегают на строго определенном стратиграфическом уровне, но иногда косо секут пакки стратифицированных пород



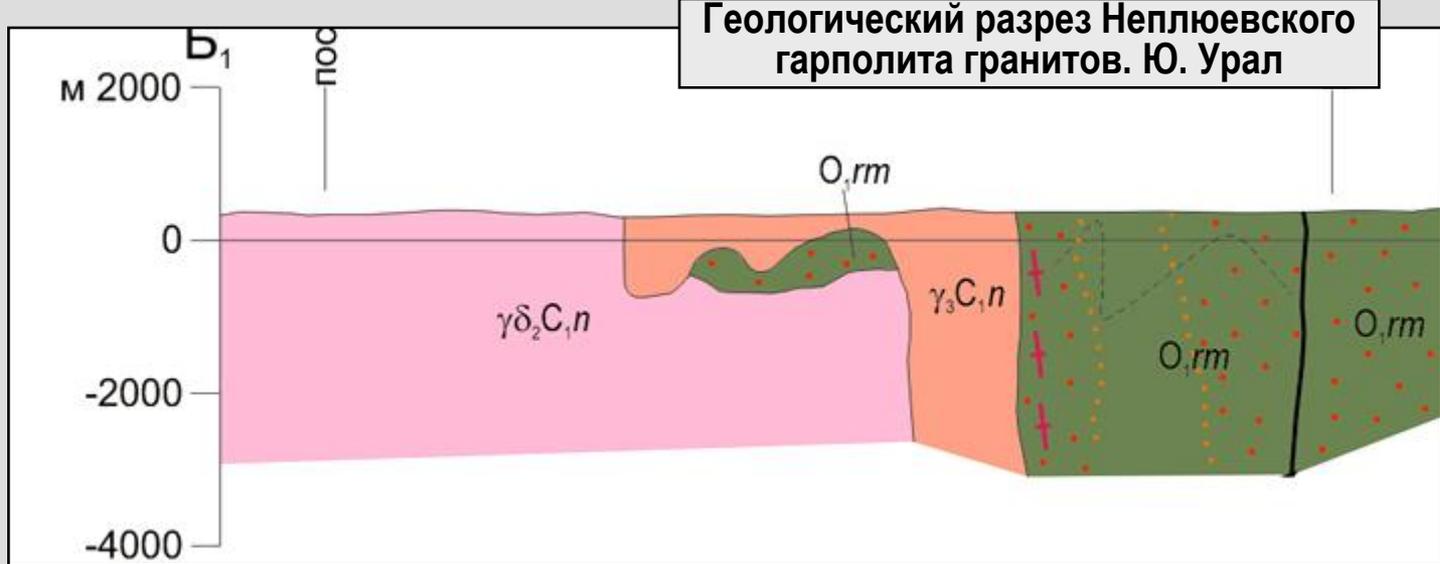
Схематическая геологическая карта Норильского рудного поля (В.А. Тетерюк, 2003)



Гарполиты – интрузивные тела серповидной формы, питающий канал которых расположены под одним из концов "серпа"



Геологический разрез Ольховского гарполита лейкогранитов. Ю. Урал



Геологический разрез Неплюевского гарполита гранитов. Ю. Урал

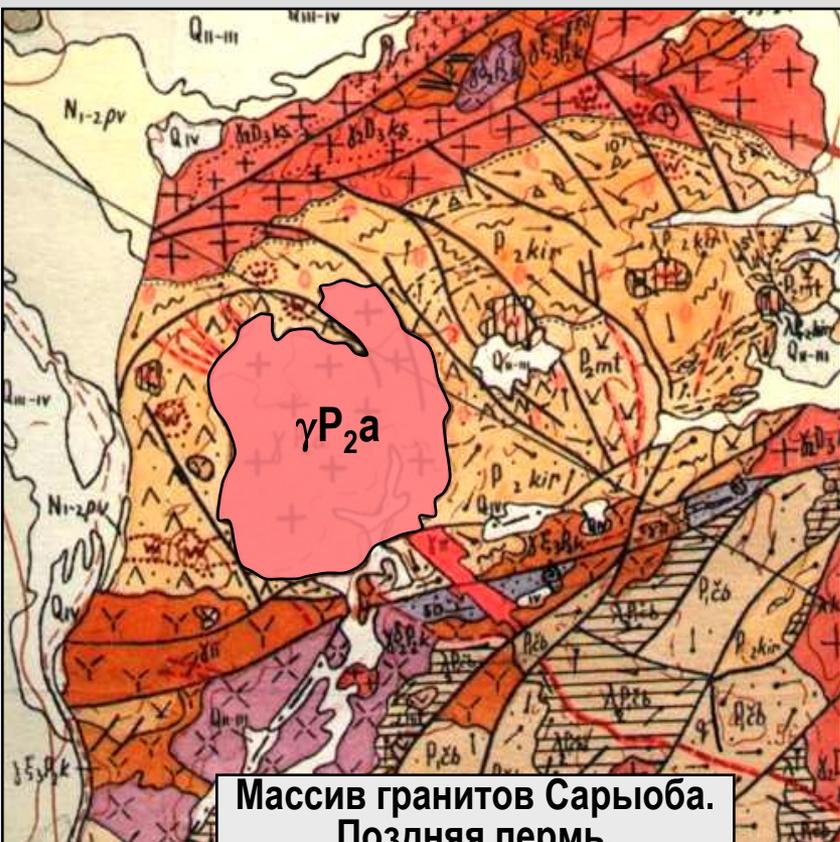
Типы аллохтонных интрузивов (по сложности строения)



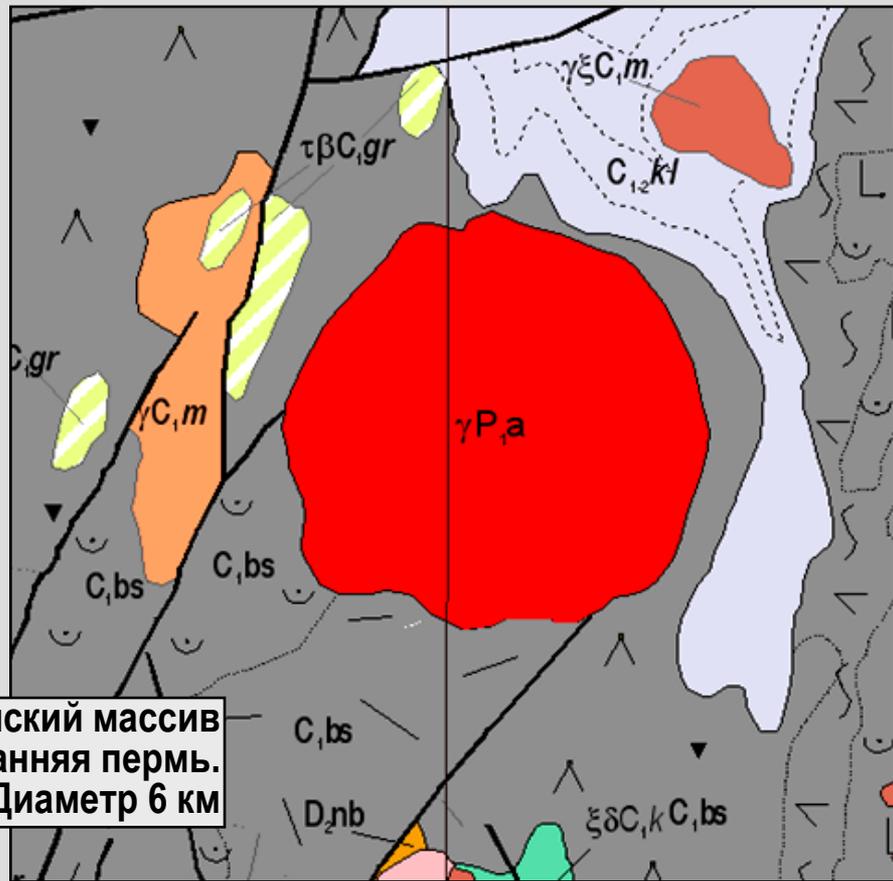
- **Простые однофазные** – образованы в результате одноактного внедрения магмы, имеют более или менее однородный состав и строение
- **Дифференцированные однофазные** – образованы в результате одноактного внедрения магмы, но имеют значительные структурно-вещественные неоднородности (за счет кристаллизационной дифференциации, ликвации и т.д.)
- **Сложные многофазные** – образованы в результате нескольких последовательных внедрений порций магмы близкого или различного состава, породы разных фаз внедрения имеют друг с другом интрузивные контакты
- **Сложные полигенные и полихронные** – образованы в результате неоднократного внедрения порций магмы, часто со значительными интервалами во времени; в их составе участвуют породы двух или более плутонических комплексов, часто относящихся даже к разным магматическим формациям и разным тектоническим циклам

1. Простые однофазные массивы

Могут слагаться любыми породами от габбро до лейкогранитов. Преимущественно – штоки, линейные интрузивы, дайки, лакколиты и др. мелкие тела



Массив гранитов Сарыюба.
Поздняя пермь.
Ц. Казахстан. Диаметр 4 км



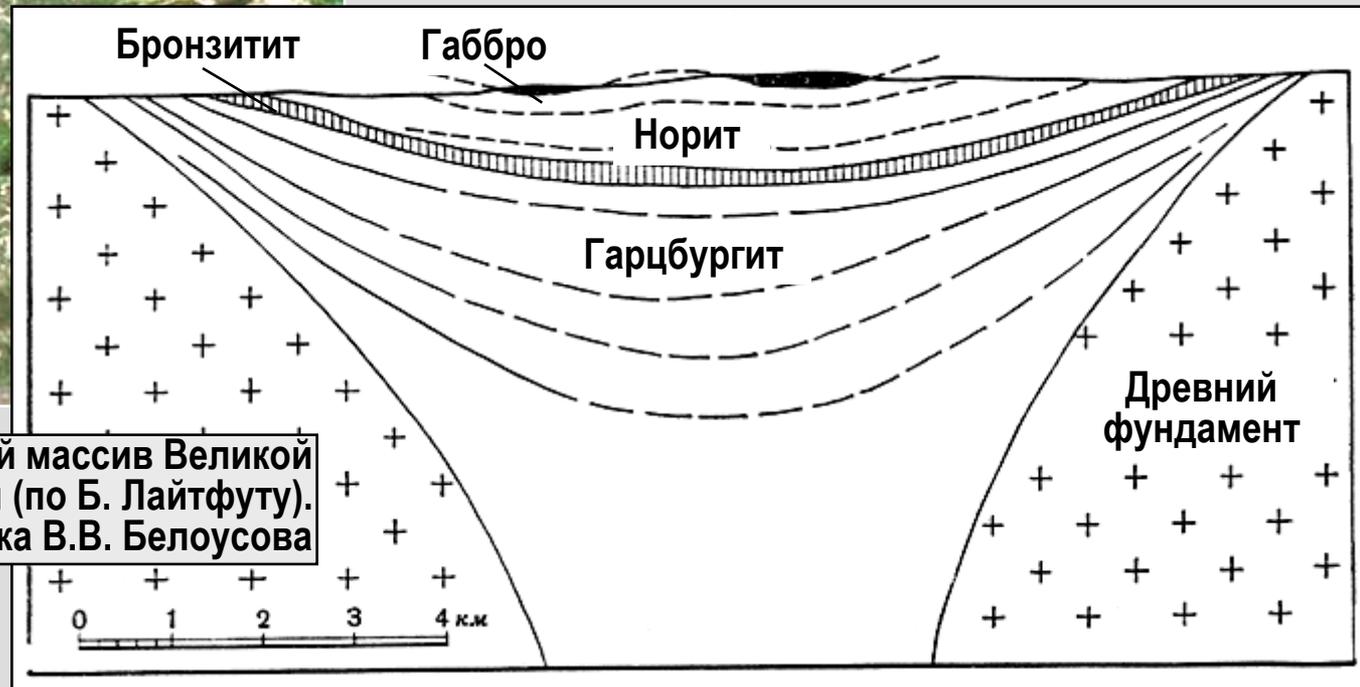
Просторненский массив гранитов. Ранняя пермь.
Ю. Урал. Диаметр 6 км

2. Дифференцированные однофазные массивы



Сложены основными и
ультраосновными породами.
Преимущественно – лополиты

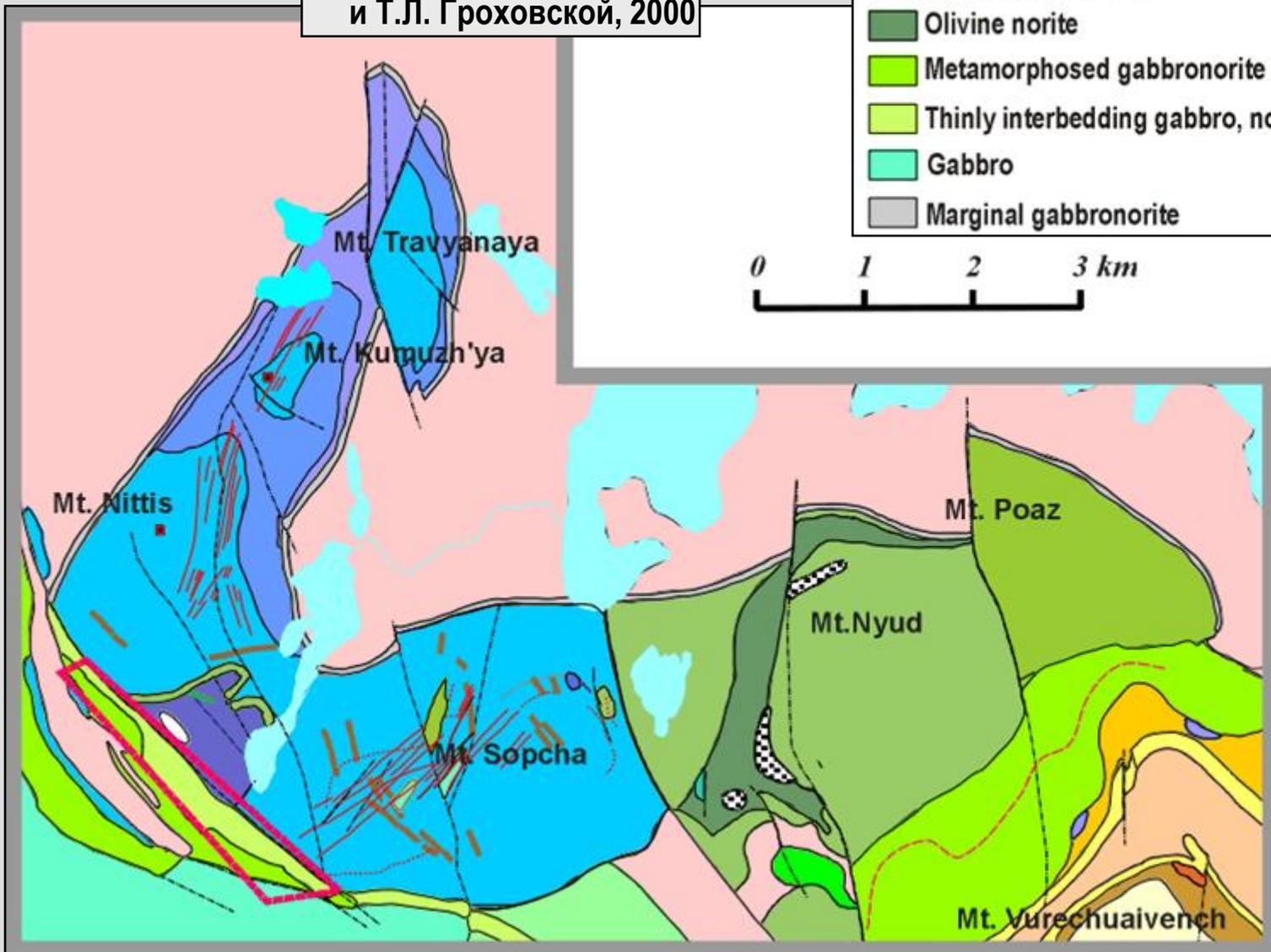
Расслоенный массив Великой
дайки Родезии (Зимбабве).
560×12 км. Google



Расслоенный массив Великой
дайки (по Б. Лайтфуту).
Из учебника В.В. Белоусова

Геологическая карта
Мончегорского массива.
По Арк.В. Тевелеву
и Т.Л. Гроховской, 2000

- Dunite
- Peridotite
- Peridotite, olivine pyroxenite, pyroxenite
- Pyroxenite
- Norite, gabbronorite
- Olivine norite
- Metamorphosed gabbronorite and gabbro
- Thinly interbedding gabbro, norite, pyroxenite, gabbronorite
- Gabbro
- Marginal gabbronorite



3. Сложные многофазные массивы

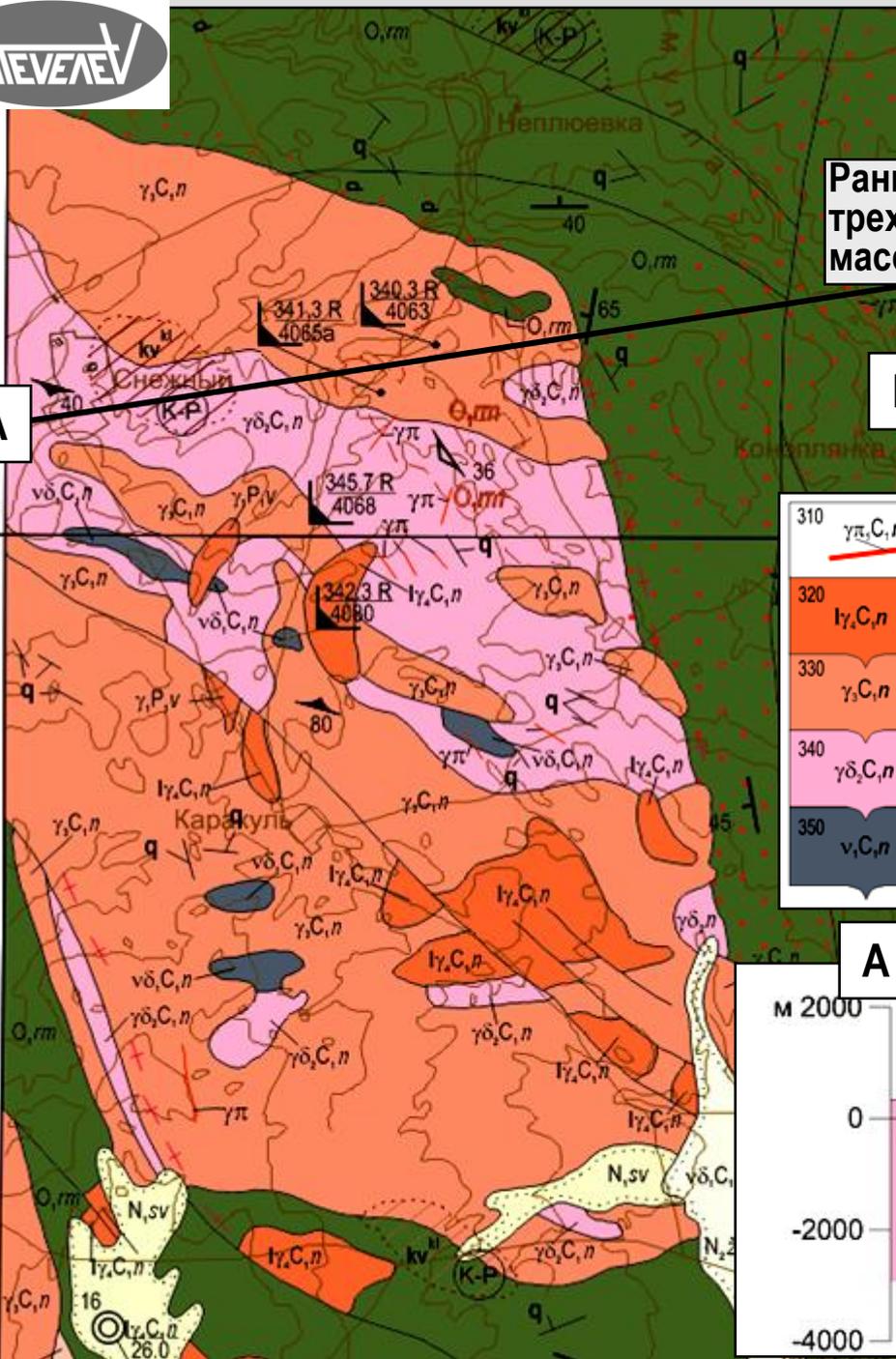
Раннекаменноугольный трехфазный Неплюевский массив. Ю. Урал

Обычно сложены породами от основных и средних до кислых нормального и субщелочного ряда

A

Б

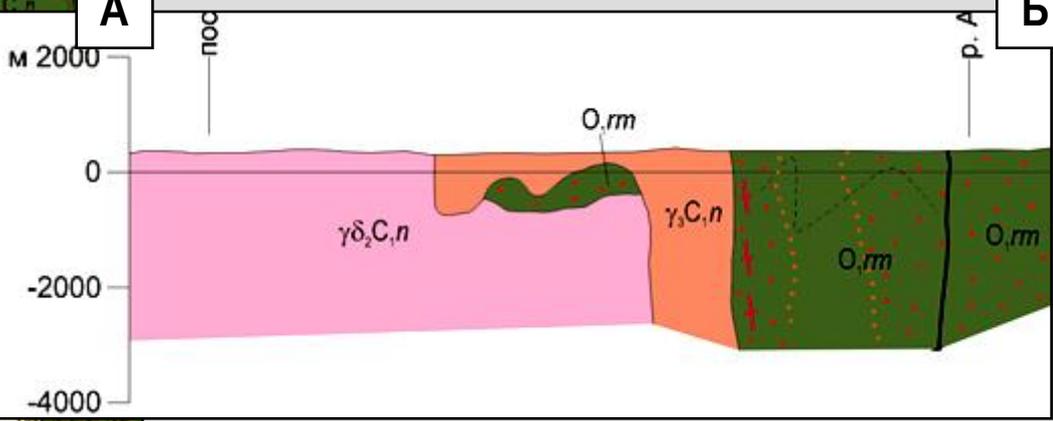
52°
50'



310	$\gamma_{16} C_n$	Дайковая серия. Гранит-порфиры
320	$\gamma_{17} C_n$	Четвертая фаза. Лейкограниты мелкозернистые до среднезернистых аплитовидные. Гидротермально-метасоматические образования: грейзены и грейзенизированные породы
325	$gr C_n$	
330	$\gamma_{18} C_n$	Третья фаза. Адамеллиты низко- и высококальциевые, граниты биотитовые, среднезернистые, слабопорфировидные
340	$\gamma_{19} C_n$	Вторая фаза. Гранодиориты, кварцевые диориты биотитовые, роговообманково-биотитовые среднезернистые
350	$\gamma_{20} C_n$	
	$\gamma_{21} C_n$	Первая фаза. Габбро, габбродиориты мелкозернистые

A

Б

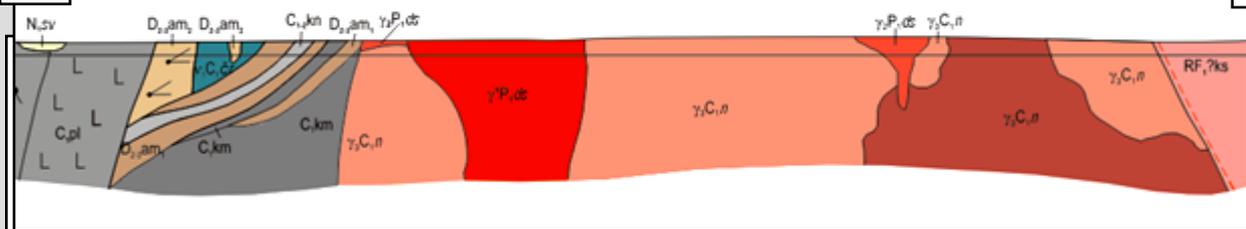


**Полихронный Суундукский батолит. Ю. Урал.
Размеры 70×12 км, вертикальная мощность 6-8 км**

джабыкский комплекс P₁

580	aP ₁ ds	Жильная серия. Дайки аплитов; пегматитовые жилы (pP ₁ ds) (582)
585	γ ₁ P ₁ ds	Дополнительные интрузии: Граниты мелкозернистые, аплитовидные. Гидротермально-метасоматические образования: грейзены
	bfP ₁ ds	
610	γ ₂ P ₁ ds	Вторая фаза. Граниты биотитовые, средне-крупнозернистые, порфировидные
	γ ₃ P ₁ ds	
620	γ ₄ P ₁ ds	Первая фаза. Граниты мелкозернистые биотитовые, слабопорфировидные
620	γ ₅ P ₁ ds	Третья фаза. Граниты субщелочные мелкозернистые, слабопорфировидные

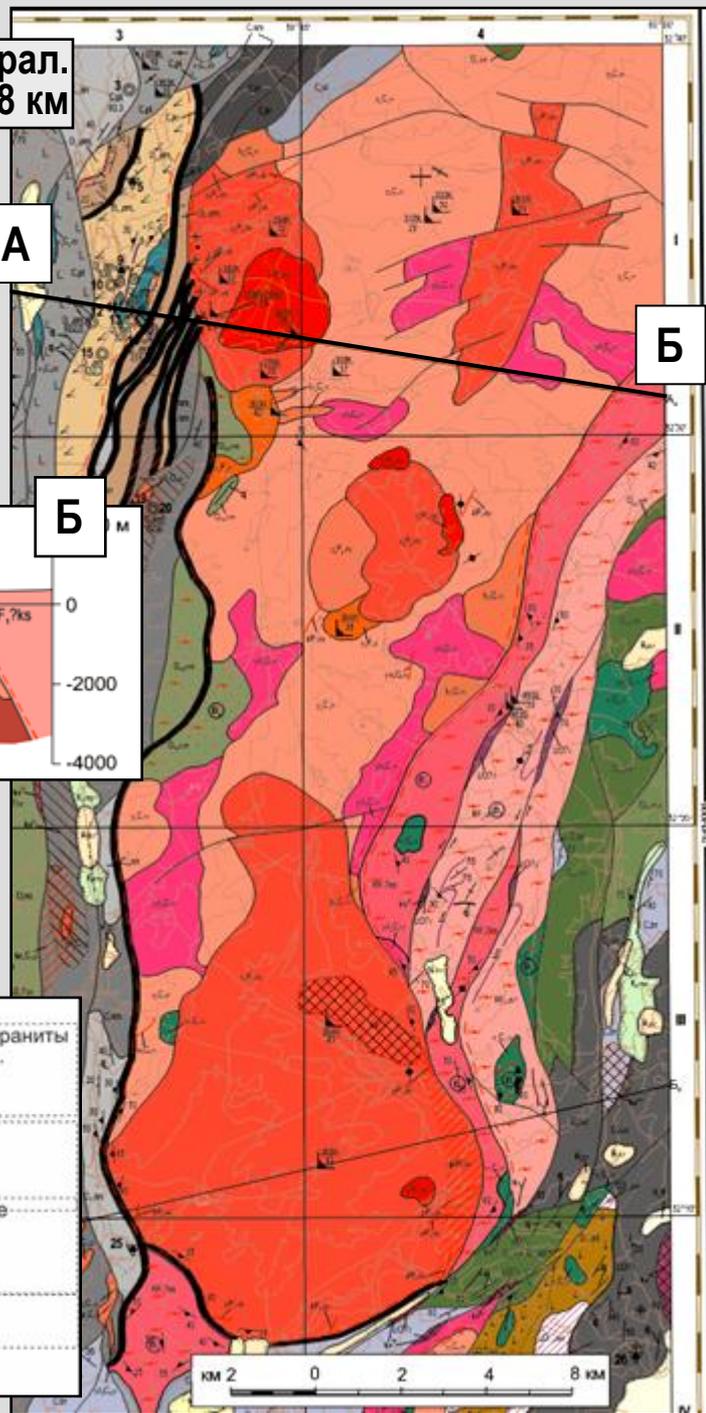
А



А

Б

Б



неплюевский комплекс С₁

660	γ ₄ C ₁ л	Четвертая фаза. Лейкограниты мелко- среднезернистые. Дайковая серия: гранит-порфиры
670	γ ₅ C ₁ л	
680	γ ₆ C ₁ л	Третья фаза. Адамеллиты низко- и высококальциевые, граниты биотитовые, среднезернистые
690	γ ₇ C ₁ л	Вторая фаза. Гранодиориты, кварцевые диориты, биотит-роговообманковые, среднезернистые, разгнейсованные
700	γ ₈ C ₁ л	
700	γ ₉ C ₁ л	Первая фаза. Габбро, габбродиориты мелкозернистые

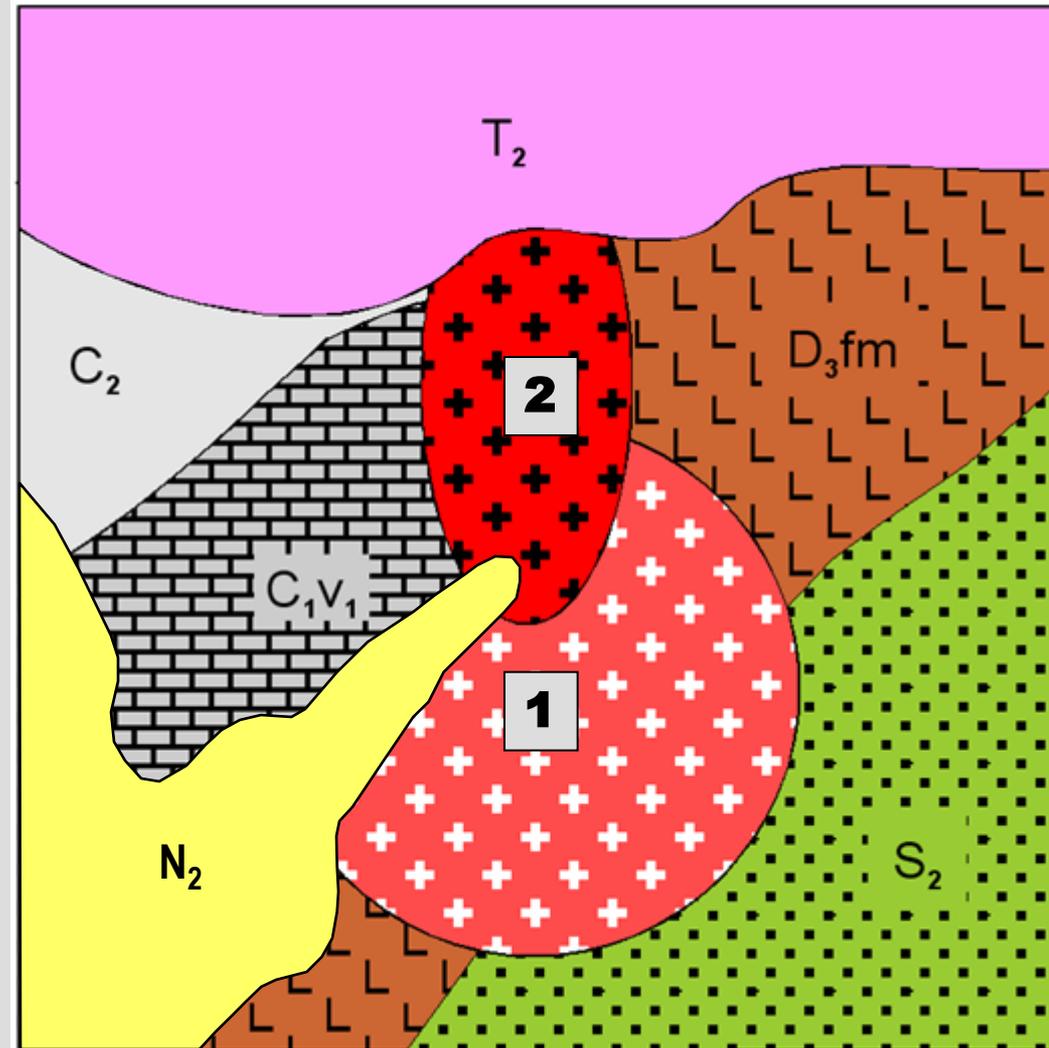
км 2 0 2 4 8 км

Определение относительного возраста интрузивных массивов

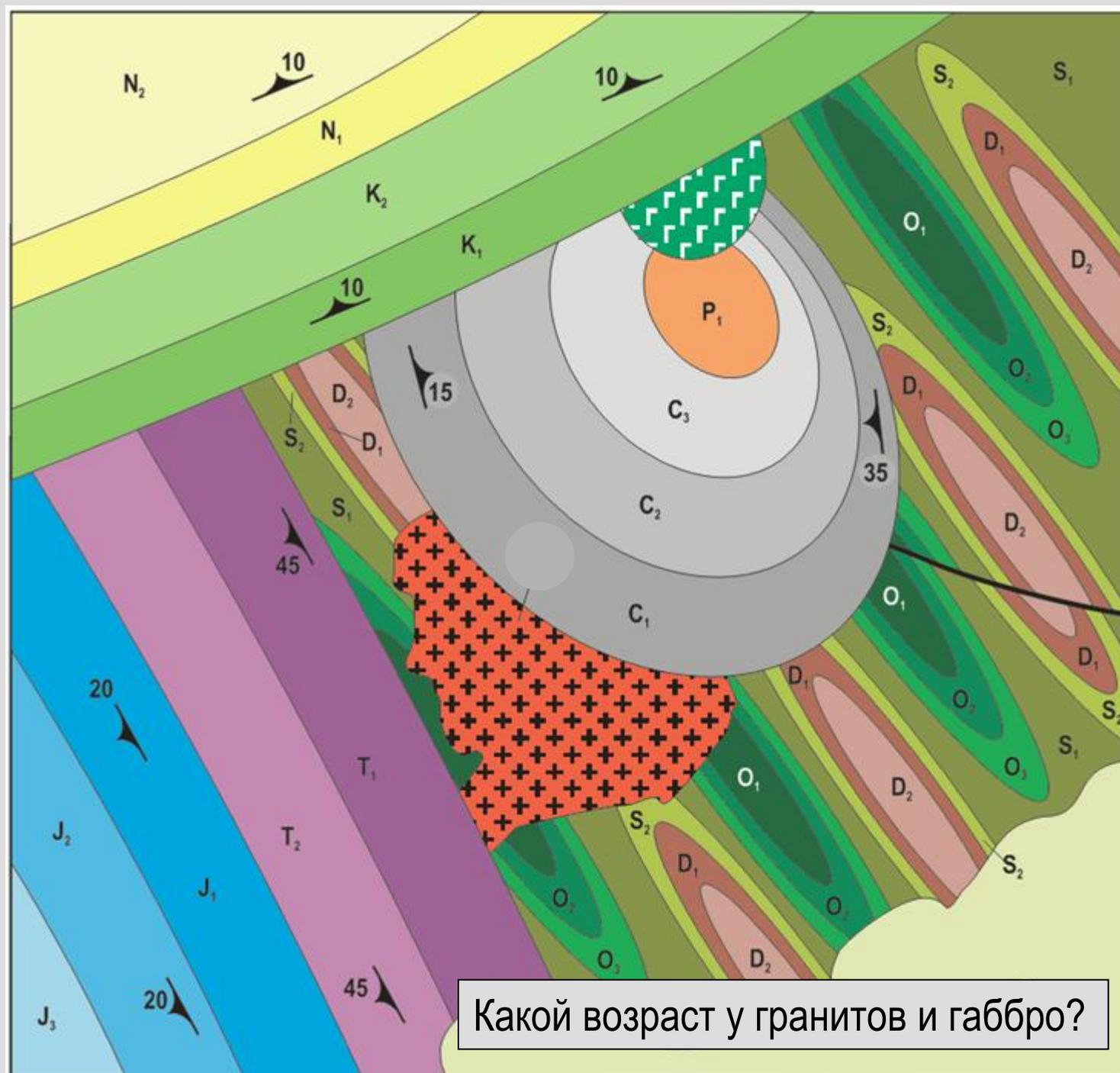
Относительный возраст интрузивных массивов определяется по разнице между возрастом **самых молодых** толщ (или интрузивов), прорываемых интрузивом, и **самых древних** толщ, которые его перекрывают (или массивов, которые его прорывают).

Интрузив 1 – прорывает базальты фаменского яруса верхнего девона и перекрывается известняками визейского яруса нижнего карбона.
Возраст – ранний карбон, турнейский век

Интрузив 2 – прорывает песчаники среднего карбона и перекрывается песчаниками среднего триаса.
Возраст – от позднего карбона до раннего триаса включительно



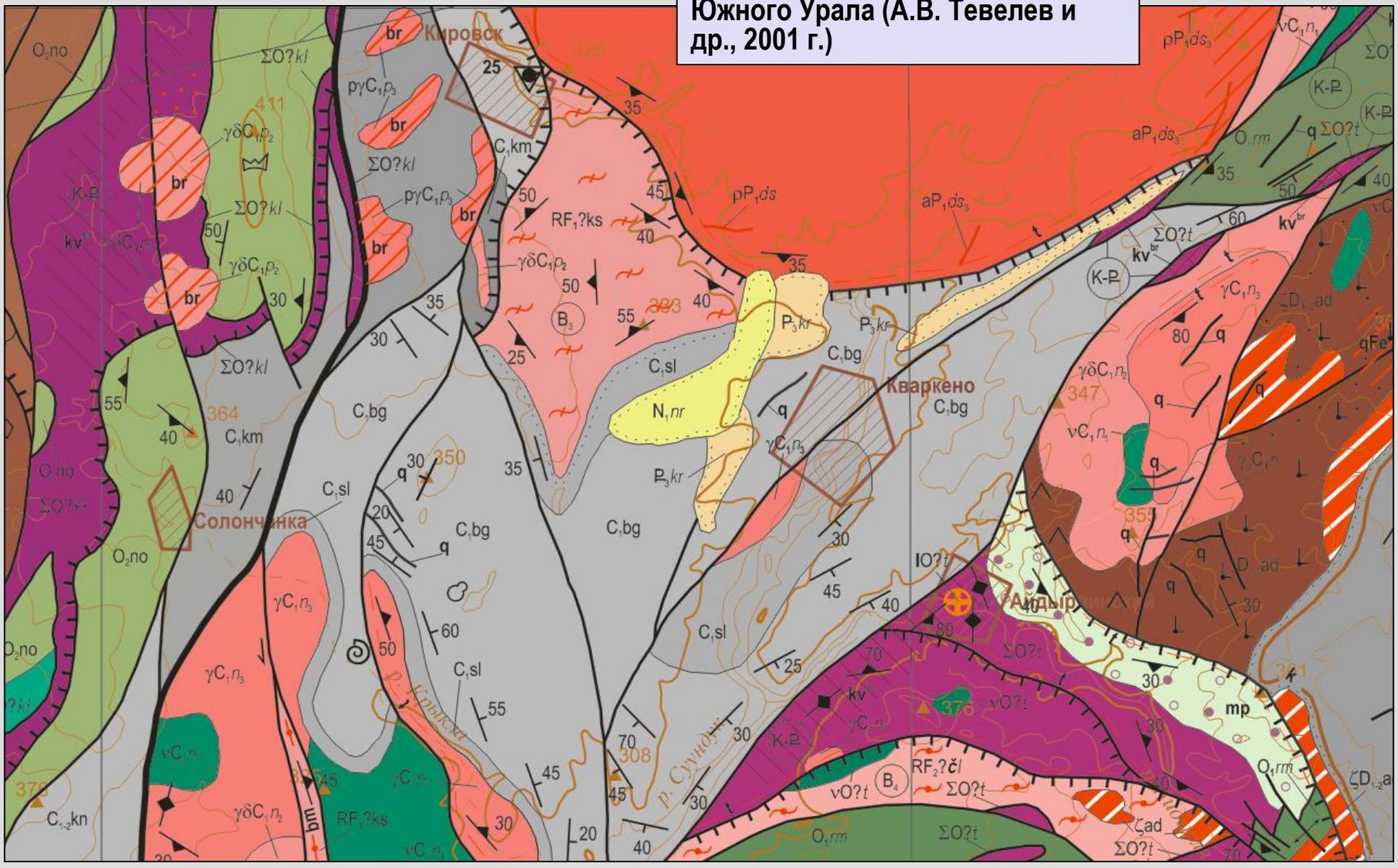
Какой возраст у интрузива №1?



Q	1
N ₂	2
N ₁	3
K ₂	4
K ₁	5
J ₃	6
J ₂	7
J ₁	8
T ₂	9
T ₁	10
P ₂	11
P ₁	12
C ₃	13
C ₂	14
C ₁	15
+	16
D ₂	17
D ₁	18
S ₂	19
S ₁	20
O ₃	21
O ₂	22
O ₁	23
↘	24
↘ 45	25

Какой возраст у гранитов и габбро?

**Фрагмент Госгеолкарты-200
Южного Урала (А.В. Тевелев и
др., 2001 г.)**



Изучение керна плутонических пород требует высокой квалификации, терпения и внимательности!

