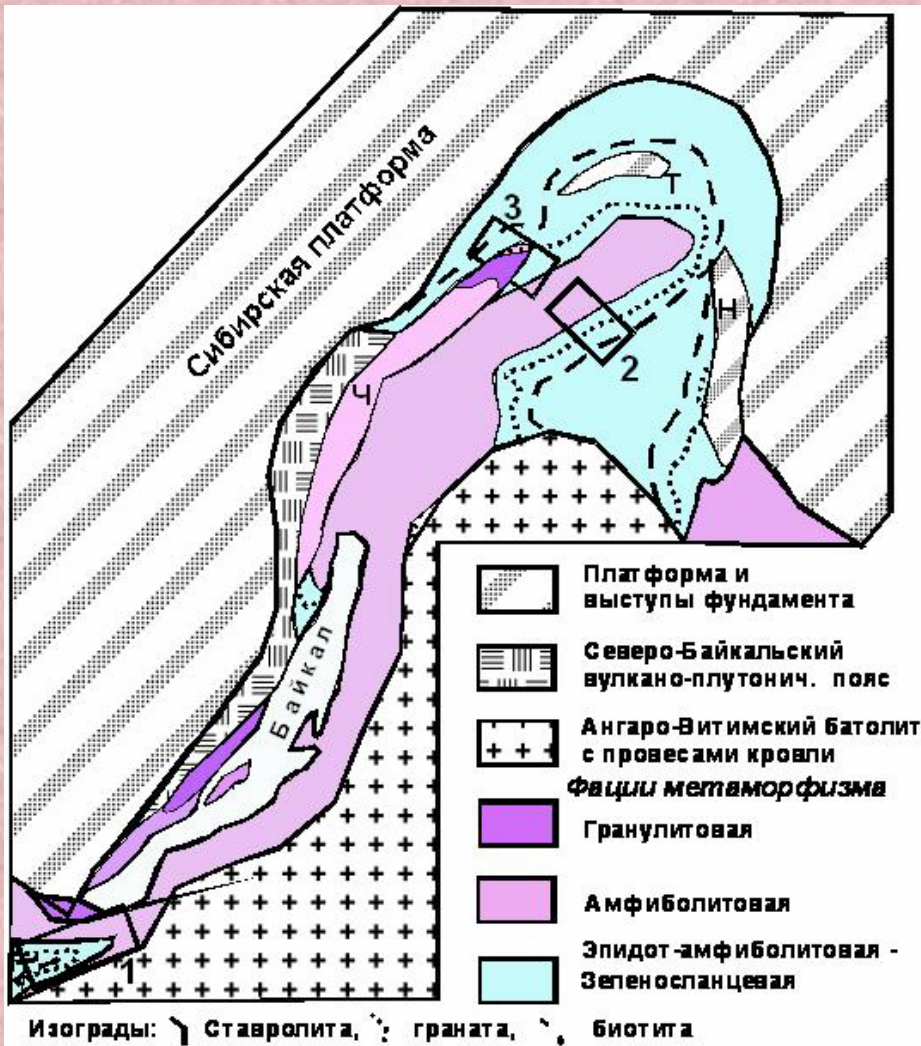


**МЕТАМОРФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ, МЕТАСОМАТОЗ,
ЧАСТИЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ – НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ
ПОЯСАХ (ПРИБАЙКАЛЬСКИЙ МЕТАМОРФИЧЕСКИЙ ПОЯС)**

**В.А.Макрыгина, Е.В.Толмачева, Е.Н.Лепехина
ИГХ СО РАН, ИГГД РАН, ЦИИ ВСЕГЕИ**

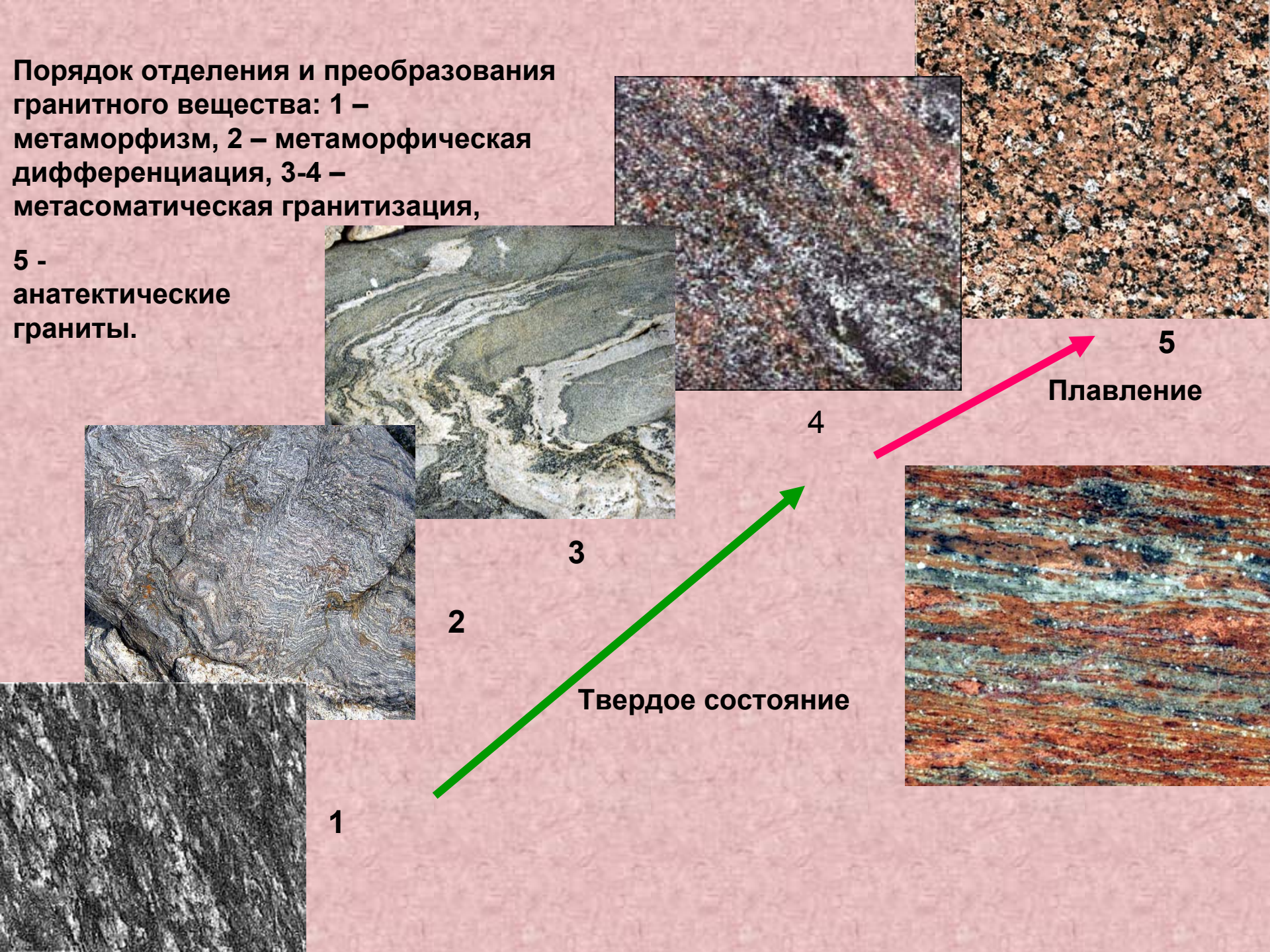
Иркутск 2012



Прибайкальский метаморфический пояс

Изучение геохимии метаморфизма на участках с секущим положением изоград в Прибайкальском метаморфическом поясе показало, что процесс гранитообразования на уровне метаморфических поясов происходит с участием трех процессов: метаморфической дифференциации, метасоматической мигматизации и последующего анатексиса. Наиболее масштабные процессы регионального метаморфизма происходят в зонах коллизии, где реализуются самые высокие градиенты роста температур и давлений. Выше 650 оС породы становятся пластичными. В условиях неравномерного распределения давления внутри породы при интенсивной деформации происходит растворение кварца и плагиоклаза с переотложением в участках пониженного давления [Тен, 1993]. В этом состоит сущность процесса метаморфической дифференциации. Образуются полосчатые породы, типа плагиомигматитов. Нами показано, что для породы в целом этот процесс является изохимическим [Макрыгина, 1981]. Подтверждением тому, что метаморфическая дифференциация происходит в твердом состоянии, является отсутствие расплавных включений и появление плагиомигматитов при более низких температурах, чем калишпатовых мигматитов, хотя при плавлении плагиоклаз-кварцевая эвтектика должна быть более высокотемпературной, чем калишпат-кварцевая и тем более тройная.

Порядок отделения и преобразования гранитного вещества: 1 – метаморфизм, 2 – метаморфическая дифференциация, 3-4 – метасоматическая гранитизация, 5 - анатектические граниты.





Метаморфическая дифференциация – биотитовый полосчатый плагиомигматит, Тутайская бухта, Приольхонье – в нем нет расплавных включений, только газово-жидкие (процесс растворения-переотложения в твердом состоянии влиянием неравномерного распределения давления при деформации)

Первые выплавки биотитовый гранит

Средний состав метapelитов корниловской свиты Хамар-Дабана по зонам метаморфизма и мигматизации (в пересчете на сухой остаток)

Метаморфическая дифференциация

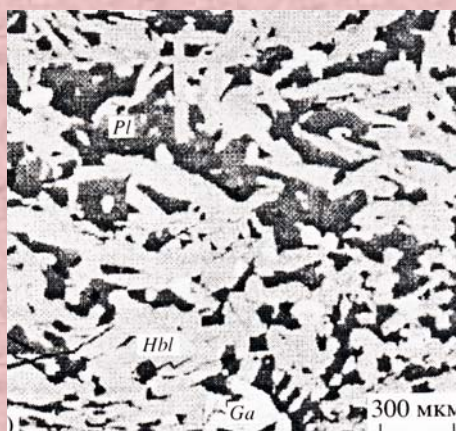
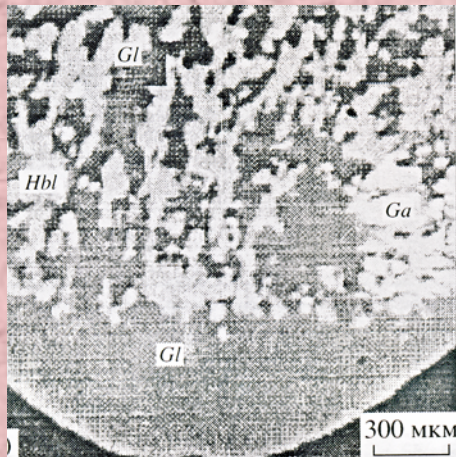
Зоны	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Хлорит-биотитовая	61.64	0.90	19.55	2.23	5.07	3.37	1.03	2.99	3.40
Гранат-биотитовая	61.43	0.92	20.56	1.94	5.65	2.50	0.85	2.38	3.58
Андалузит-ставр.	61.53	0.98	21.94	2.04	5.48	2.19	0.61	1.01	3.51
Силлиманит-гр.	61.23	1.11	20.03	2.71	6.13	2.51	0.65	1.62	3.46
Плаггиомигматиты	67.09	1.17	15.93	1.74	5.55	2.00	1.08	2.16	2.92
Калишпат. мигм.	68.66	1.03	15.24	1.41	4.93	1.69	1.36	2.53	2.65

Средний состав биотитовых гнейсов и мигматитов в зонах гранитизации, Чуйское поднятие

Метасоматическая гранитизация

Зоны	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Би-плаггиогнейсы	64.70	0.90	14.87	1.34	5.39	1.73	2.09	4.68	2.54
Плаггиомигматиты	68.00	0.76	14.32	2.61	3.09	1.11	1.69	4.44	3.25
Калишпат. мигм.	74.24	0.38	12.39	1.93	1.21	0.34	0.74	2.90	5.36

Эксперименты Л.И.Ходоровской (2004) по метасоматической гранитизации амфиболита



P = 5 kbar

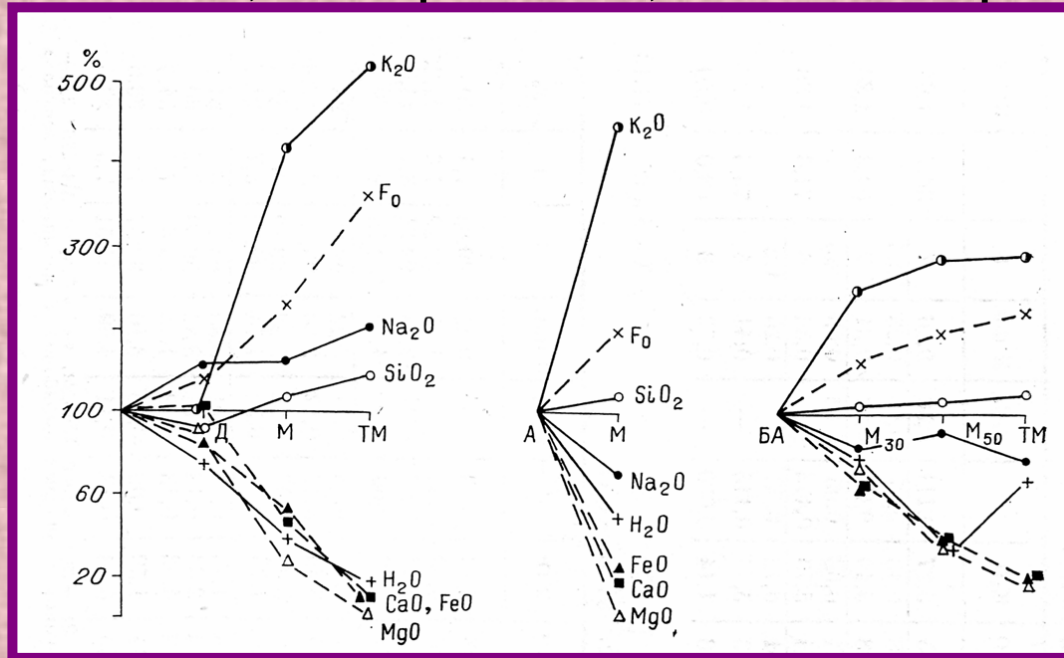
T = 750°C

	Амфиболит	Расплав
SiO ₂	51.81	74.04
TiO ₂	2.11	0.26
Al ₂ O ₃	12.92	14.81
FeO	19.3	0.06
MnO	0.55	0
MgO	3.47	0.45
CaO	6.34	2.29
Na ₂ O	2.44	4.17
K ₂ O	0.47	3.36
P ₂ O ₅	0.44	0.11

Поток кремне-щелочного флюида, 95 час



Изменение состава пород при метасоматической гранитизации Д – диопсидовых сланцев, А – амфиболитов, БА Бiotит-амфиболовых гнейсов

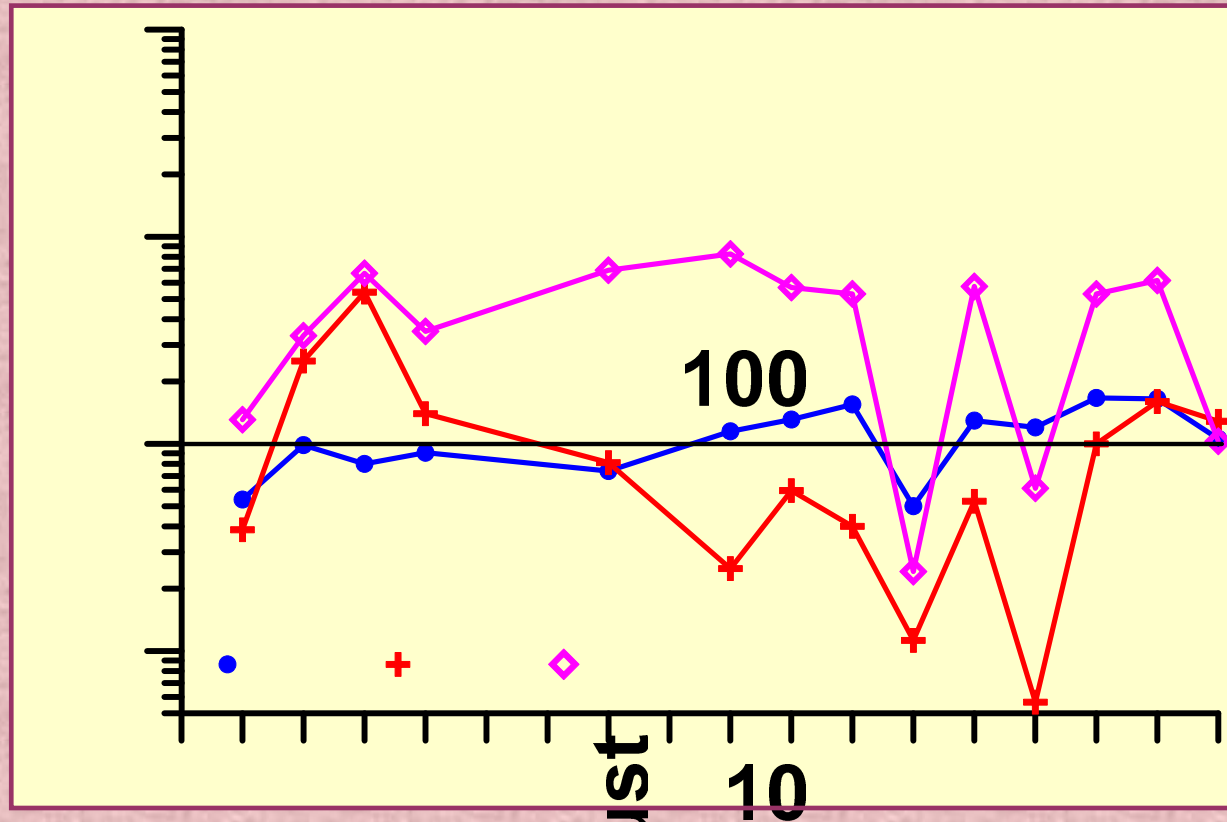


С привнесом глубинных кремне-щелочных флюидов начинается **массовая мигматизация** пород. Ее внешняя зона всегда представлена плагиомигматитами. Плагиомигматиты от обычных гнейсов отличаются высоким содержанием кислого плагиоклаза – до 50-60 об. %. В валовом составе пород наблюдается привнос Na и Si. Затем следует зона калишпатовых мигматитов, где в светлых прослоях, называемых **лейкосомой**, все большую роль играет микроклин. В валовом составе пород на этом этапе фиксируется привнос K и Si. Общее количество Mg, Fe, Ca в породе заметно убывает вместе с объемом темных прослоев в мигматите (**палеосомы**). То есть мы видим типичную метасоматическую колонку, где факторами равновесия становятся концентрации в растворе сначала натрия, а затем калия. Фазовый состав мигматитов определяется виртуальными инертными компонентами – CaO, FeO, Al₂O₃ и избыточным кремнеземом (всегда присутствует кварц).

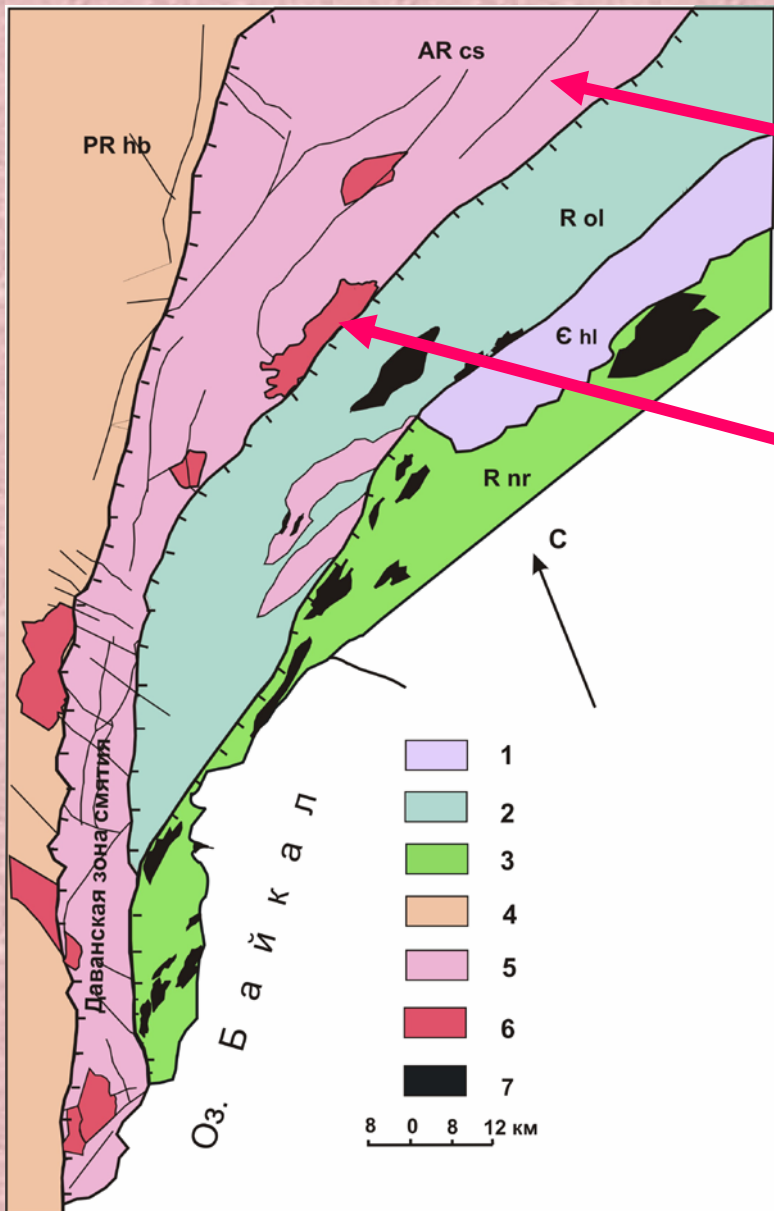
Привнос-вынос вещества при мигматизации пород гранулитовой фации на севере Чуйского поднятия (в % к исходному составу)

Порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
Би гнейс - плагиомигматит	5	-43	-15	-12	-12	15	-12	-48
Плагиомигматит - Кпш-мигматит	4	21	-8	-23	-15	-2	33	-3
Би гнейс - Кпш-мигматит	9	-22	-23	-35	-27	13	22	-50
Гр-Гип-Би гнейс-плагиомигматит	13	11	-9	-11	0	1	3	-23
Плагиомигматит - Кпш-мигматит	29	-20	-23	-9	-12	-10	37	6
Гр-Гип-Би гнейс - Кпш-мигматит	42	-9	-30	-20	-12	-9	40	-17
Амфиболит - плагиомигматит	50	-1	-22	-71	-27	27	11	-38
Плагиомигматит - Кпш-мигматит	60	-17	-47	-59	-60	-20	43	-19
Амфиболит - Кпш-мигматит	70	-18	-53	-80	-88	-47	55	-56

Два этапа гранитизации гнейсов (1) чуйской серии: 2 – известково-щелочная (региональная) и 3 – субщелочная приразломная (Чуйское поднятие)



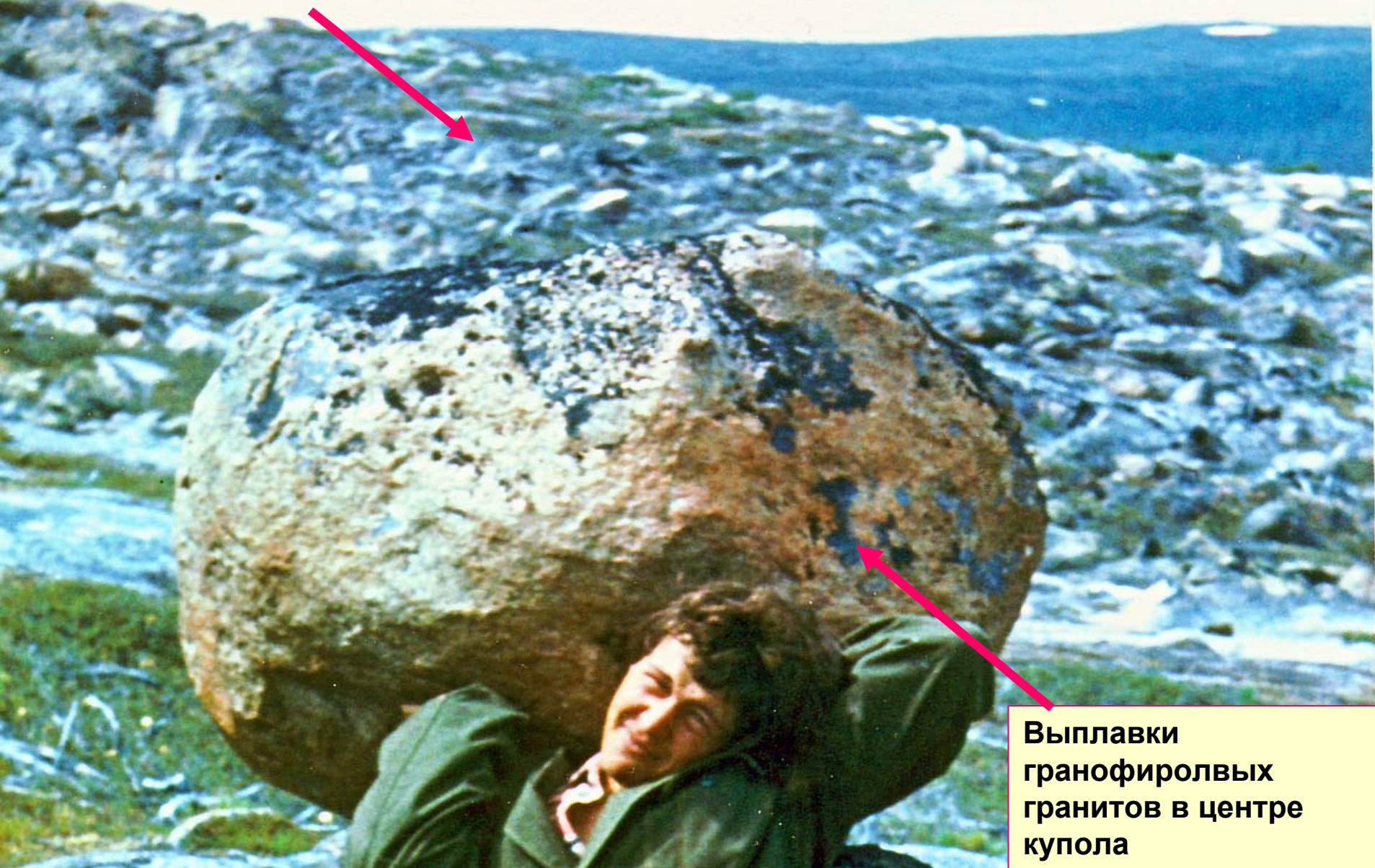
Изменение состава растворов с привнесом р-к элементов по глубинному разлому.



Чуйское поднятие

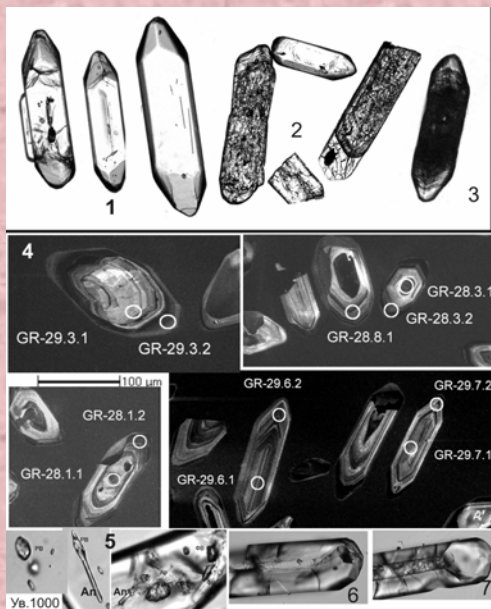
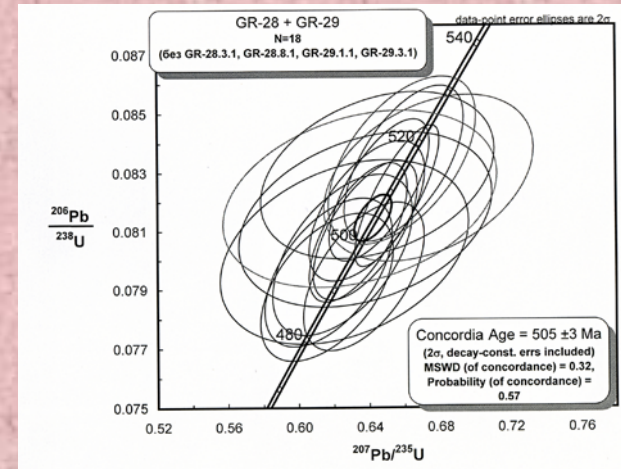
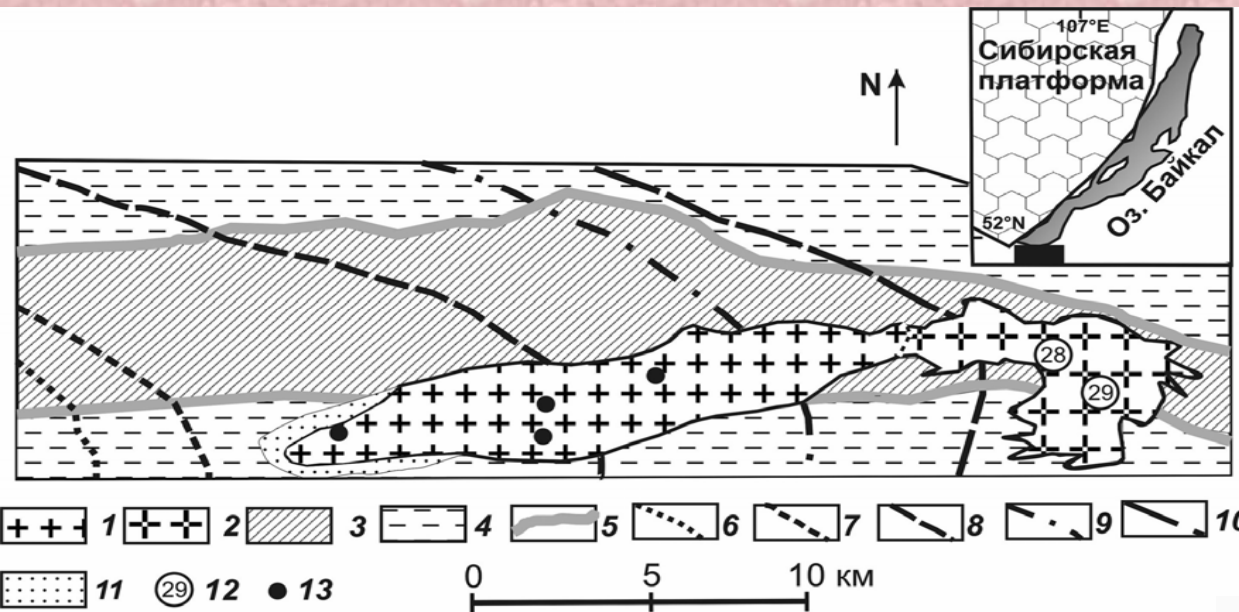
Абчадский
гранитогнейсовый купол

Гранитогнейсы Абчадского купола



**Выплавки
гранофириловых
гранитов в центре
купола**

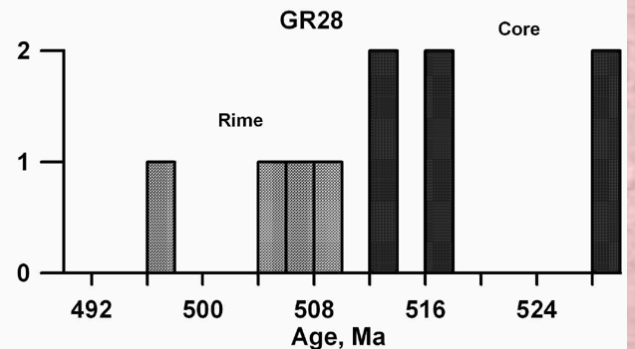
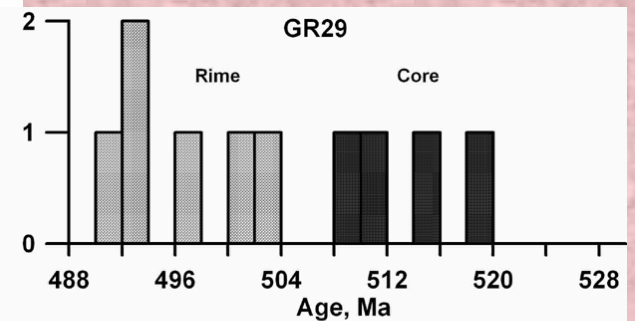
Солзанский гранитоидный массив, Хамар-Дабан



В проходящем свете

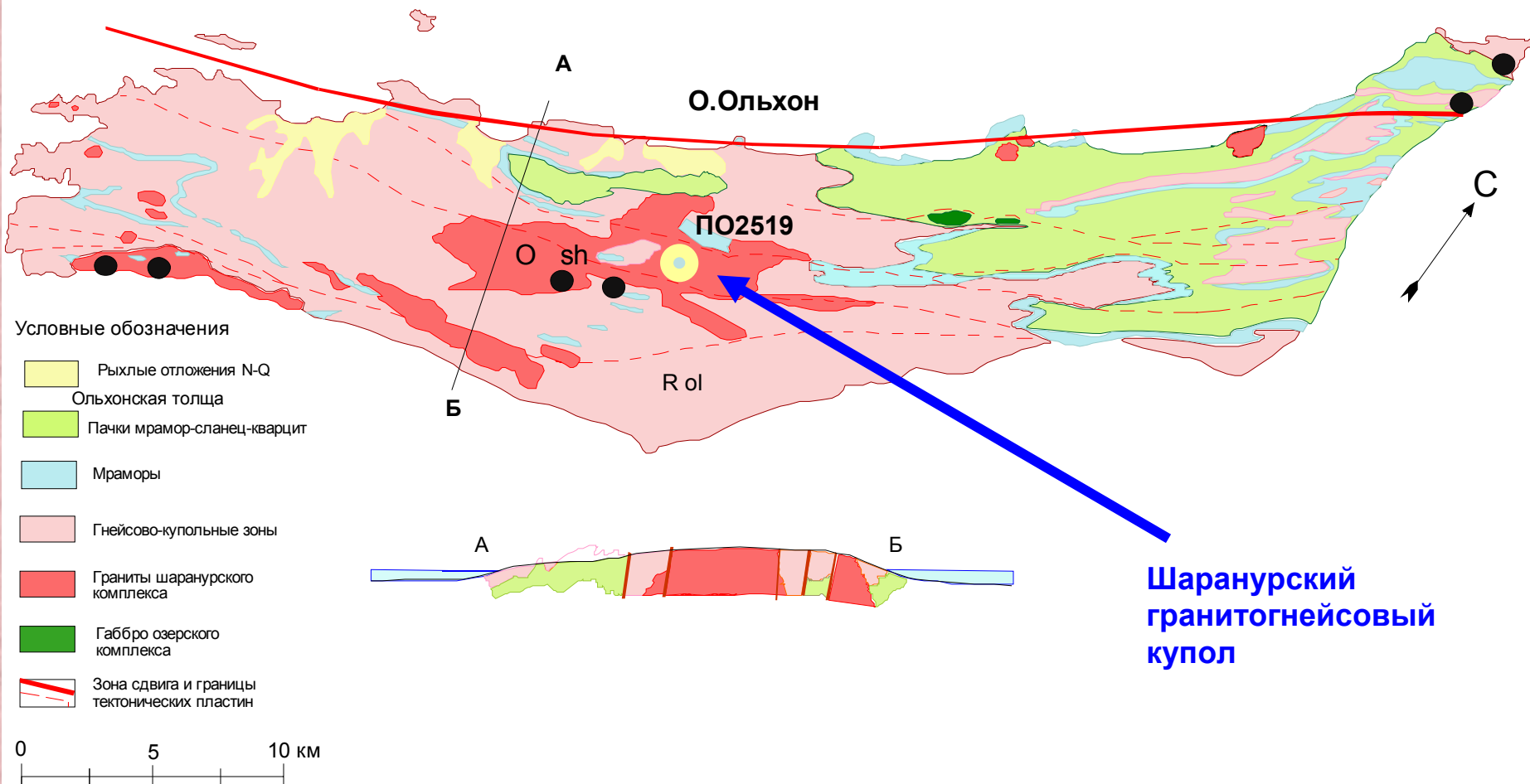
Катодолуминесцентное изображение

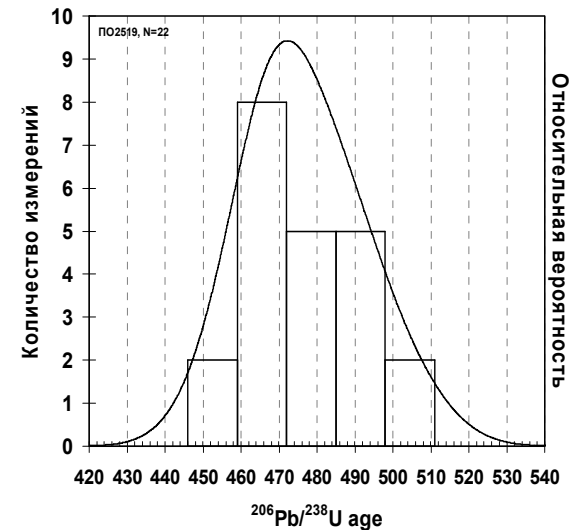
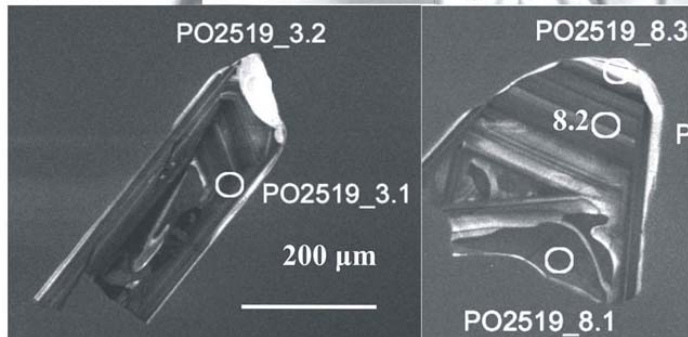
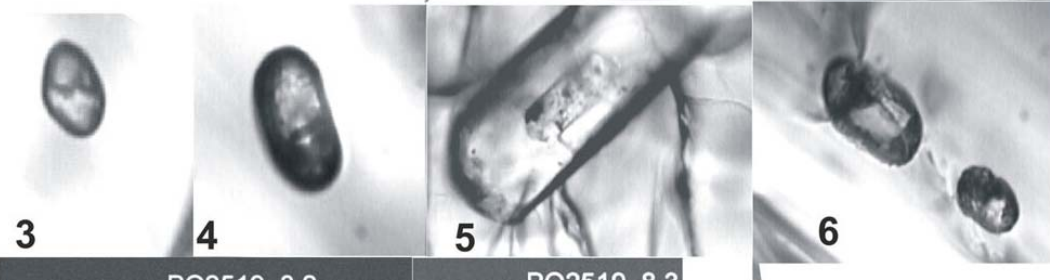
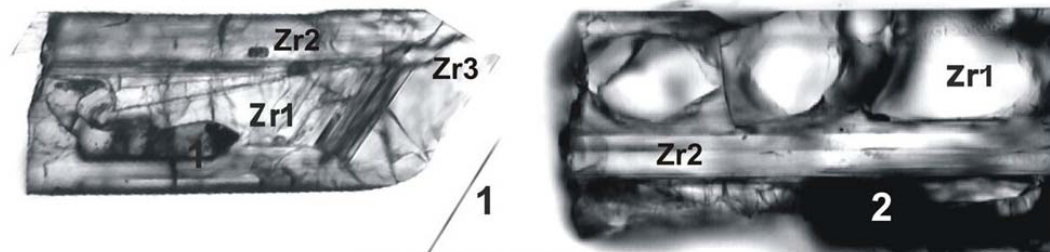
Включения в цирконе



Геологическая карта о.Ольхон

(по Е.В.Павловскому, А.С.Ескину, 1964
с изменениями В.А.Макрыгиной)



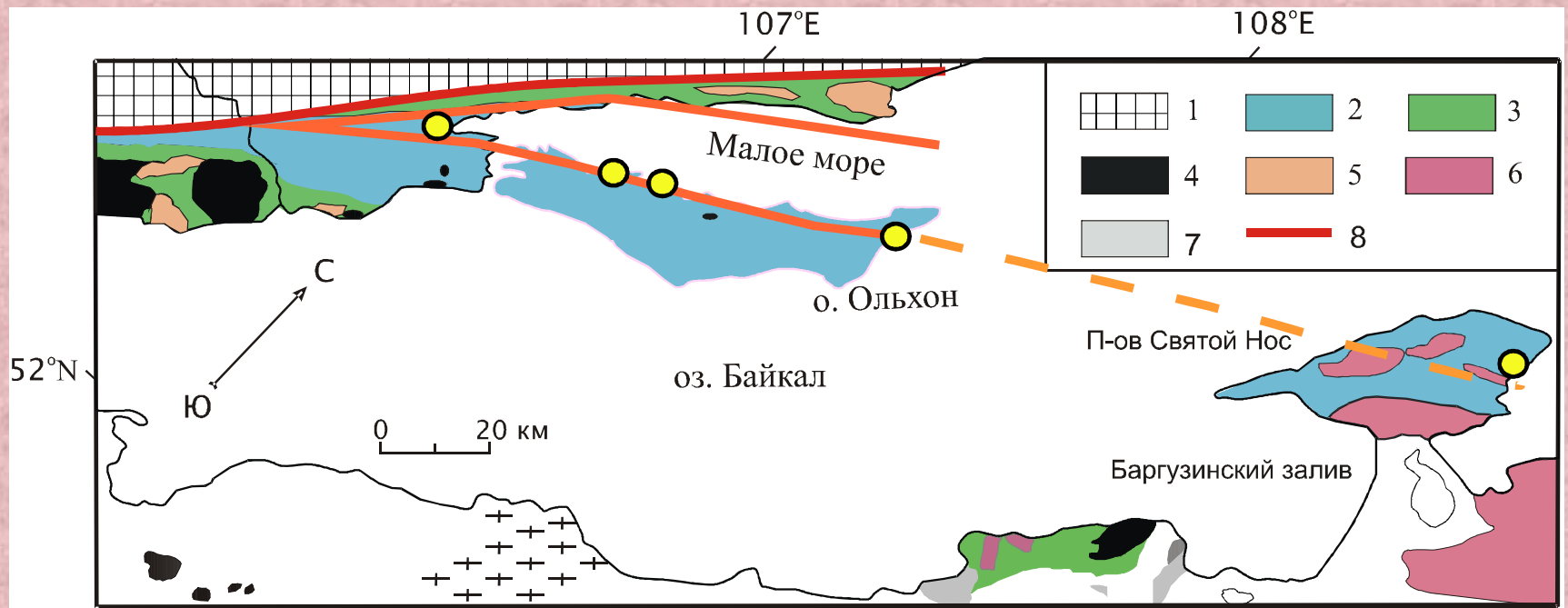


**Цирконы из центральной части
гранитов Шаранурского
гранитогнейсового купола,
о-в Ольхон**

1. Для ядер наиболее надежными являются измерения возраста (млн. лет) в точках 3.1 (505±12), 7.1 (502±11), 6.1 (488±11) и 13.1 (489±11), соответствующие началу плавления осадочного протолита гранитогнейсов и кристаллизации.
2. Для первой оболочки - точки в зернах 2.1 (возраст 482±10) и 7.2 (487±11) соответствуют полной кристаллизации гранитогнейсового купола и первому этапу метаморфизма.
3. Для второй оболочки - точки 1.2 (возраст 453±11) и 11,1 (456,2±10) – возраст второго этапа метаморфизма с незначительным анатексисом.

В зоне гранулитовой фации метасоматоз, сопряженный с образованием мигматитов в гнейсах, захватывает и основные породы. На мысе Святой Нос в массивных меланократовых амфиболитах развиваются неправильные гранат-кварц-биотитовые прожилки [Макрыгина, 2008]. В метагаббро на мысах Лударь и Безымянном по сложной петельчатой системе трещин образуются калишпат-гиперстеновые прожилки (чарнокитизация).

На северном крыле сдвиговой зоны в Ольхонском регионе при повышенных давлениях развиваются сопряженные с гранитизацией более кислых пород базификаты - это эклогитоподобные породы и гранатиты чернорудной зоны, известковые скарны по прослоям кальцитовых мраморов, сложенные гроссуляром, геденбергитом, анортитом и клиноцоизитом на о-ве Ольхон (желтые кружки).



Рестит по гранат-биотитовому гнейсу, о-в Ольхон, м.Лев. Шунтэ





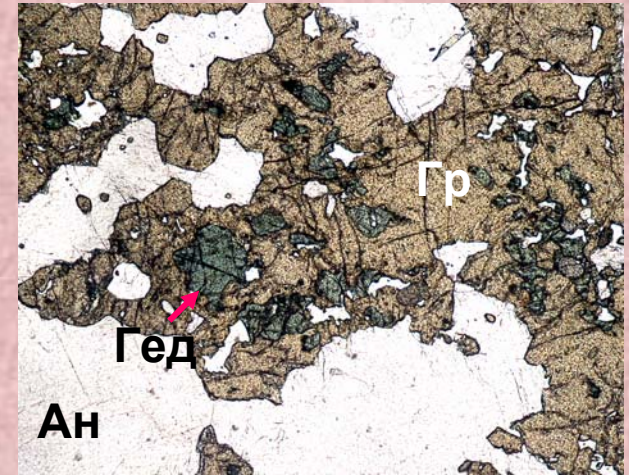
Сопряженное с гранитизацией развитие по карбонатным прослоям скарнов-базификатов гроссуляр-геденбергит-анортитового состава

Гранат: Pyr 0,14; Alm 12,3; Gros 74; And 13; Spes 0,8;

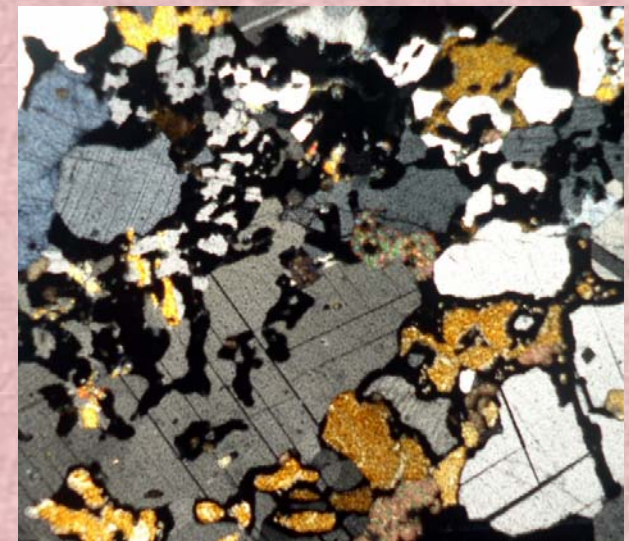
Геденбергит: Wo 48,5; En 3,3; Fs 48,15;

Анортит: An 98,95; Ab 1,05;

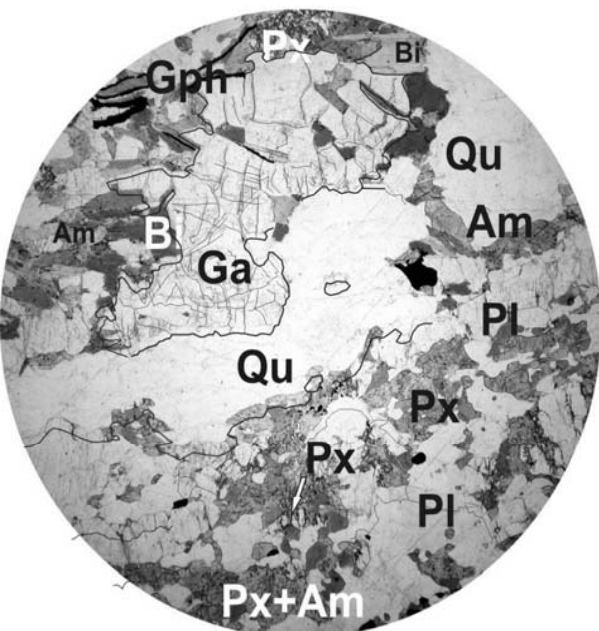
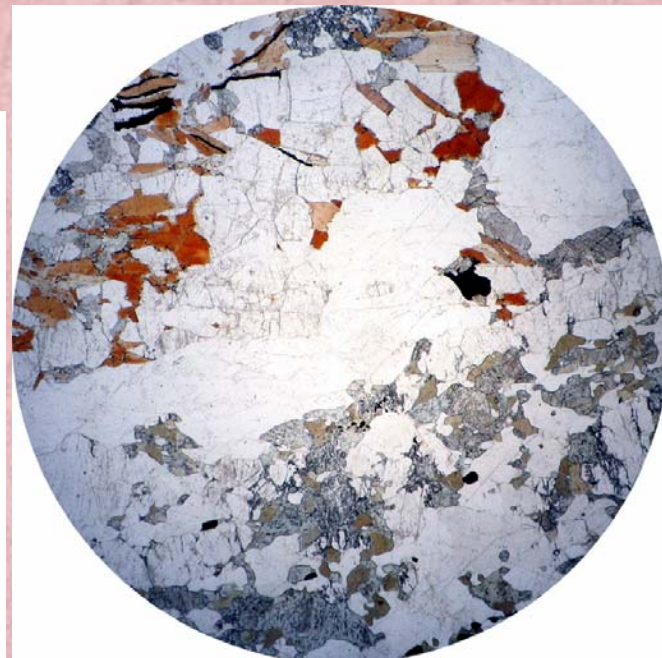
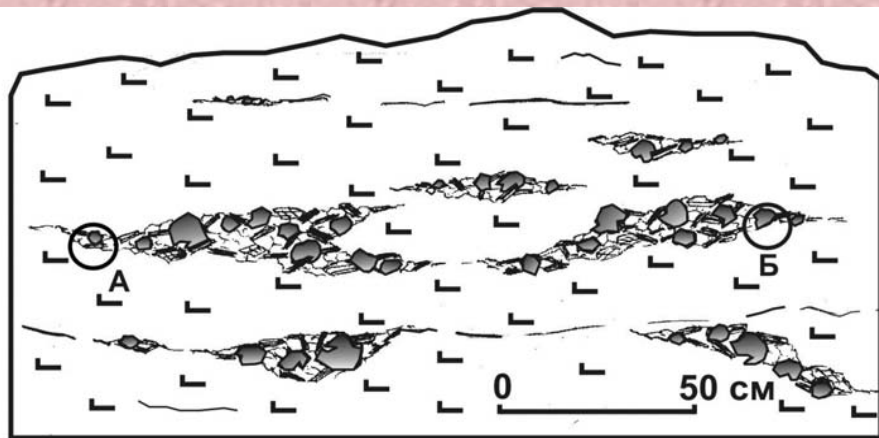
Калишпат у контакта в мигматите: Ort 93,83; Ab 3,7; Celz 2,5



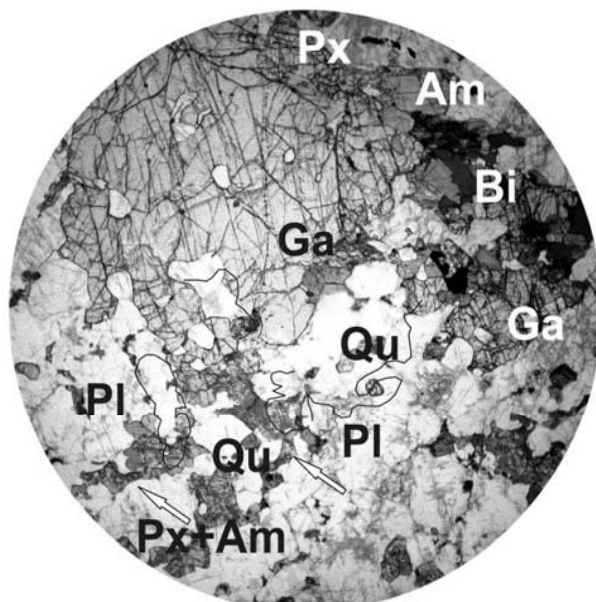
Николи параллельны



Николи скрещены



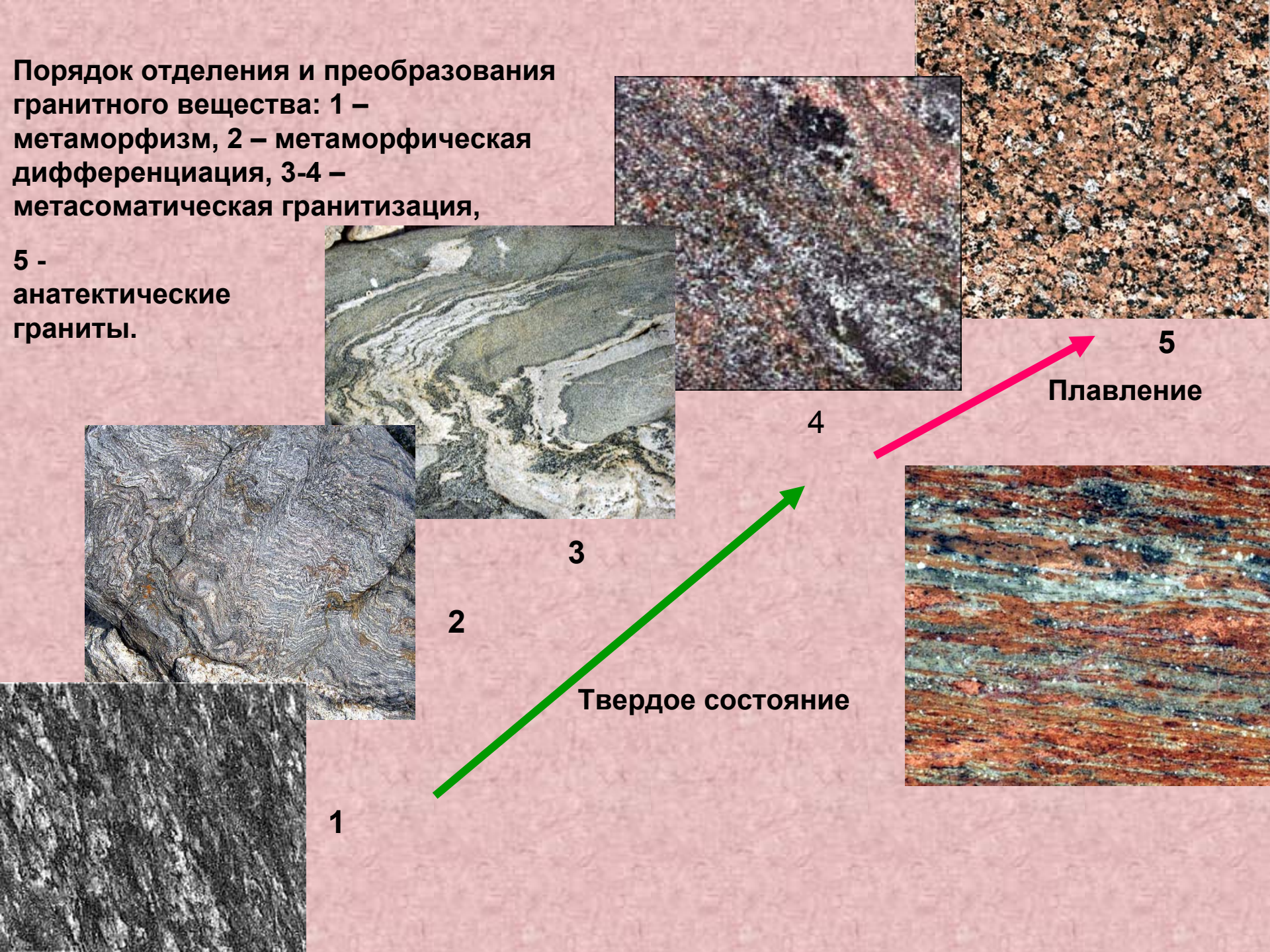
А



Б

Сопряженное с гранитизацией гнейсов развитие гранат-биотит-кварцевых «мигматитов» в метагаббро, изголовье п-во Святой Нос

Порядок отделения и преобразования гранитного вещества: 1 – метаморфизм, 2 – метаморфическая дифференциация, 3-4 – метасоматическая гранитизация, 5 - анатектические граниты.



Выводы

- После достижения пика метаморфизма – наиболее высоких температур и давлений, начинается снижение параметров. Происходит это по причине снижения теплового потока, завершения коллизии, связанного с ней горообразования и начала декомпрессии. Покровно-надвиговый тектогенез во времени сменяется сдвиговыми движениями. Они порождают неравномерное распределение напряжений в метаморфической толще, что вызывает отделение метаморфогенной флюидной фазы на месте и проникновение ее с больших глубин. Происходит инверсия режима метаморфизма, переход от его изохимической стадии к аллохомической. Именно на этой стадии начинается гранитообразование.
- Процесс гранитообразования на уровне метаморфических поясов происходит с участием трех процессов: *метаморфической дифференциации, метасоматической мигматизации и последующего анатексиса*. Соотношение степени развития этих процессов зависит от РТ параметров метаморфизма. При незначительном поступлении глубинных флюидов метаморфическая дифференциация сменяется анатексисом (Хамар-Дабан). При высокой проницаемости толщи и поступлении флюидов разной щелочности широко развита метасоматическая гранитизация с перерастанием в анатектическое формирование крупных масс магматических гранитов.

An aerial photograph of a mountain range. The central focus is a valley with a small, dark lake. The mountains are covered in green vegetation, with rocky outcrops visible. The sky is blue with some light clouds. The text "Спасибо за внимание!" is overlaid in the center of the image.

Спасибо за внимание!

Солзанский гранитоидный массив