

**ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ
ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ:
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ
ФОРМИРОВАНИЯ, ИСТОЧНИКИ МАГМ,
ГЕОДИНАМИКА**

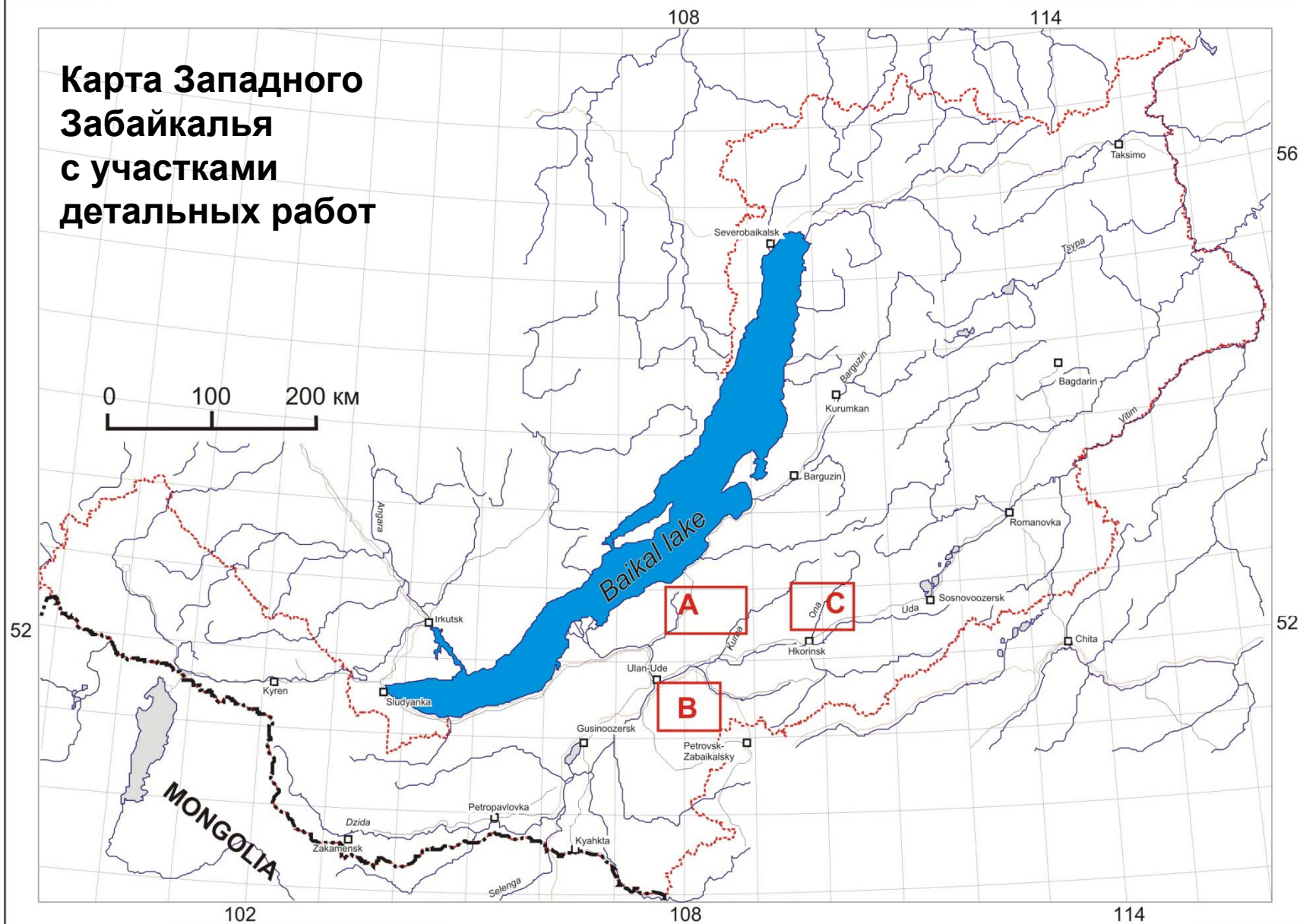
А.А. Цыганков
Геологический институт СО РАН

Иркутск, 2012

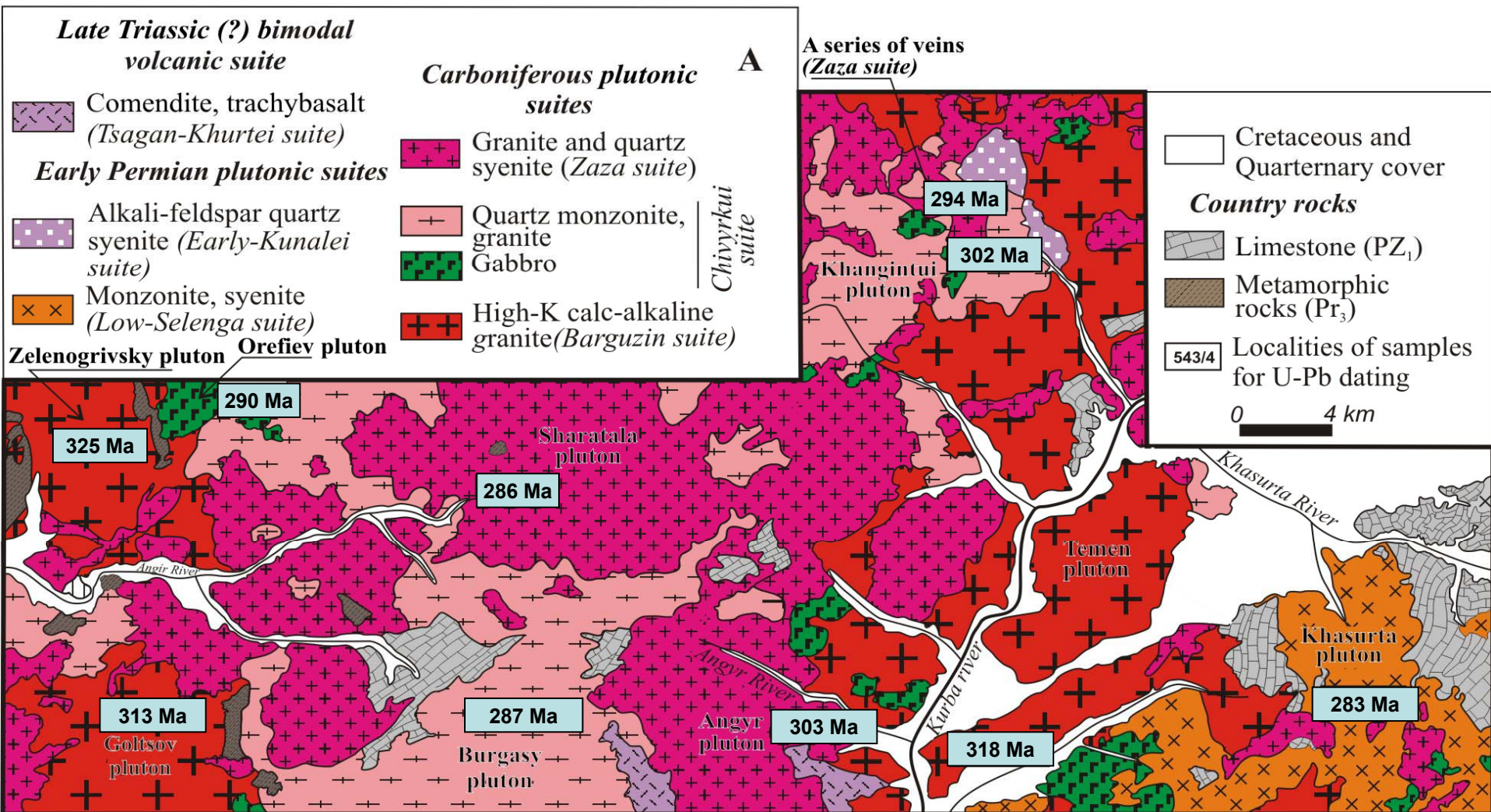
Позднепалеозойская гранитоидная провинция Западного-Забайкалья представляет собой одну из немногих на Земле областей, где разные по составу гранитоиды формировались одновременно в течение нескольких десятков миллионов лет. Гранитоидный магматизм сопровождался, а возможно и инициировался, мантийным мафическим магматизмом повышенной и высокой щелочности.

В последние 10 – 15 лет в регионе выполнен большой объем изотопно-геохронологических исследований, охватывающий как собственно гранитоиды, так и породы базитового и щелочного ряда. Некоторым промежуточным итогом этих исследований стало признание того, что основной объем гранитоидов региона, включая гигантский (150 тыс. км²) Ангаро-Витимский батолит (ареал-плутон) сформировался в позднем палеозое (конец карбона, начало перми), а не в докембрии или раннем палеозое как считалось ранее [Салоп, 1967; Литвиновский и др., 1993]. В связи с этим особую актуальность приобрели проблемы, напрямую связанные с этим фактом, а именно: **достоверность и разрешающая способность использованных геохронологических методов; общая продолжительность позднепалеозойского магматического цикла и правомерность его «подразделения» на отдельные этапы; источники магм разнотипных гранитоидов; взаимосвязь собственно корового гранитообразования и мантийного магматизма, в том числе щелочного; вещественная эволюция разнотипных салических магм и их рудный потенциал; геодинамические условия позднепалеозойского магматизма и т.д.**

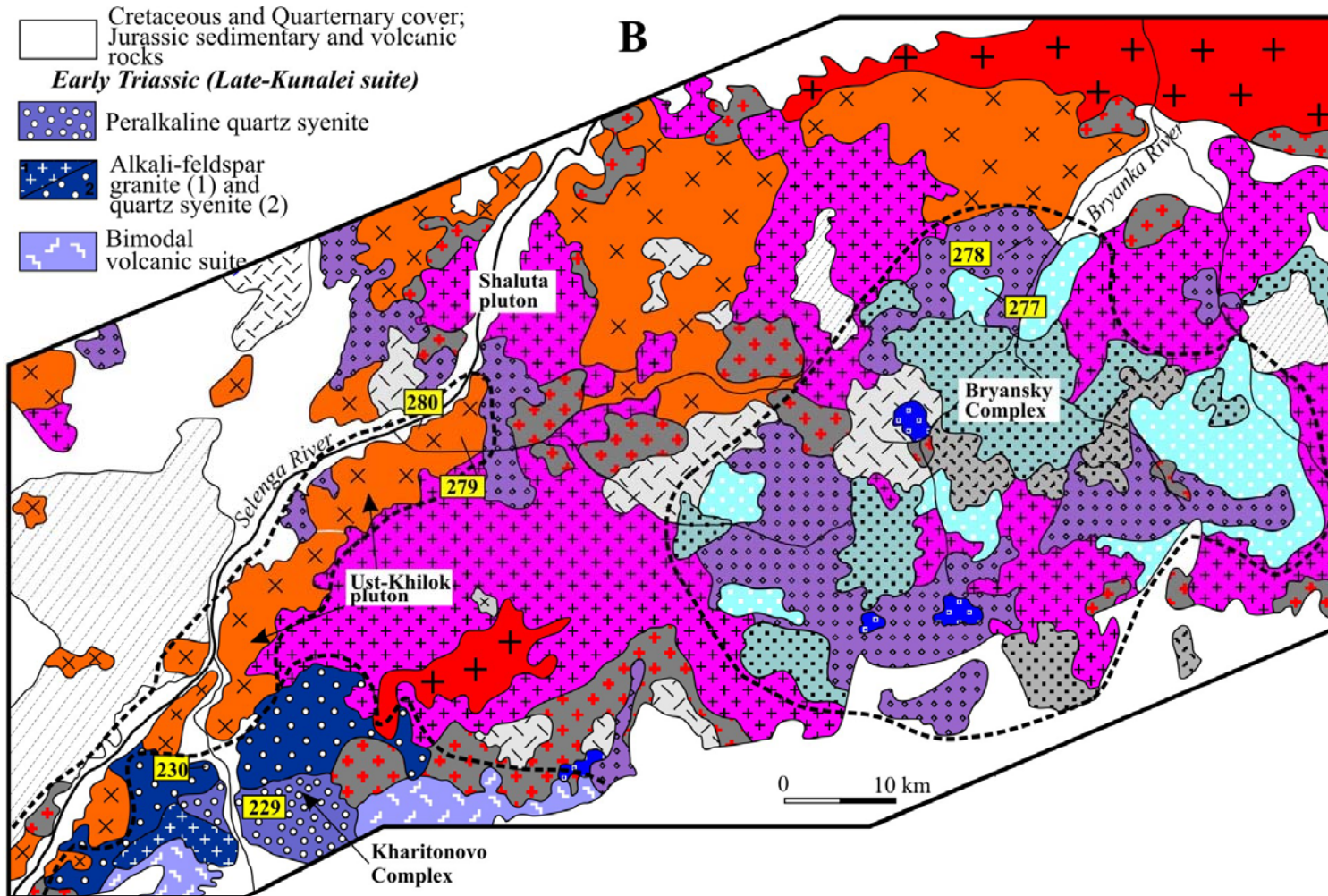
Карта Западного Забайкалья с участками детальных работ



Хр. Улан-Бургасы (Курба-Итанцинское междуречье)



Щелочные гранитоиды



Cretaceous and Quaternary cover;
 Jurassic sedimentary and volcanic
 rocks

Early Triassic (Late-Kunalei suite)

- Peralkaline quartz syenite
- Alkali-feldspar granite (1) and quartz syenite (2)
- Bimodal volcanic suite

Early Permian suites

- Syenogranite suite
- Peralkaline quartz syenite (1) and granite (2)
- Alkali-feldspar syenite (1) and granite (2)
- Bimodal volcanic suite (1) and alkaline rhyolite (2)

Early-Kunalei suite

- Bimodal dyke swarm
- Monzonite, syenite (Low-Selenga suite)

Carboniferous suites

- Granite and quartz syenite (Zaza suite)
- Quartz monzonite, granite (Chivyrkui s.)
- High-K calc-alkaline granite (Barguzin suite)

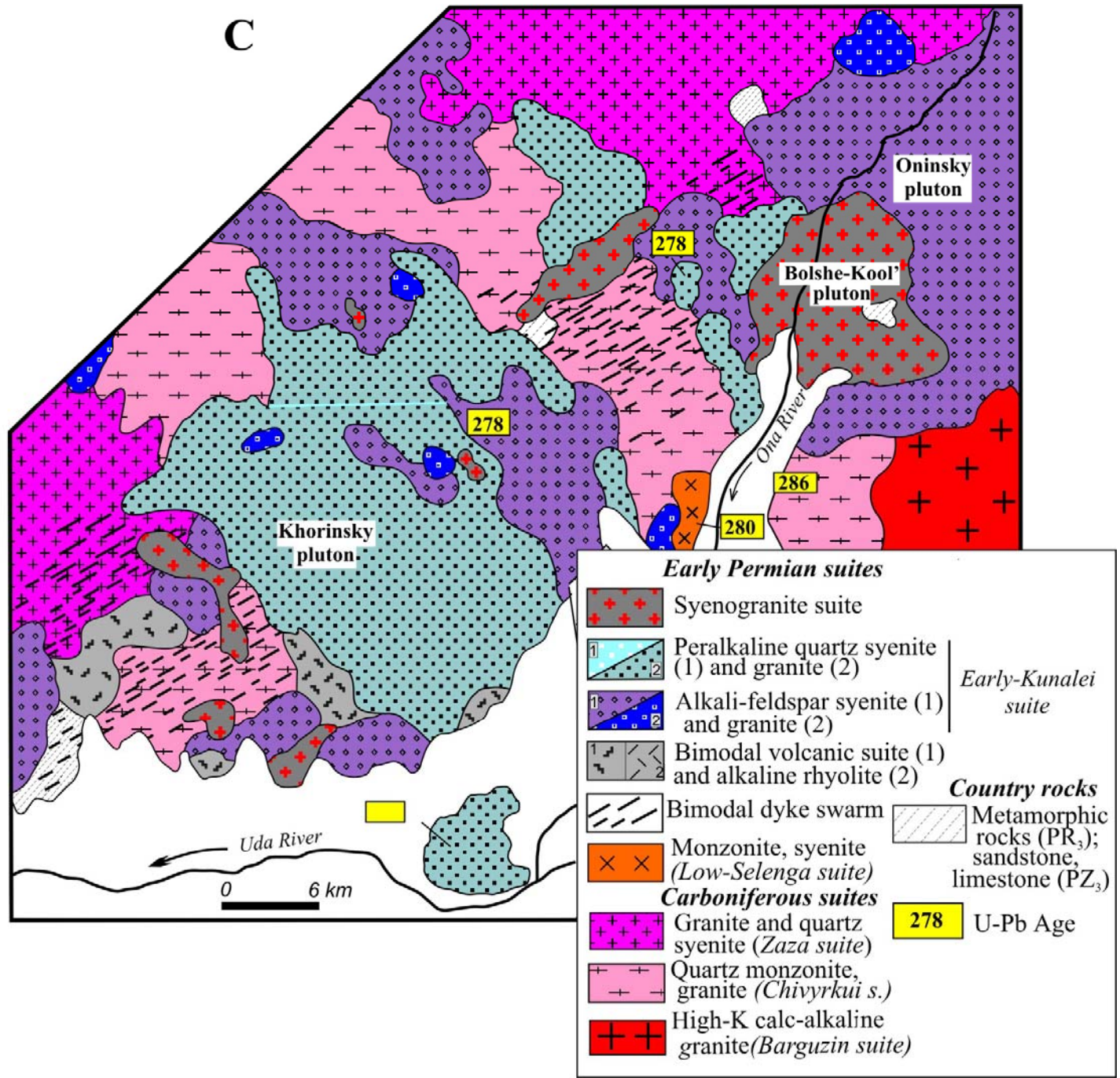
Country rocks

- Metamorphic rocks (PR₃); sandstone, limestone (PZ₃)

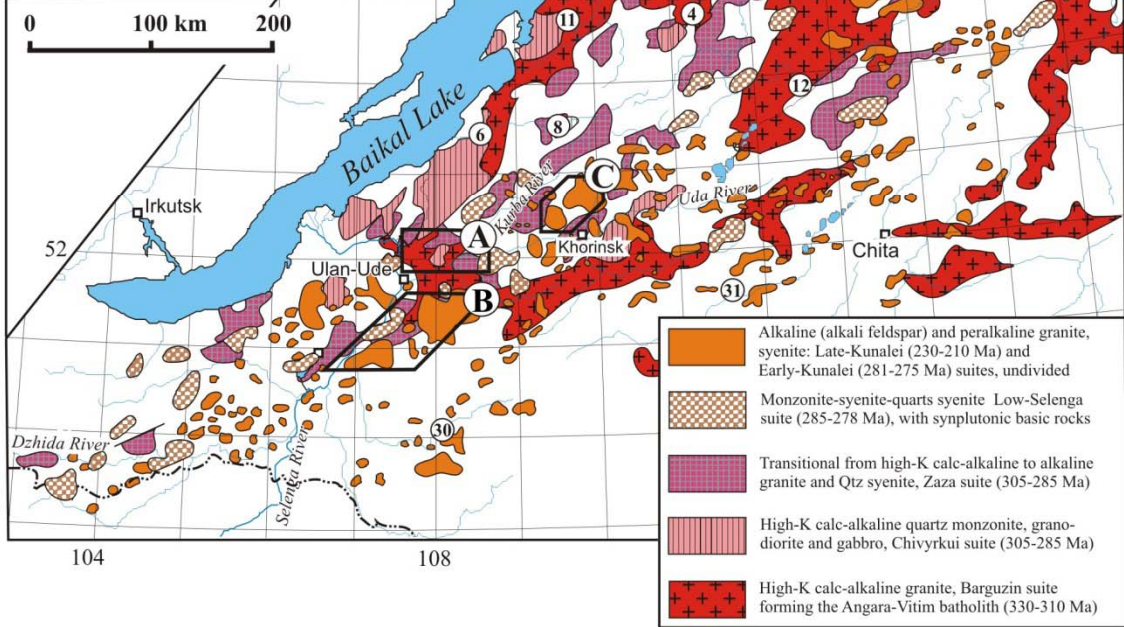
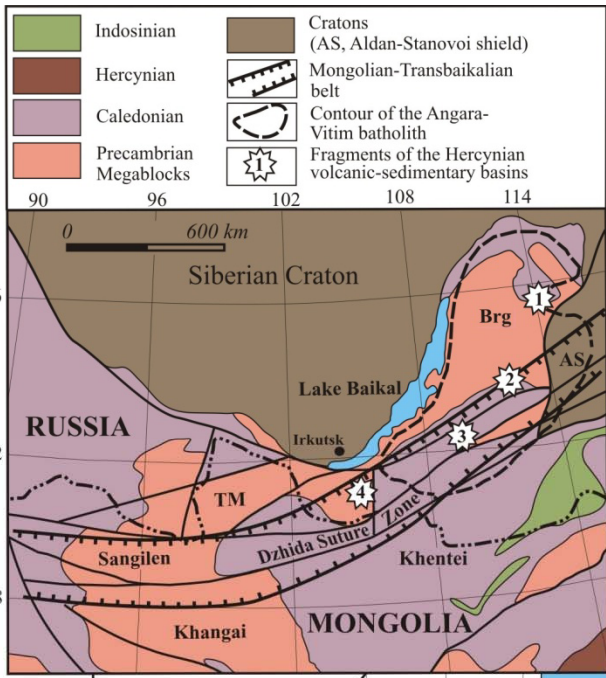
278 U-Pb Age

Хоринский вулканоплутонический комплекс

С



Позднепалеозойские гранитоиды Забайкалья



AFS и РА граниты и сиениты
Брянского и Хоринского плутоно
(*ранне-куналейский* комплекс
280 – 273 Ma)

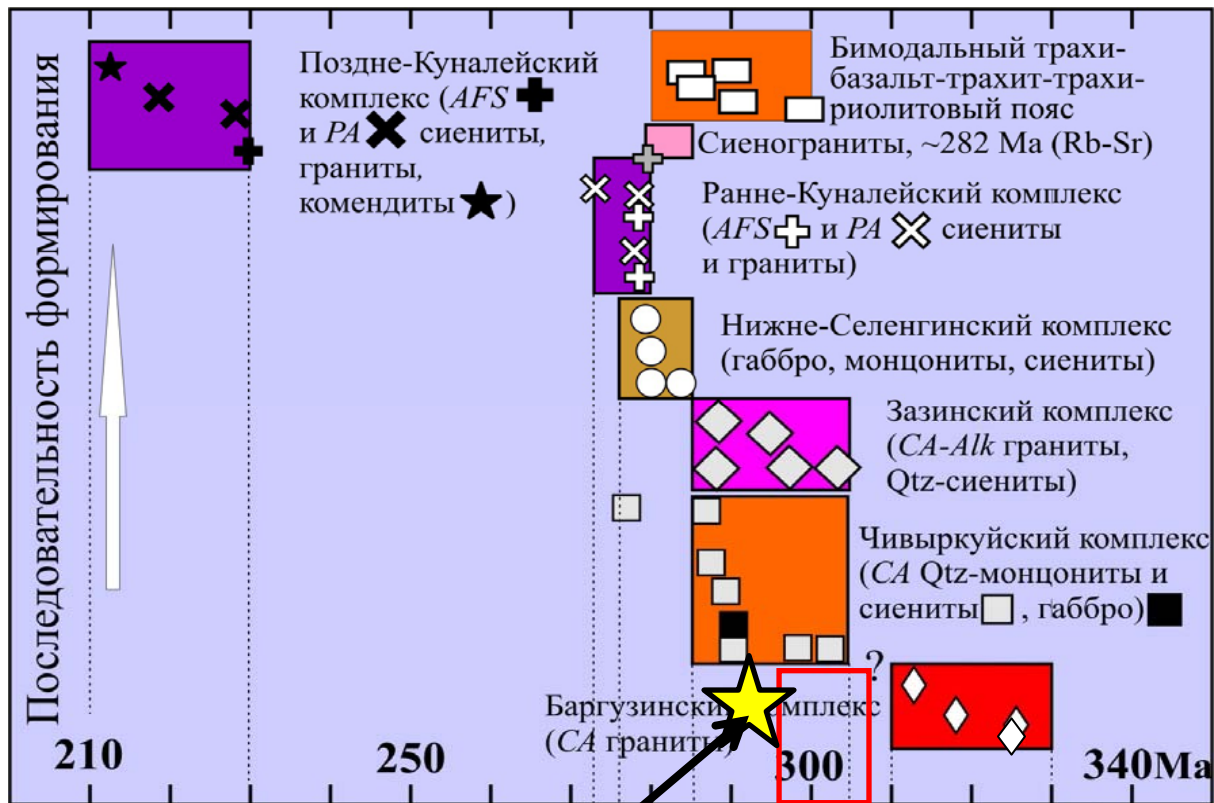
шошонитовая монзонит-сиенит-
кварцевосиенитовая с
синплутоническими базитами
интрузивная серия
(*нижне-селенгинский* комплекс),
285-278 Ma

переходные, от высококалийевых
СА до субщелочных (alkaline)
граниты и кварцевые сиениты с
синплутоническими базитами
(*заяинский* комплекс),
305 – 285 Ma

высококалийевые СА кварцевые
монзониты, кварцевые сиениты
и габброиды (*чивыркуйский*
комплекс), **305 – 285 Ma**

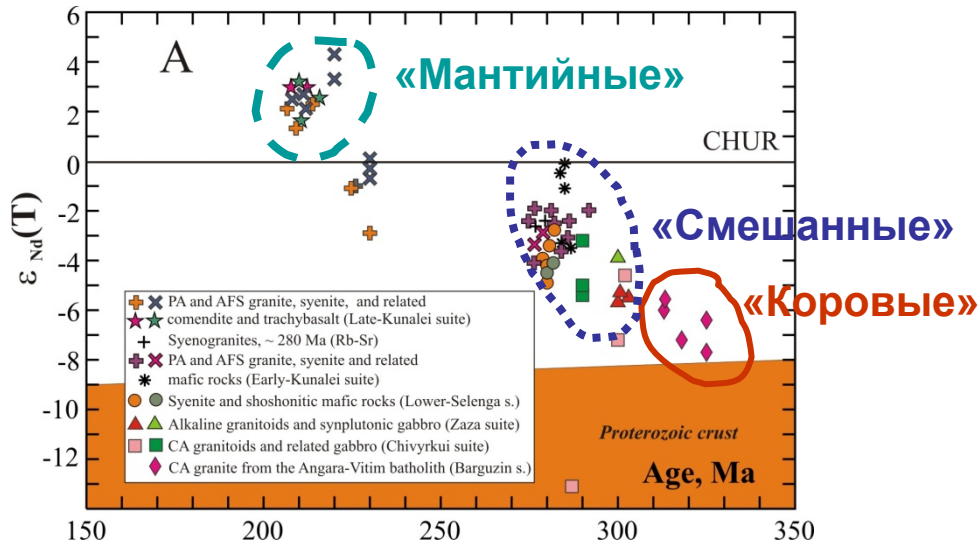
СА граниты *баргузинского*
комплекса
(*Ангаро-Витимский батолит*),
330 – 310 Ma.

Общая последовательность позднепалеозойского магматизма Забайкалья и перекрытие во времени пространственно совмещенных, но разных по составу гранитоидных комплексов.



**Безымянного массива Li-F
гранитов (291.7 ± 3.7 Ma)
[Рампилов, Рипп, 2012]**

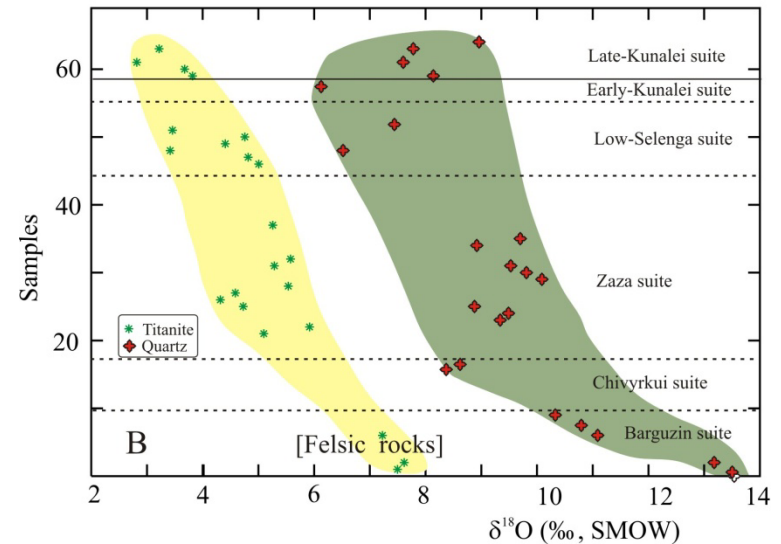
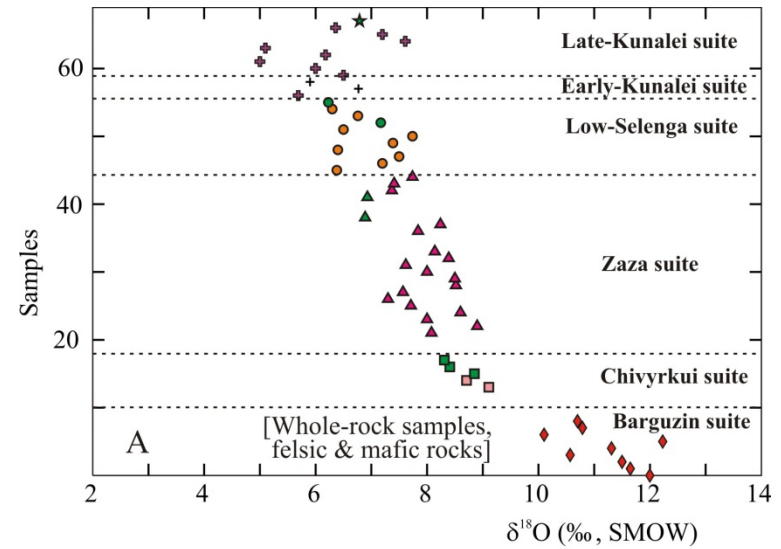
**Щелочные породы Витимской
провинции 294 - 306 Ma
[Дорошкевич и др., 2011; 2012]**



$\epsilon_{Nd}(T)$ vs. Intrusive age diagrams for the Late Palaeozoic and Early Mesozoic magmatic rocks from Transbaikalia

Suite	T_{DM-2} (Ma)
Barguzin	1700-1580
Chivyrkui	2100-1500
Zaza	1550-1500
Low-Selenga	1400-1350
Early-Kunalei	1350-1300
Late-Kunalei	900-800

(1200-1000, Khariton.)

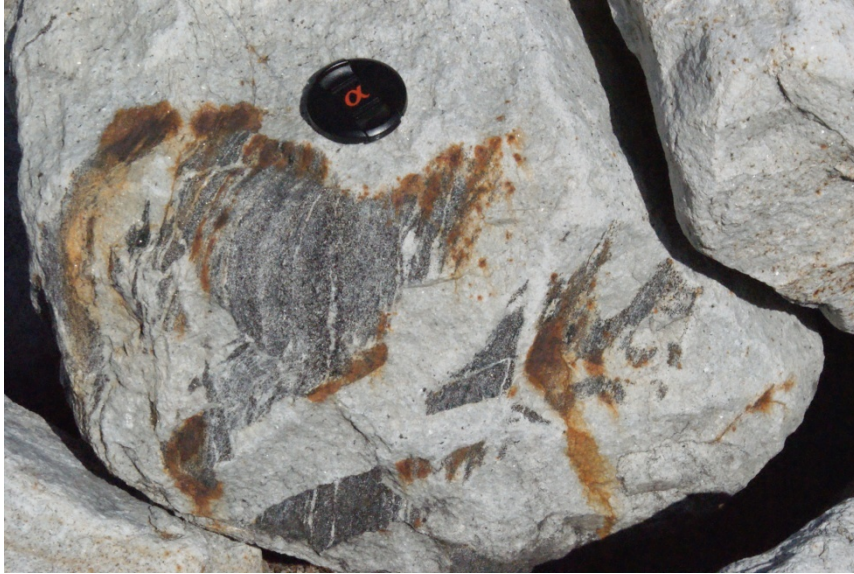


Diagrams illustrating evolution of the $\delta^{18}O$ (‰, SMOW) values in the sequence of the Late Palaeozoic to Early Mesozoic magmatic suites from Transbaikalia.

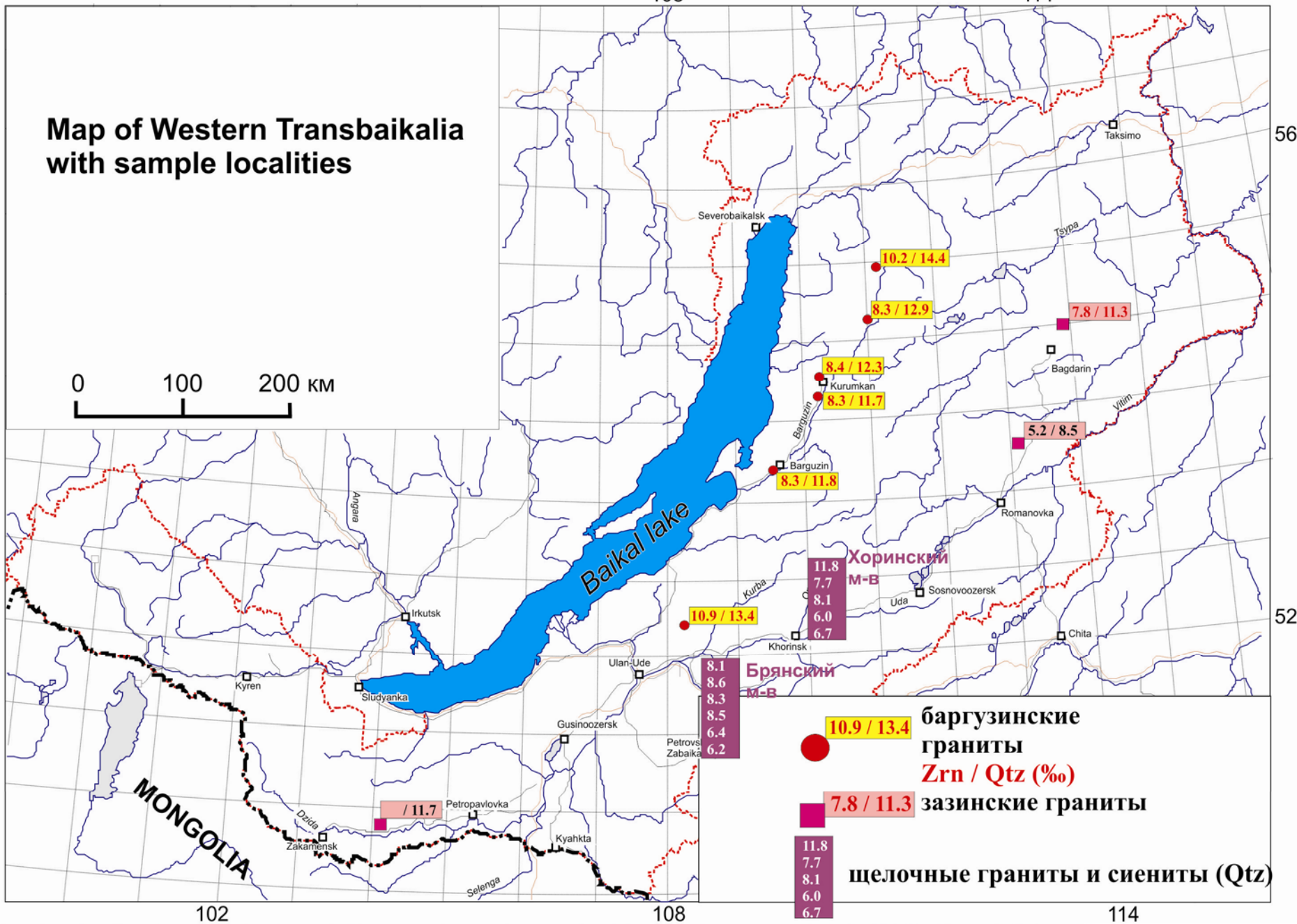
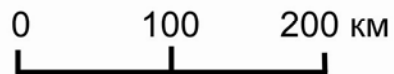
A, data from the whole-rock samples; **B**, data from titanite and quartz from felsic rocks: granite, syenite, quartz syenite and quartz monzonite.

«Коровые» граниты: баргузинский комплекс (Ангаро-Витимский батолит)

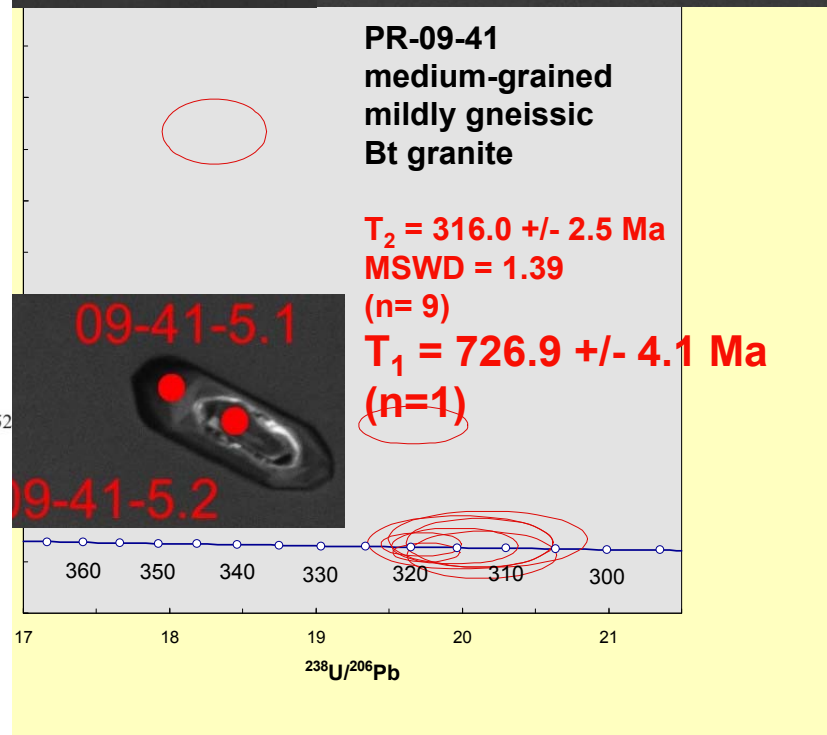
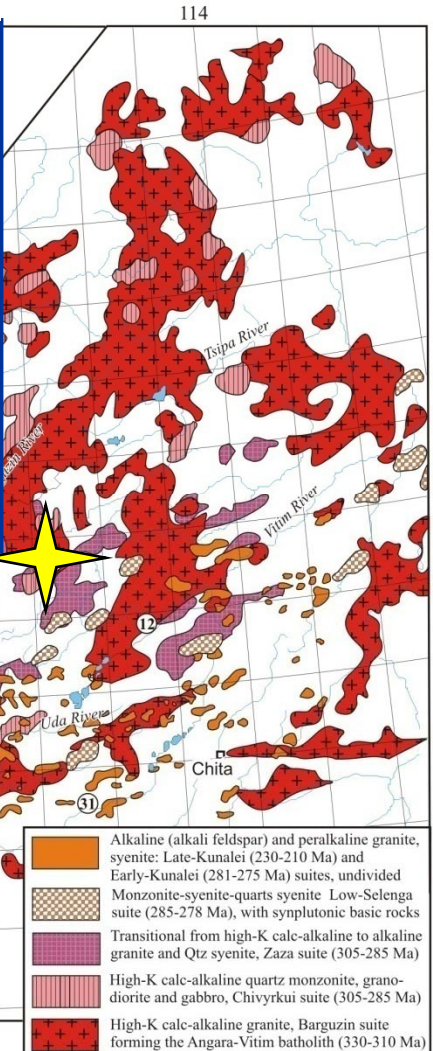
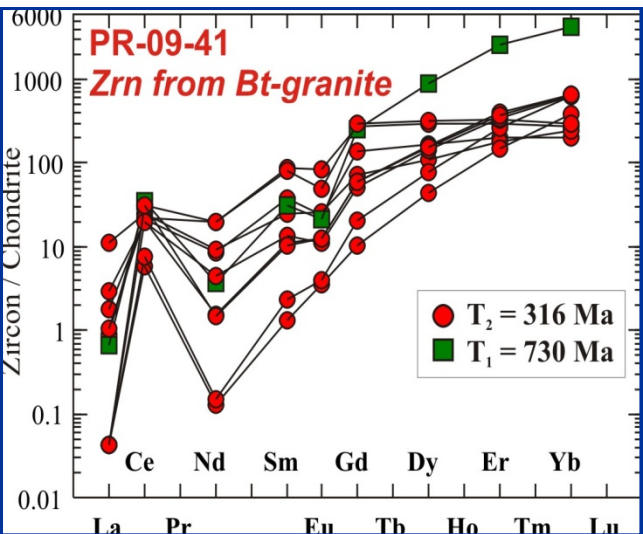
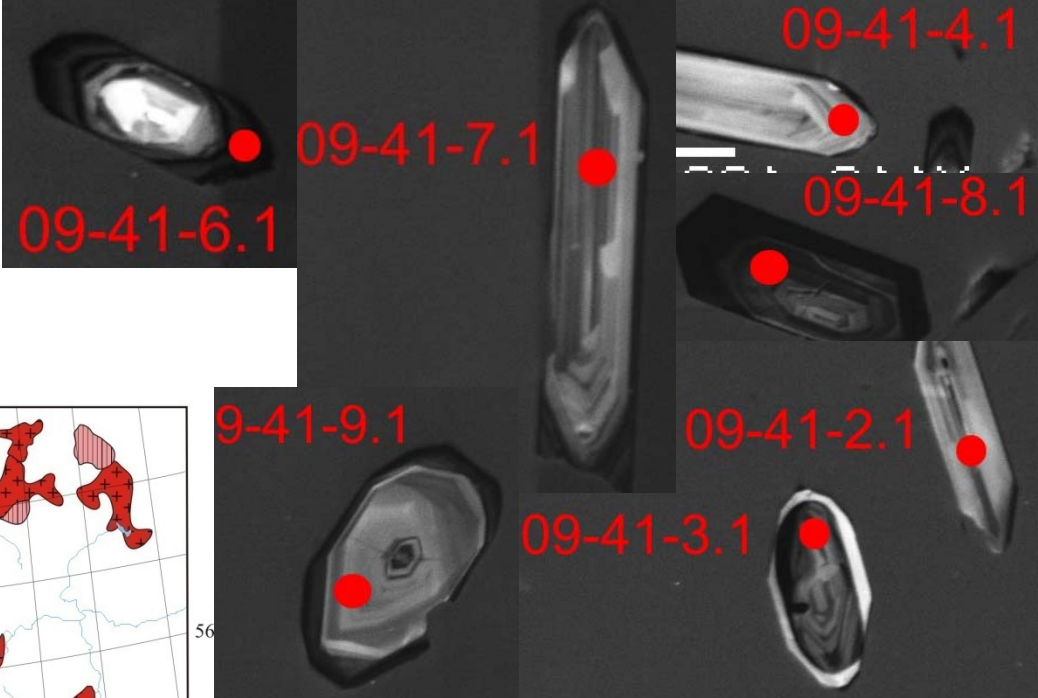
ксенолиты и останцы кристаллических сланцев и мраморов
(ю.в. склон Баргузинского хр., рр. Алла, Курумканка)



Map of Western Transbaikalia with sample localities



Western Vitim plateau, upper reaches of the Kidzhimit River *Barguzin suite* (*Angara-Vitim batholith*)



«Смешанные» гранитоиды чивыркуйского, зазинского, ниже-селенгинского комплексов

Мафические включения в гранитоидах:

Кварцевые сиениты, Бургасский массив (чивыркуйский комплекс)

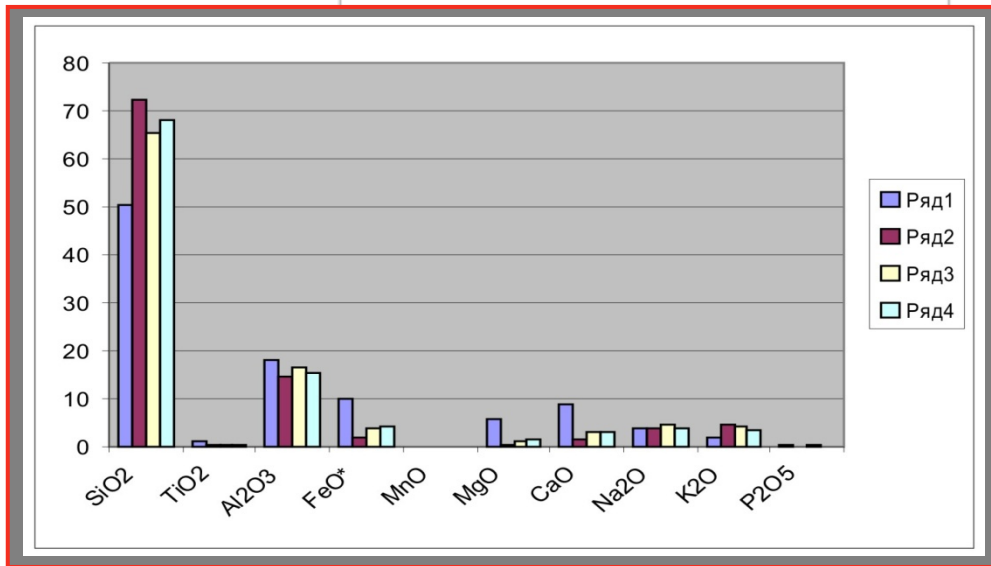


Кварцевые сиениты, Улекчинский массив (зазинский комплекс)



Mass-balance calculations for the model of mixing for the Chivyrkui granitoids

Components, wt.%	End-members		Daughter rocks	
	Aver. gabbro, Chivyrkui suite	Aver. granite, Barguzin suite	Qtz monz. & Qtz syen. Observed Calculated	
n	30 (1)	101 (2)	59 (3)	(4)
SiO ₂	50.22			
TiO ₂	1.29			
Al ₂ O ₃	18.13			
FeO*	9.85			
MnO	0.15			
MgO	5.59			
CaO	8.71			
Na ₂ O	3.81			
K ₂ O	1.79			
P ₂ O ₅	0.44			



Sum of squares of residuals **R = 1.19**

End-members fractions, %:

24.8	75.2
------	------

Масс-балансовые расчеты
выполнены с использованием
программ: *Igpet, Newpet, GPP.*
Коэффициенты разделения-
по литературным данным.

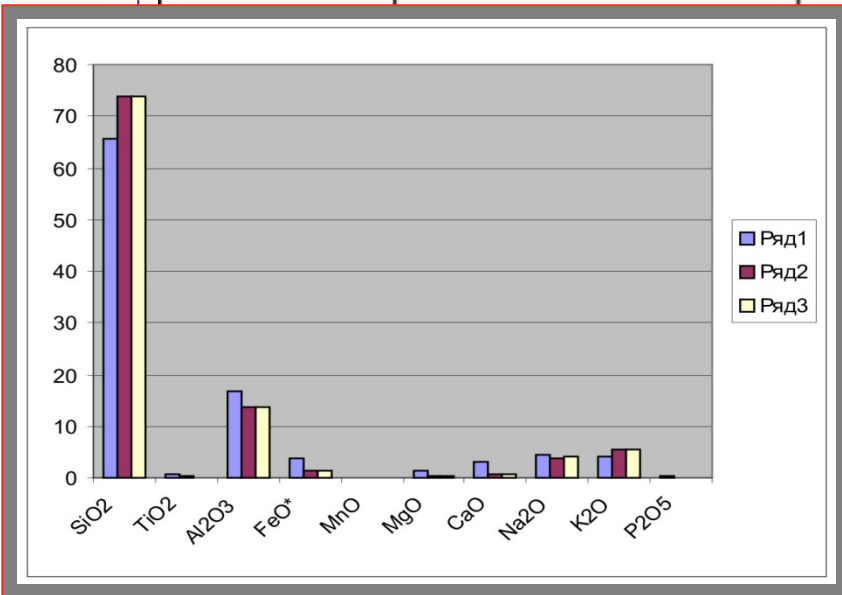
Results of least-square modeling of the Zaza granite generation by Fractional Crystallization of Qtz-monzonite magma

Qtz-monzonite
(Chivyrkui)

Pl₄₀ - 24.1% *Fe-Ti* - 1.8%
Amhp - 2.4% *Ap* - 0.4%
Bt - 5.2%

Zaza granite, 66 %

Components, wt. %	Parent	Daughter, Zaza granite	
	Qtz monz. & Qtz syen.(Chiv.)	Observed	Calculated
n	59 (1)	63 (2)	(3)
SiO ₂		73.8	73.69
TiO ₂		0.19	0.02
Al ₂ O ₃		13.7	13.61
FeO*		1.28	1.32
MnO		0.04	0.08
MgO		0.25	0.28
CaO		0.73	0.72
Na ₂ O		3.7	4.14
K ₂ O		5.4	5.47
P ₂ O ₅		0.05	0.07



Sum of squares of residuals

R = 0.24

**Самые ранние граниты (баргузинские) –
«кровые».**

**Все последующие – «смешанные» - мантийно-
коровые, с постепенным нарастанием доли
«мантийной составляющей».**

**Мантийный магматизм
начинается
после
баргузинских гранитов (АВБ)**

*Этот факт необходимо учитывать при геодинамических
реконструкциях*

Геодинамические модели (340-270 Ma):

БАЗИТОВЫЙ
МАГМАТИЗМ

Плюм

Активная континентальная окраина

Деламинация

Постколлизийный магматизм

Постколлизийный магматизм

Постколлизийный период начинается после завершения коллизии двух или более «континентальных» плит и сопутствующего высокотемпературного метаморфизма.

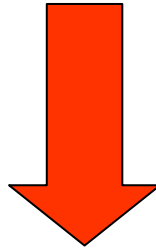
Постколлизийный магматизм *происходит во внутриконтинентальных областях, но все ещё в условиях значительных горизонтальных перемещений террейнов вдоль крупных сдвиговых зон (mega-shear zones).*

Такие перемещения предшествуют переходу к типичному внутриплитному режиму с преобладанием условий растяжения и в пределе – континентальному рифтообразованию.

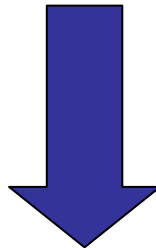
Одной из важных характеристик **постколлизийного магматизма** является широкое распространение **высококалиевых известково-щелочных гранитоидов**. Формирование гранитоидов высокой щелочности, включая щелочные (в соответствии с западной терминологией, alkaline and peralkaline), фиксирует переход к внутриплитному этапу.

Большинство авторов полагает, что высококалиевые известково-щелочные серии и гранитоидные серии повышенной щелочности формировались в различных геотектонических обстановках и в пределах одного региона они *сменяют друг друга во времени* (Liégeois et al., 1998; Bonin, 2004, 2007). В то же время имеются примеры **перекрытия во времени формирования между известково-щелочными комплексами и интрузивными породами высокой щелочности** (Nédélec et al., 1995; Ярмолюк и др., 1997, 2002; Коваленко и др., 2004; Whalen et al., 2006; Цыганков и др., 2007; Be'eri-Shlevin et al., 2009).

ГЕРЦИНСКАЯ КОЛЛИЗИЯ ???



ПОСТКОЛЛИЗИОННЫЙ
ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ

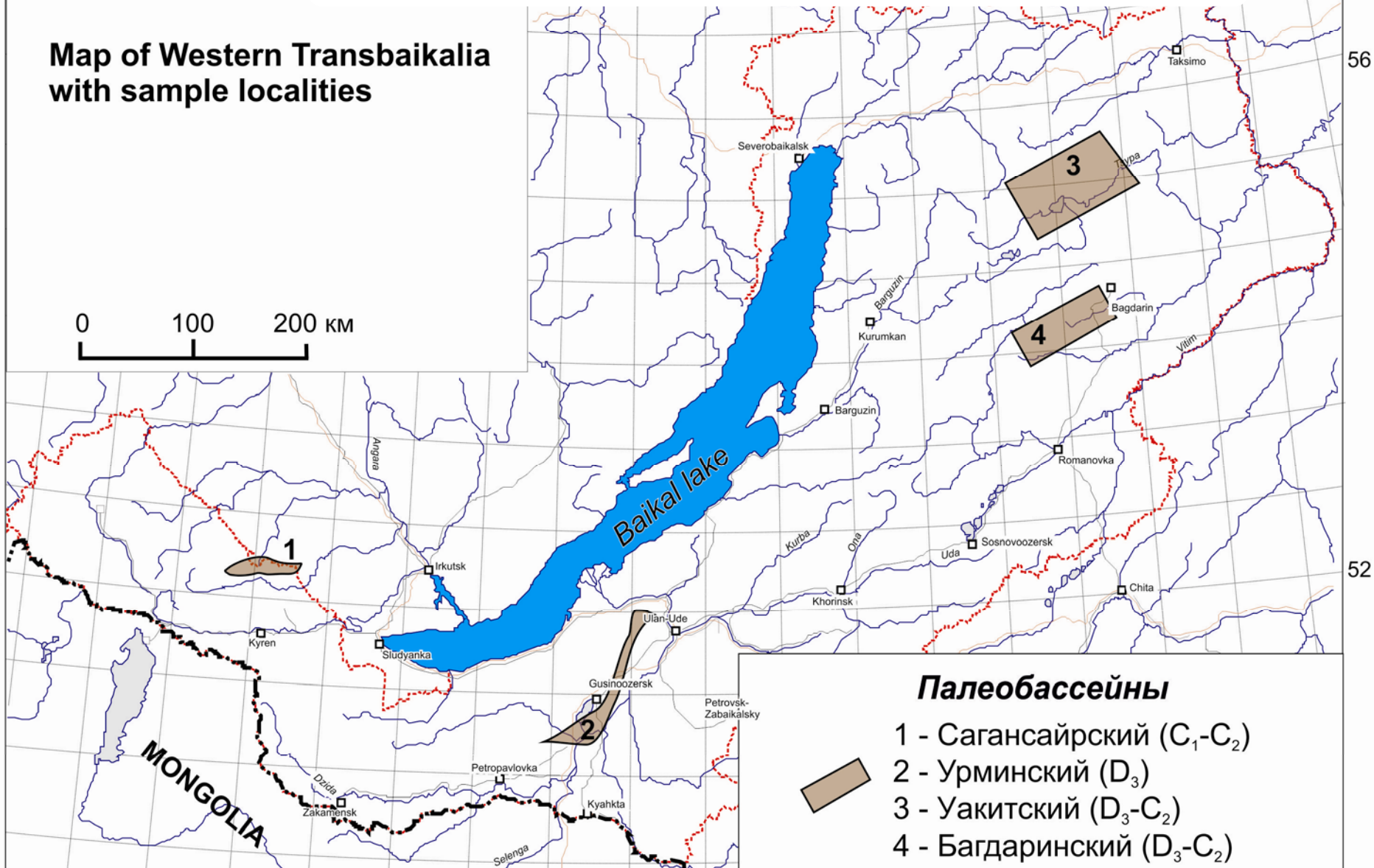


РИФТОГЕННЫЙ (плюмовый)
МАГМАТИЗМ

ГЕРЦИНСКАЯ КОЛЛИЗИЯ ???

Map of Western Transbaikalia
with sample localities

0 100 200 км



Палеобассейны

- 1 - Сагансайрский (C_1-C_2)
- 2 - Урминский (D_3)
- 3 - Уакитский (D_3-C_2)
- 4 - Багдаринский (D_3-C_2)



102

108

114

Уакитский суббассейн. Обстановки седиментации

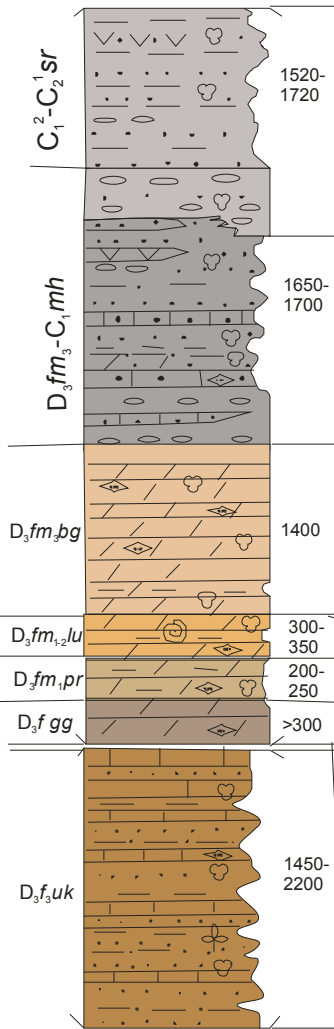
Фаши гидрологически открытых терригенных озер: песчаники с прослоями алевролитов и алевропелитов, пачки тонкослоистых алевропелитов

Аллювиальные конуса

Фаши прибрежных и окраинных зон гидрологически открытых озер: конгломераты аллювиальных конусов фашиально и по разрезу сменяются фашиями мелких дельт (песчаники дельтовых рукавов и устьевых баров с алевритами дельтовых заливов и мелких озер) и пляжевыми фашиями (полого наслоенные песчаники)

Карбонатная платформа с редуцированным краевым фашиальным поясом открытого шельфа. Доломиты с карбонатно-эвапоритовым типом цикличности с преобладанием осадков приливных равнин. Два регрессивных мегацикла, состоящих из нормально морской (гагарская, левоуакитская свиты) и прибрежной (приливных) (перевальная, белогорская свиты) частей.

Палеodelта семиаридной зоны: ритмичное чередование терригенных флювиальных и карбонатных бассейновых фоновых фаший



$D_3fm_2sn_3$		Санская свита	350 м	Верхняя подсвита
$D_3fm_{1-2}sn_2$			350 м	Средняя подсвита
$D_3f_3-fm.sn$			240 м	Нижняя подсвита

Аллювиальная равнина

Аллювиальные конуса

Линейное побережье



Уакитский суббассейн. Коллизионная природа и этапы эволюции.

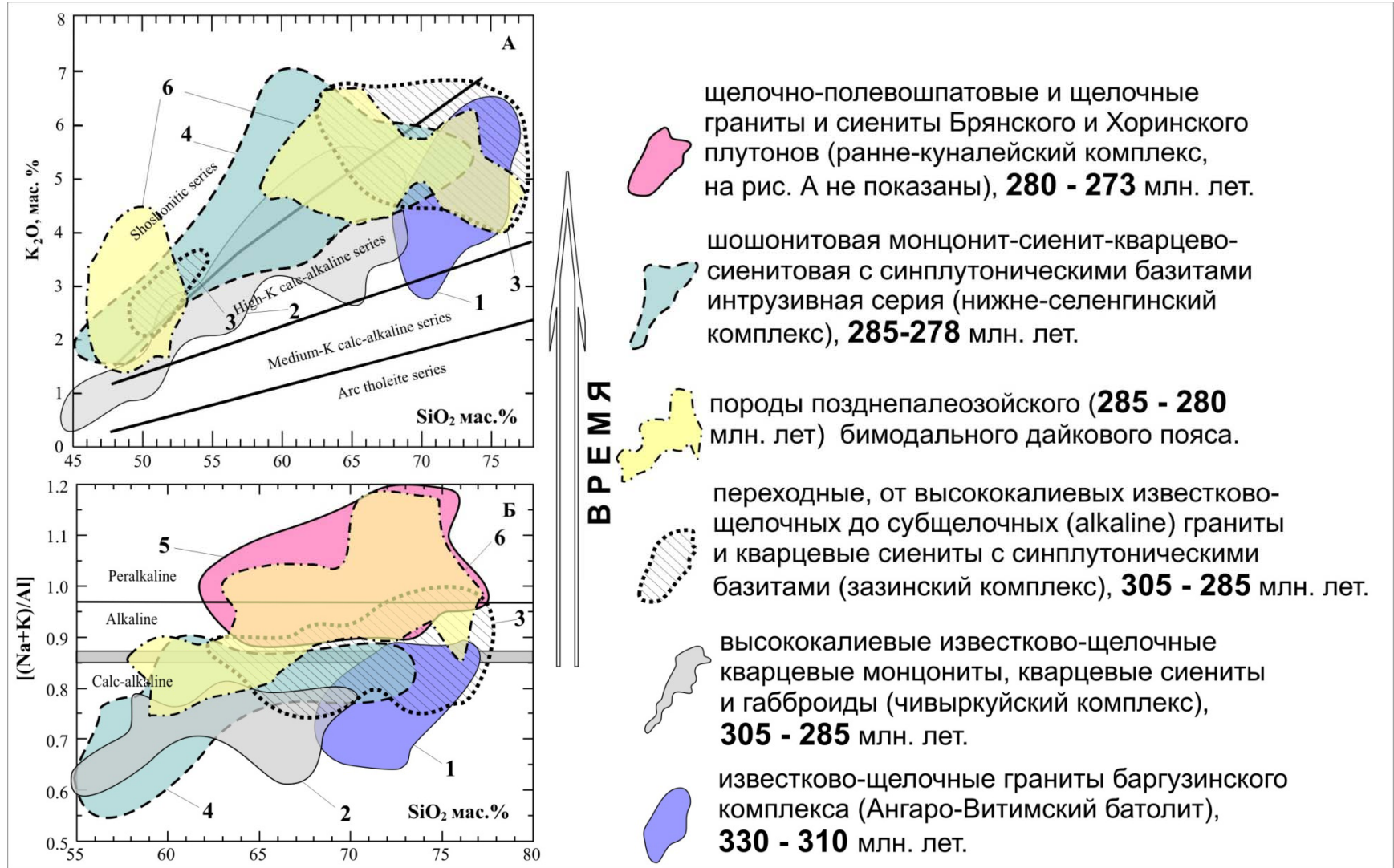
Бассейн форланда

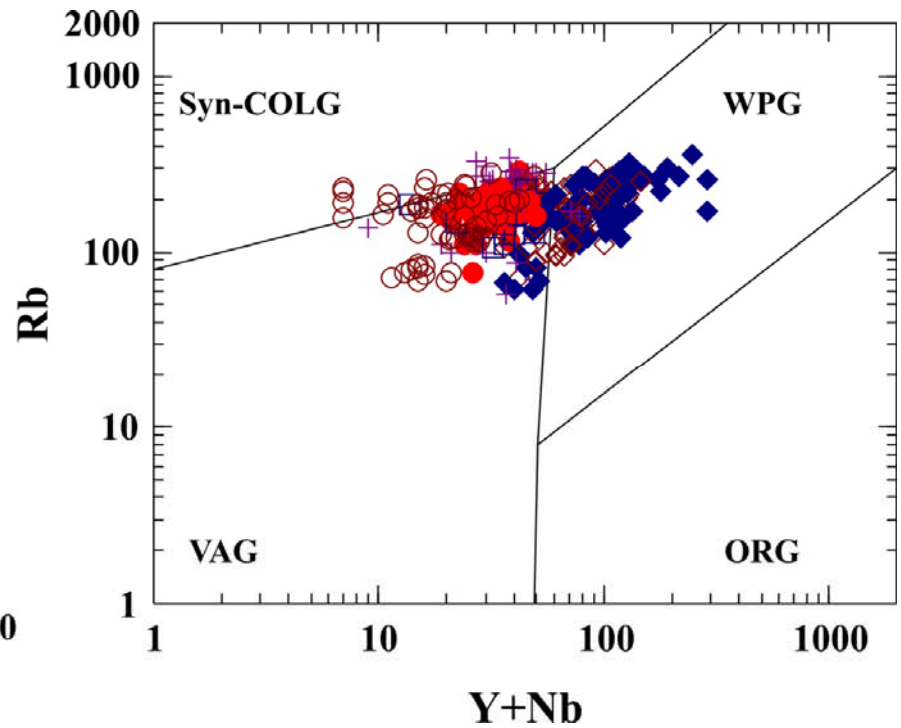
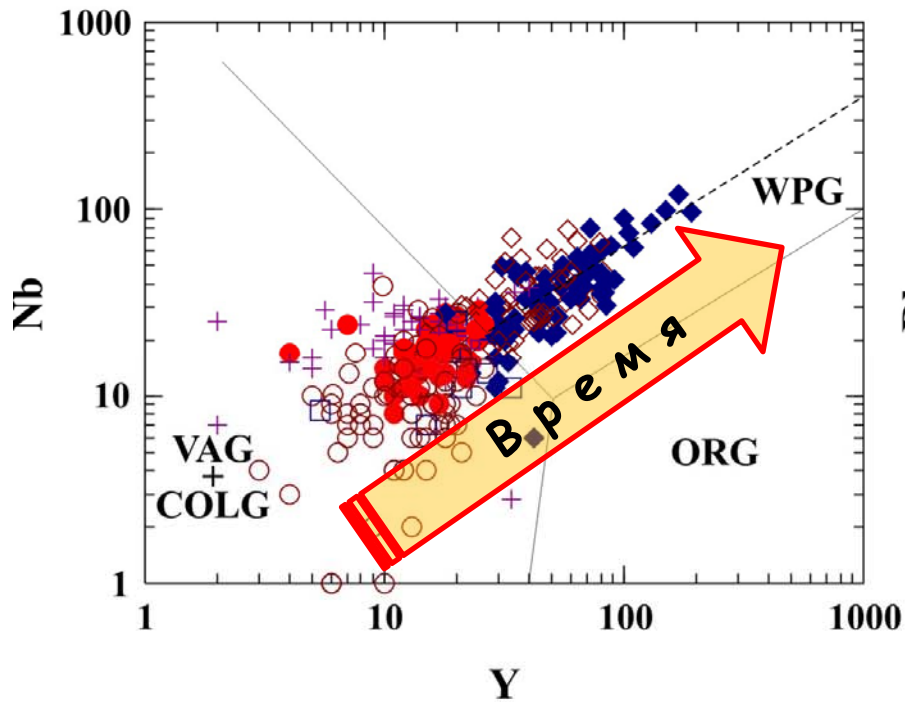
1. **Аналогия с современным бассейном форланда (Персидский залив):**
 - а. Обстановки седиментации (морские карбонатная + дельта + аллювиальная равнина)
 - б. Бассейн карбонатакопления окружен сушей.
 - в. Условия крайнего мелководья
 - г. Аридность климата
2. **Синседиментационные гравитационные и тектоно-гравитационные микститы (существование надвигового фронта в период осадконакопления)**
3. **Трансформация морского бассейна (залива?) в континентальную межгорную впадину.**

Этапы тектонической эволюции:

1. **D₃, франский век.** Морской залив с крупной дельтой.
2. **D₃, начало фаменского века.** Активизация тектонического режима. Серия морских суббассейнов. Тектонические уступы.
3. **D₃, конец фаменского века.** Стабилизация тектонического режима. Нивелировка рельефа. Исключительно морская карбонатная седиментация
4. **Ранний-средний карбон.** Активный тектонический режим. Резко расчлененный рельеф. Бассейн распадается на серию мелких озерных суббассейнов. Седиментация в континентальных аллювиальных и озерных обстановках. Кислый вулканизм
5. **Граница среднего-верхнего карбона.** Главное коллизионное событие. Формирование сдвигово-надвиговой структуры девон-карбонового осадочного чехла

Поля составов позднепалеозойских гранитоидов Забайкалья и пород дайкового пояса на классификационных диаграммах $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2 - [(\text{Na} + \text{K})/\text{Al}]$





- Высоко калиевые известково-щелочные граниты (Ангаро-Витимский батолит, баргузинский комплекс) (*Зеленогрупповский, Тэмэнский, Гольцовый плутоны*) - 330-310 Ма.
- Высококалиевые известково-щелочные кварцевые монцитоны, кварцевые сиениты с подчиненными гагабброидами (ранее выделялись в качестве ранней стадии Ангаро-Витимского батолита) (*Хангинтуйский, Бургасский, Шарталинский, орефьевский массивы*) - 305 - 285 Ма.
- + Промежуточные от высоко-калиевых известково-щелочных до щелочных (**alkaline**) граниты и кварцевые сиениты зазинского комплекса с синплутоническими базитами (*Ангарский массив и сходные граниты р.Курбы, Шалутинский плутон*) - 305-285 Ма.
- Шошонитовая монцитонит-сиенит-кварцевосиенитовая с синплутоническими базитами интрузивная серия (нижнеселенгинский комплекс) (*Хасуртинский, Усть-Хилокский плутоны*) 285-278 Ма.

- ◆ Брянка Харитоновский (щелочные и щелочно-полевошпатовые сиениты) – 230 Ма – аналог Брянского и Хоринского
- ◇ Хоринск

Переход к типично внутриплитному магматизму: начало - 280-273 Ма, собственно внутриплитный – с 230 Ма по КЗ включительно.

Таким образом, в течение периода времени, продолжительностью около 120 Ма (с карбона по поздний триас) гранитоидный магматизм эволюционировал от типично корового (Ангаро-Витимский батолит, баргузинский комплекс), до типично мантийного, с постепенным нарастанием доли мантийного компонента в источнике магм.

Важно подчеркнуть, что появление мантийных производных, в том числе щелочных пород, судя по имеющимся данным, происходит вслед за формированием доминирующих по объему коровых гранитов Ангаро-Витимского батолита.

Вовлечение мантийного компонента происходило путем смешения с мантийных (трахибазальтовых) и коровых салических магм с последующей дифференциации гибридных расплавов. При этом, в одних случаях доминировало смешение (чивыркуйский комплекс), в других - дифференциация гибридных магм (зазинский комплексы).

Образование щелочно-гранитоидных расплавов, по-видимому, связано с дифференциацией собственно мантийных производных (щелочных базальтов) при варьирующем, но в целом подчиненном, вкладе коровых источников.

Проведенные исследования поддержаны международным грантом РФФИ и Министерства Науки и Технологий Израиля (06-05-72007), грантами РФФИ-Байкал (05-05-97205), РФФИ-Сибирь (08-05-98017), Интеграционными проектами СО РАН № 37, 17.



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ**