

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

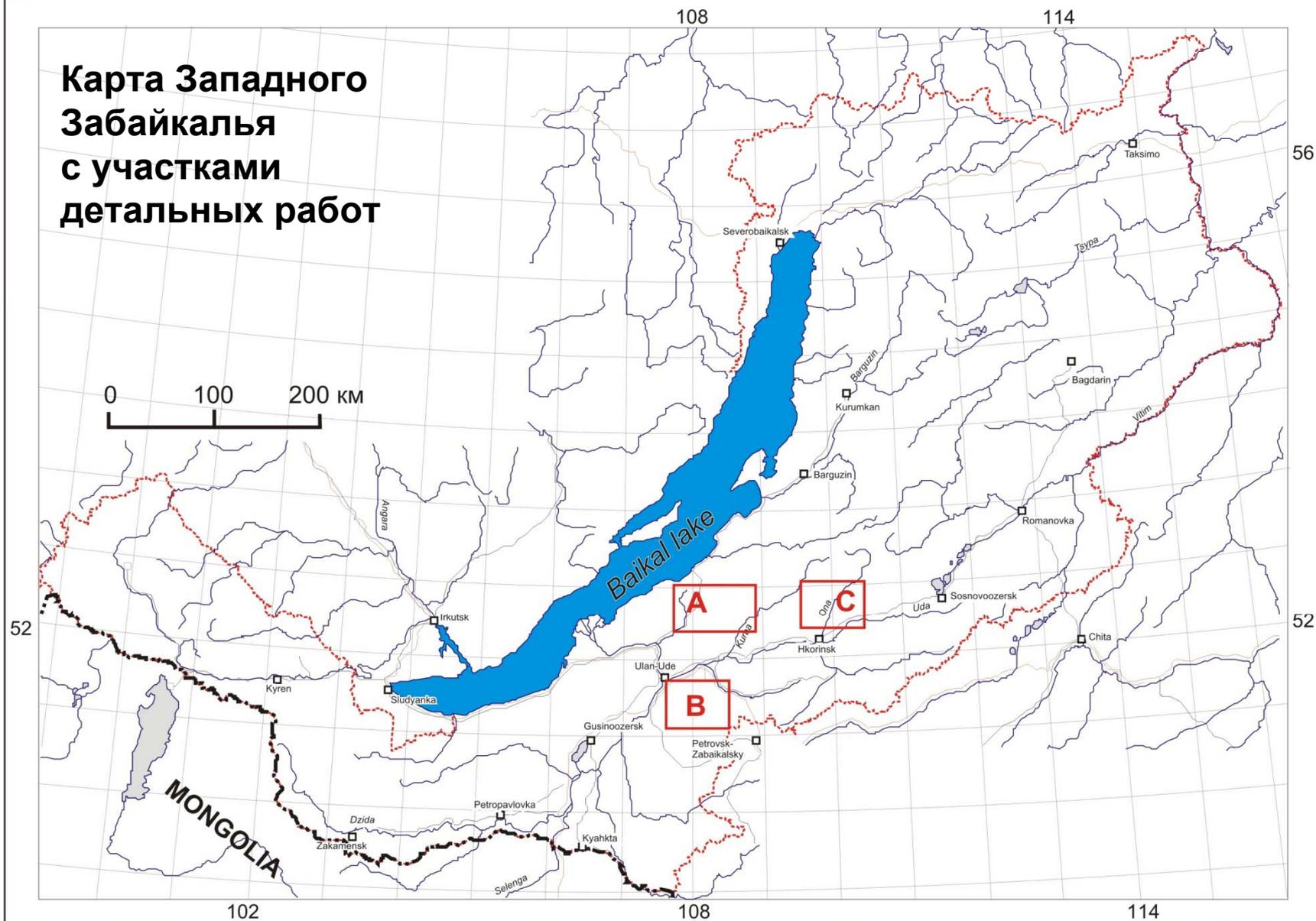
*А.А. Цыганков*  
Геологический институт СО РАН

Иркутск, 2012

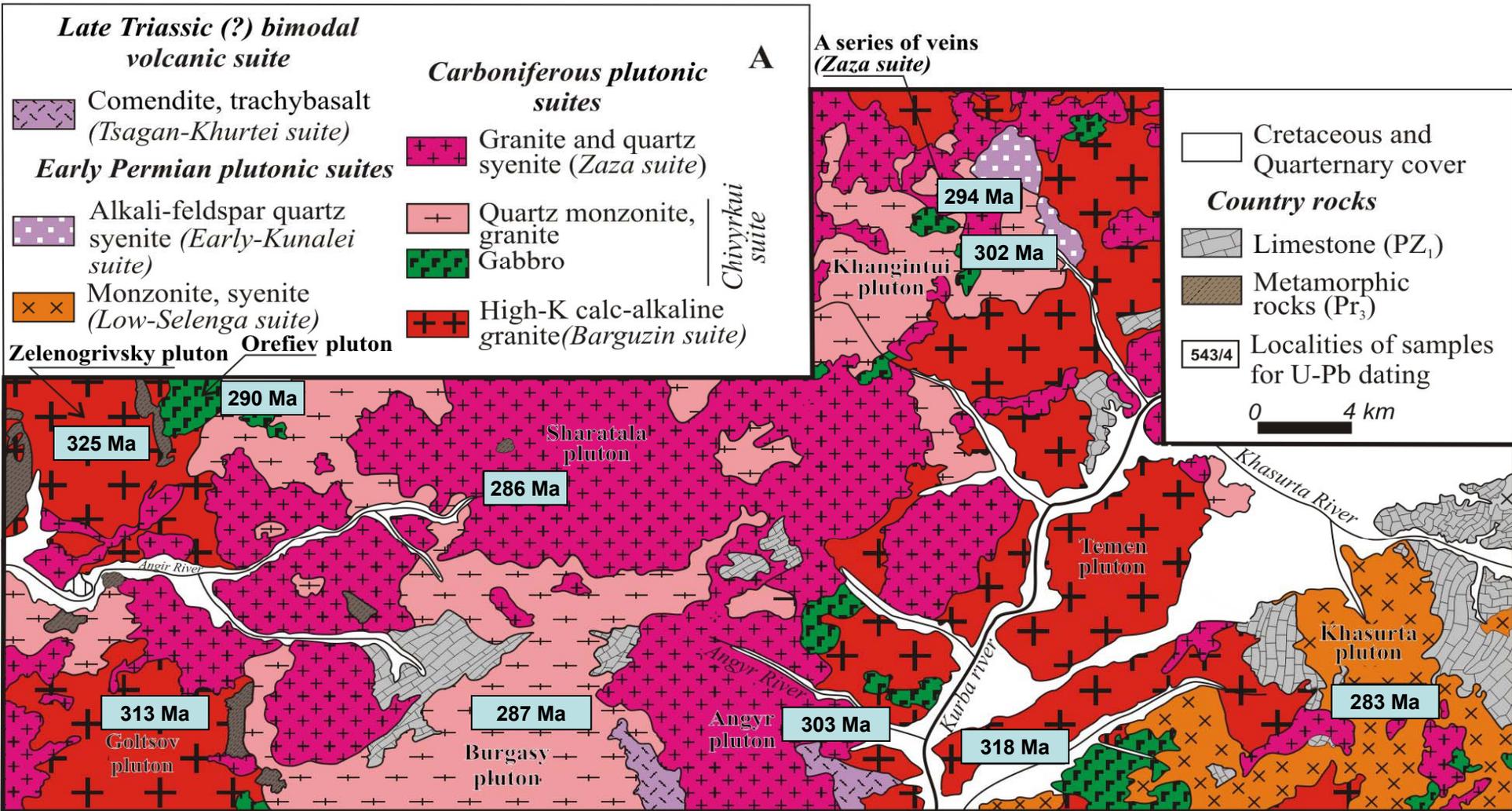
**Позднепалеозойская гранитоидная провинция Западного-Забайкалья представляет собой одну из немногих на Земле областей, где разные по составу гранитоиды формировались одновременно в течение нескольких десятков миллионов лет. Гранитоидный магматизм сопровождался, а возможно и инициировался, мантийным 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. км<sup>2</sup>) 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.****

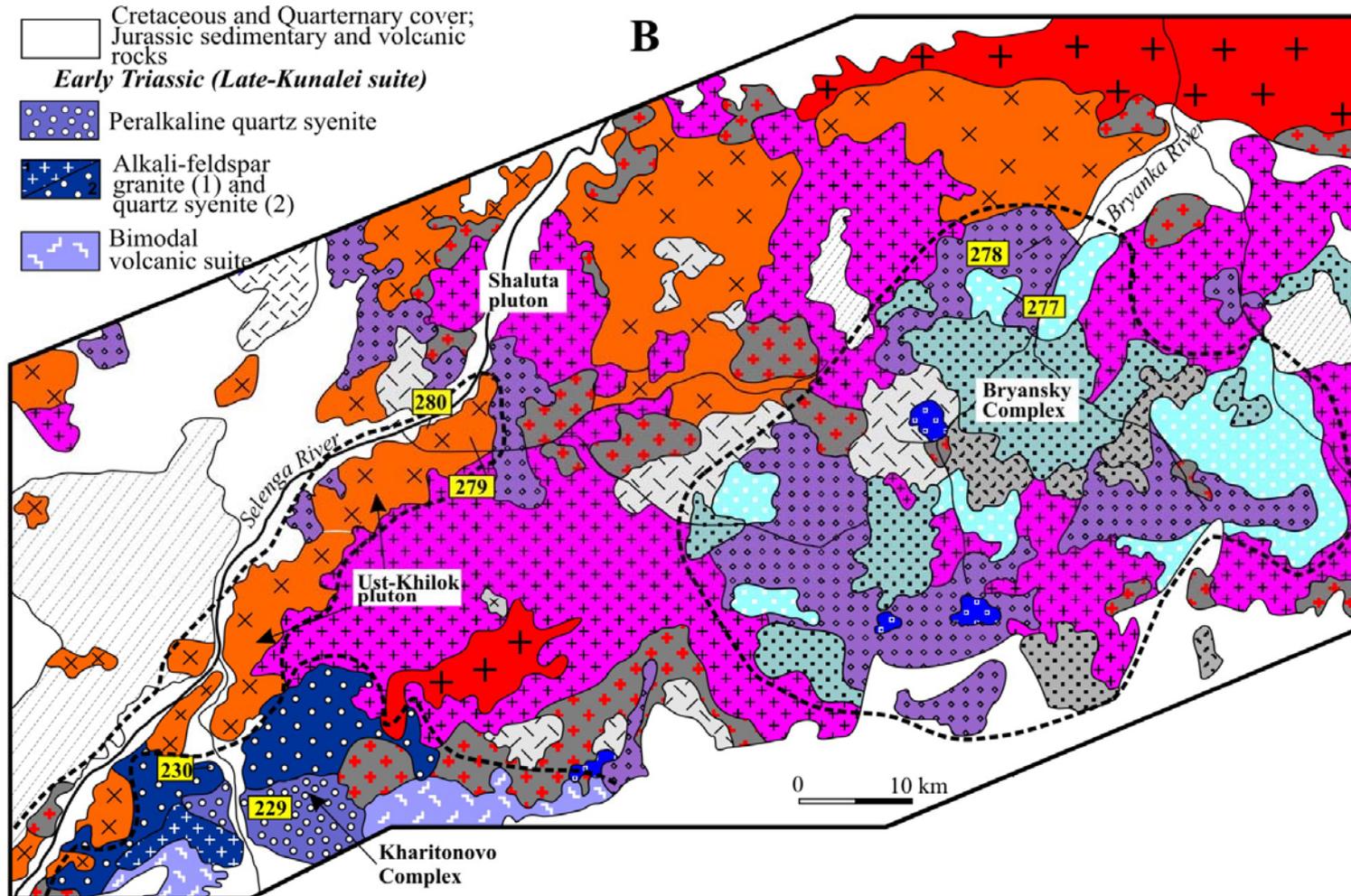
# Карта Западного Забайкалья с участками детальных работ



# 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
- x Monzonite, syenite (Low-Selenga suite)

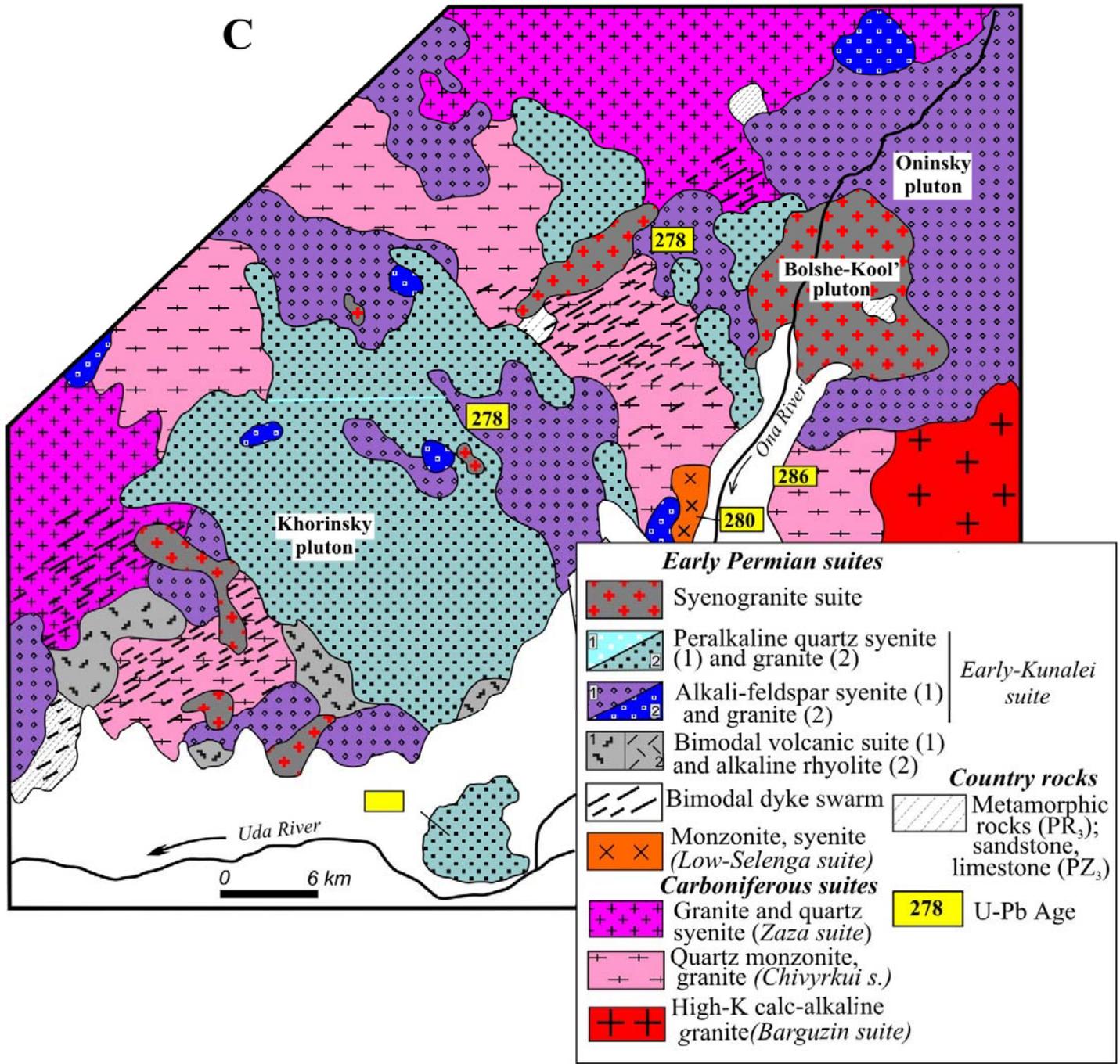
- ### Carboniferous suites
- + Granite and quartz syenite (Zaza suite)
  - + Quartz monzonite, granite (Chivyrkui s.)
  - + High-K calc-alkaline granite (Barguzin suite)

- ### Country rocks
- Metamorphic rocks (PR<sub>3</sub>); sandstone, limestone (PZ<sub>3</sub>)

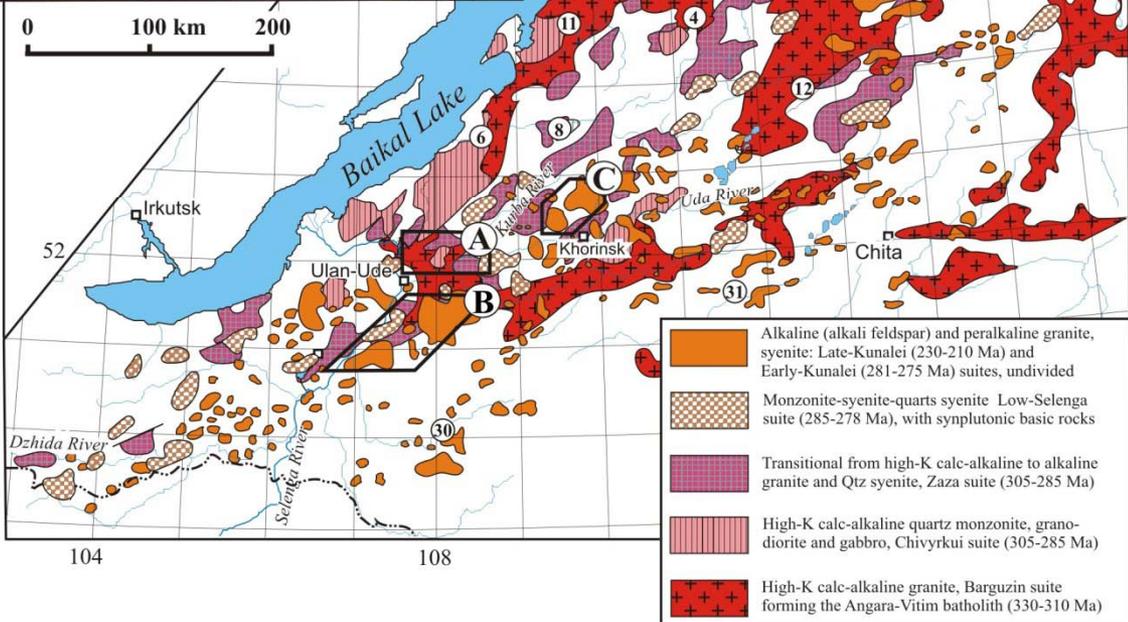
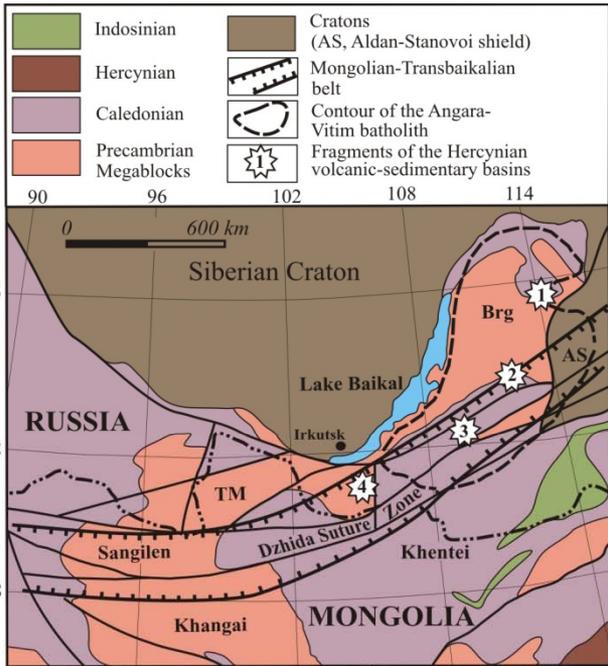
278 U-Pb Age

# 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**

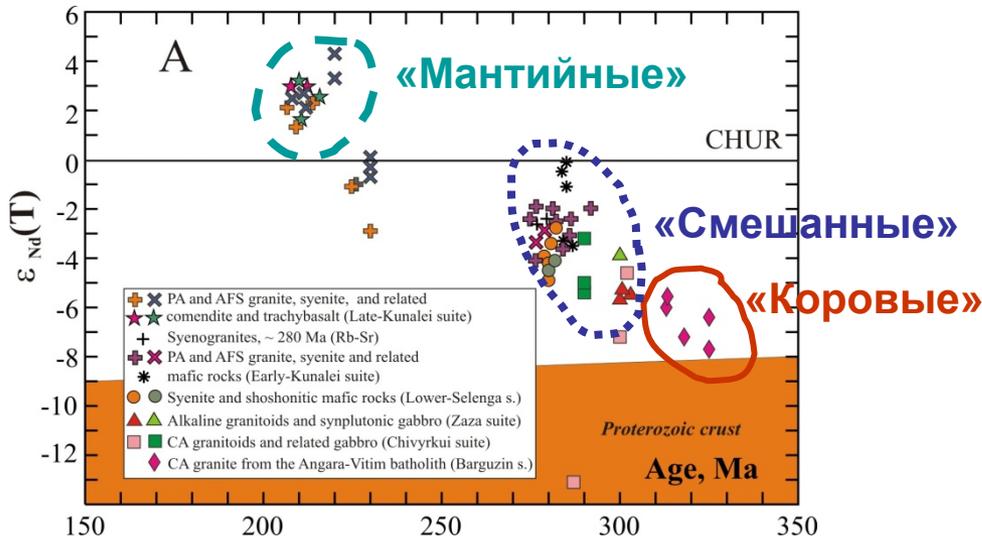
СА граниты *баргузинского*  
комплекса  
(*Ангаро-Витимский батолит*),  
**330 – 310 Ma.**

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



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

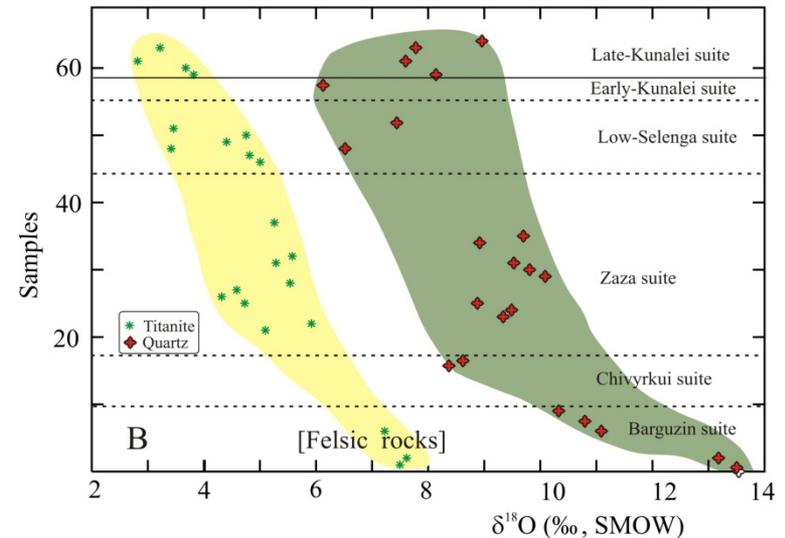
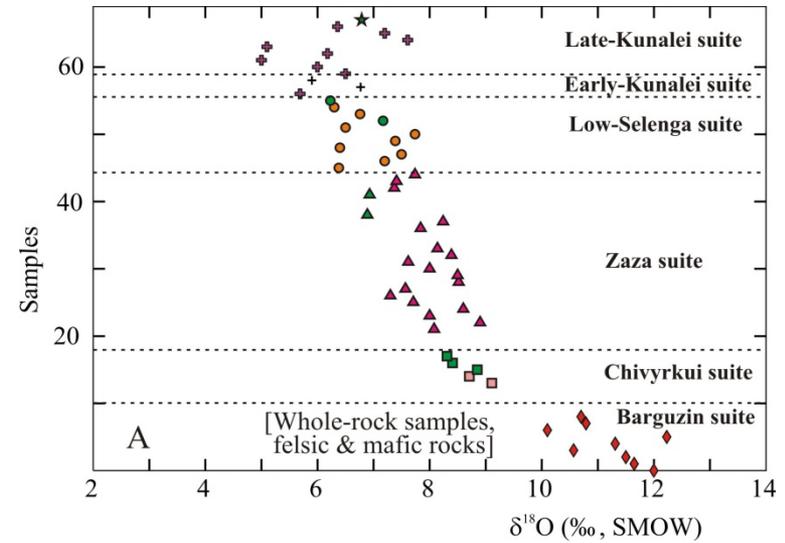
**Щелочные породы Витимской  
провинции 294 - 306 Ma  
[Дорошкевич и др., 2011; 2012]**



$\epsilon_{Nd}(T)$  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.)

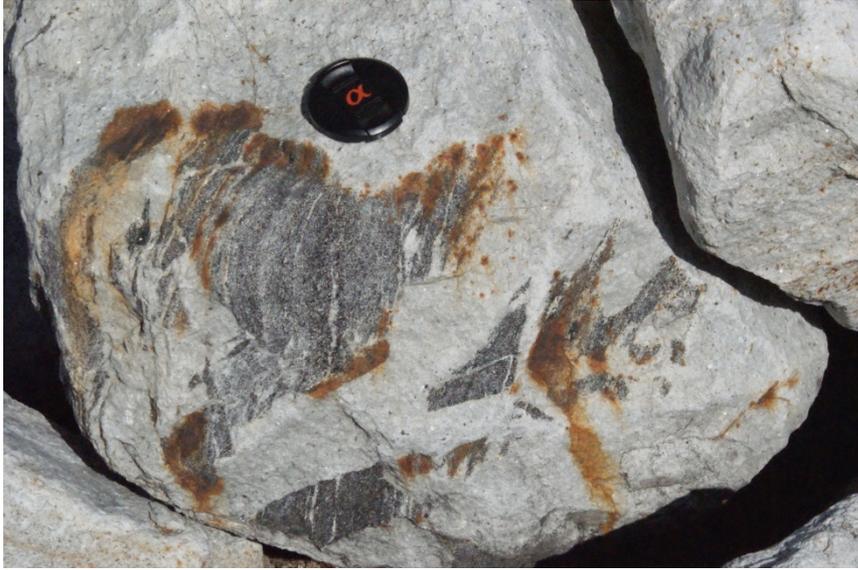


Diagrams illustrating evolution of the  $\delta^{18}O$  (‰, SMOW) values in the sequence of the Late Palaeozoic to Early Mesozoic magmatic suites from Transbaikalia.

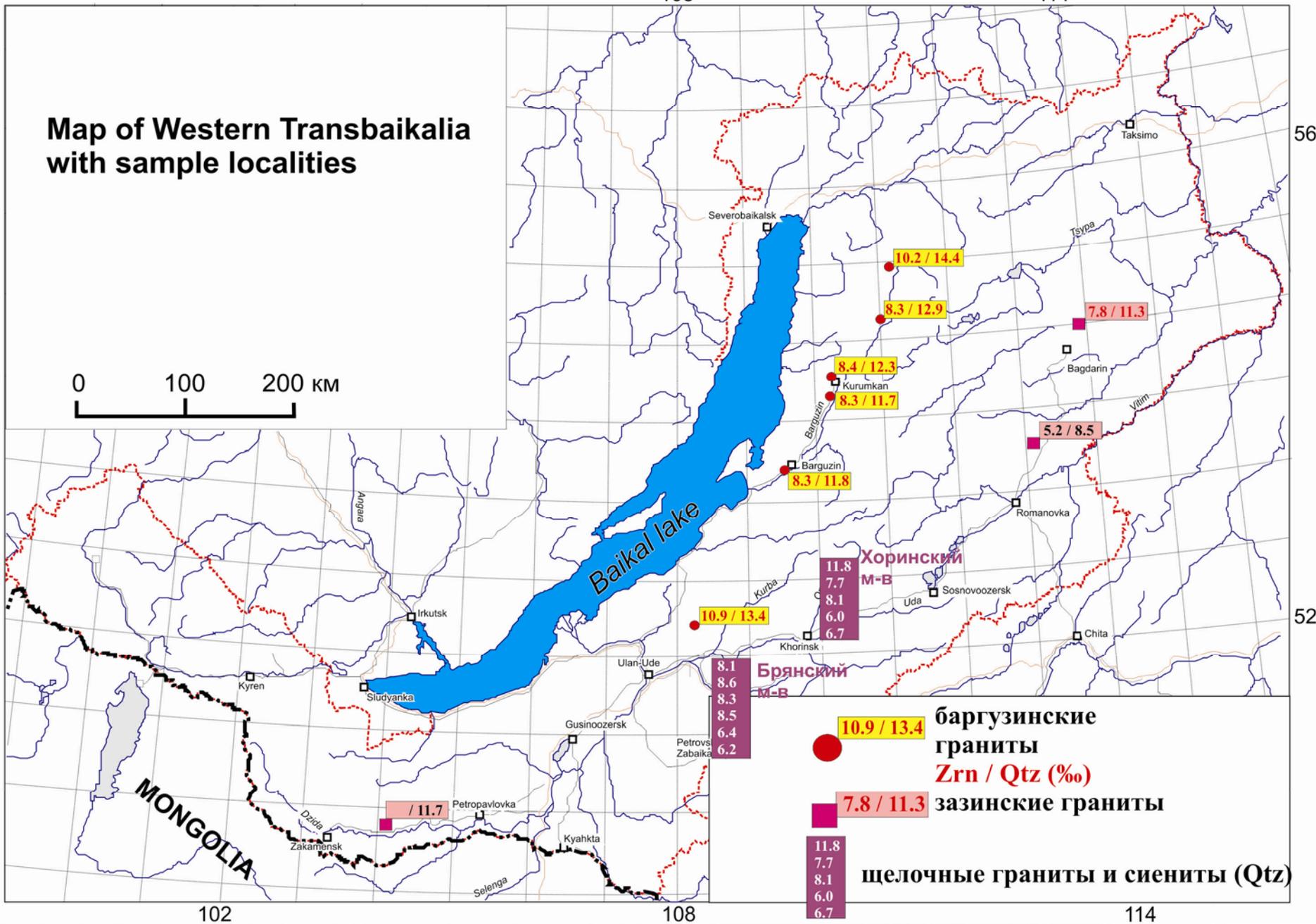
**A**, data from the whole-rock samples; **B**, data from titanite and quartz from felsic rocks: granite, syenite, quartz syenite and quartz monzonite.

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

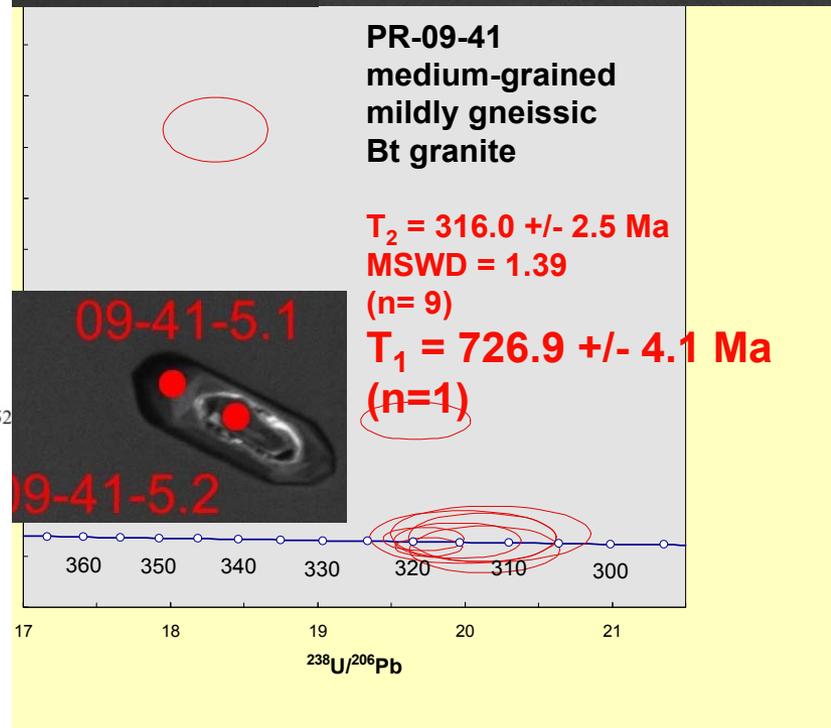
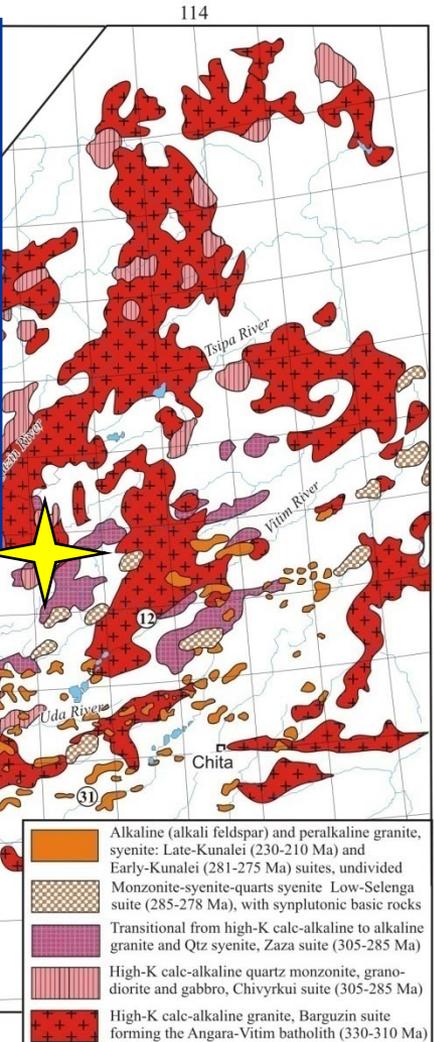
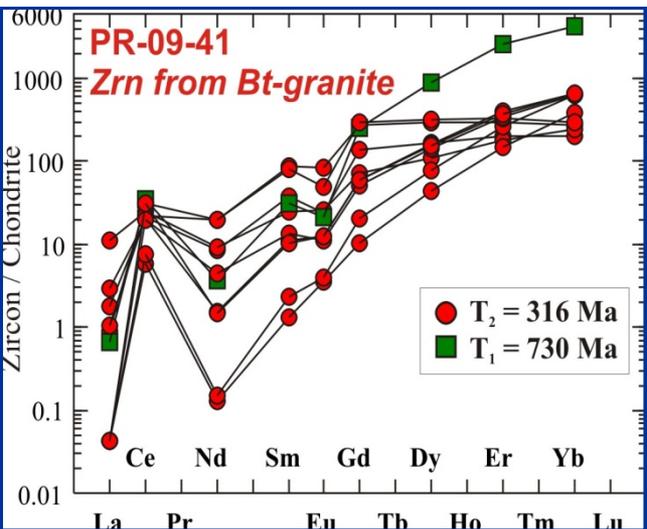
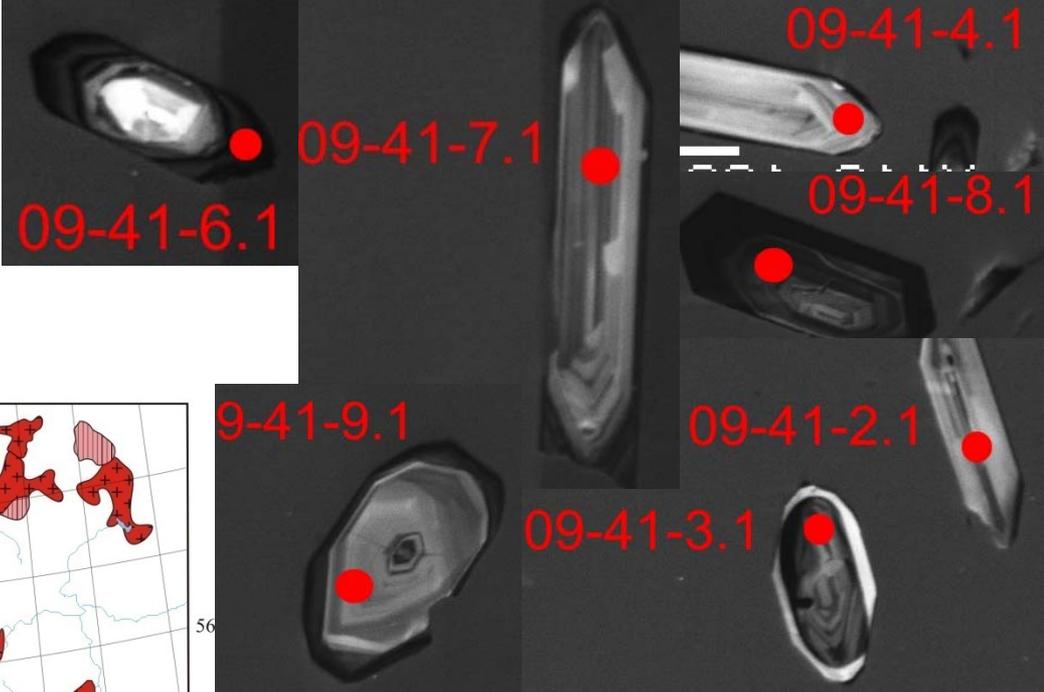
ксенолиты и останцы кристаллических сланцев и мраморов  
(ю.в. склон Баргузинского хр., рр. Алла, Курумканка)



# 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)

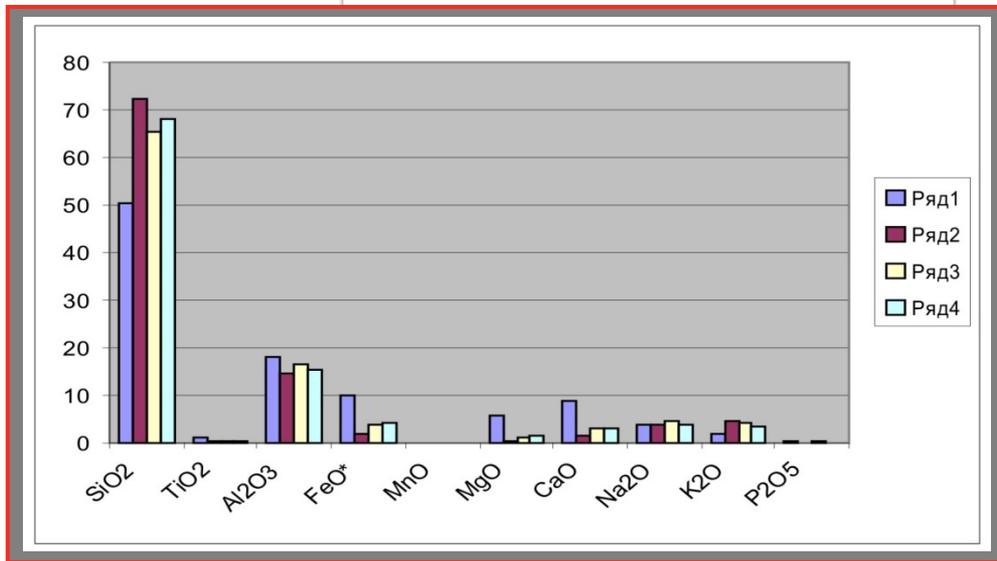


Кварцевые сиениты, Улекчинский массив (зазинский комплекс)



# *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	Observed	Calculated
n	30 (1)	101 (2)	59 (3)	(4)
SiO <sub>2</sub>	50.22			
TiO <sub>2</sub>	1.29			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.13			
FeO*	9.85			
MnO	0.15			
MgO	5.59			
CaO	8.71			
Na <sub>2</sub> O	3.81			
K <sub>2</sub> O	1.79			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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.

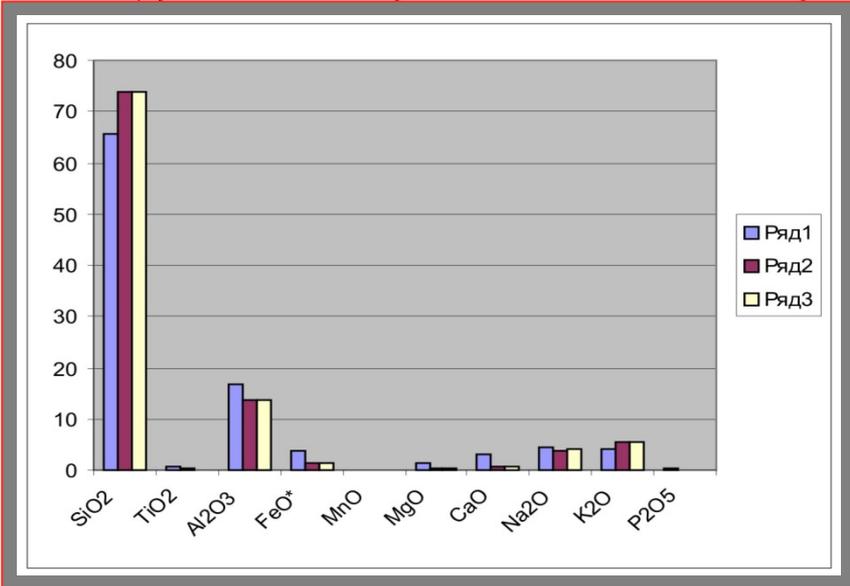
# Results of least-square modeling of the Zaza granite generation by Fractional Crystallization of Qtz-monzonite magma

**Qtz-monzonite**  
(Chivyrkui)

*Pl<sub>40</sub>* - 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 <sub>2</sub>		73.8	73.69
TiO <sub>2</sub>		0.19	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		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 <sub>2</sub> O		3.7	4.14
K <sub>2</sub> O		5.4	5.47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		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.*

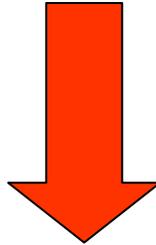
Постколлизийный магматизм *происходит во внутриконтинентальных областях, но все ещё в условиях значительных горизонтальных перемещений террейнов вдоль крупных сдвиговых зон (mega-shear zones).*

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

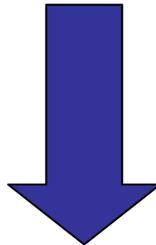
Одной из важных характеристик **постколлизийного магматизма** является широкое распространение **высококалиевых известково-щелочных гранитоидов**. Формирование гранитоидов высокой щелочности, включая щелочные (в соответствии с западной терминологией, alkaline and peralkaline), фиксирует переход к внутриплитному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

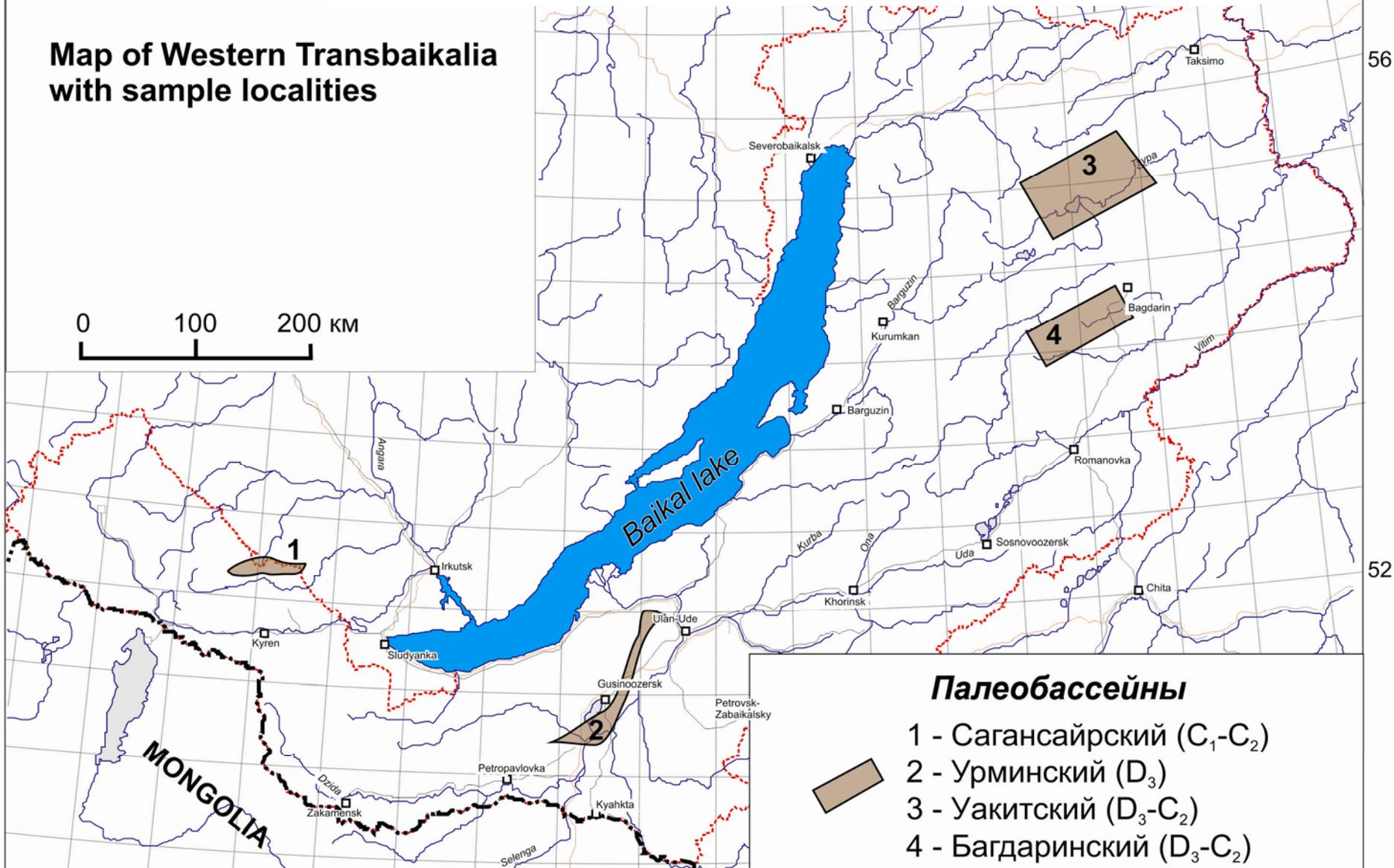


**РИФТОГЕННЫЙ (плюмовый)  
МАГМАТИЗМ**

# ГЕРЦИНСКАЯ КОЛЛИЗИЯ ???

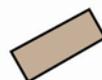
Map of Western Transbaikalia  
with sample localities

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

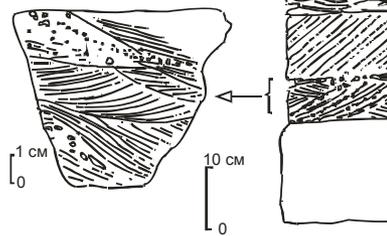
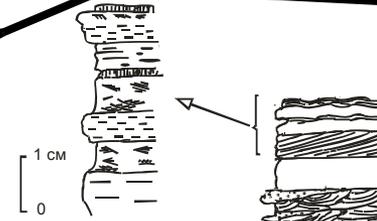
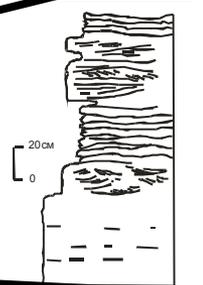
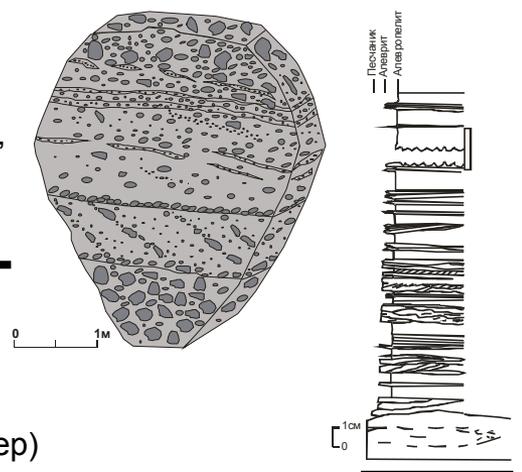
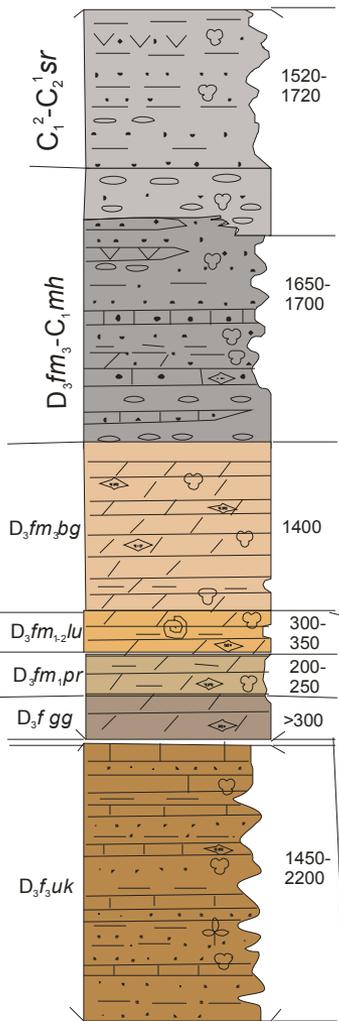
**Фаши гидрологически открытых терригенных озер:** песчаники с прослоями алевролитов и алевропелитов, пачки тонкослоистых алевропелитов

## 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



$D_3fm_2.sn_3$		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.

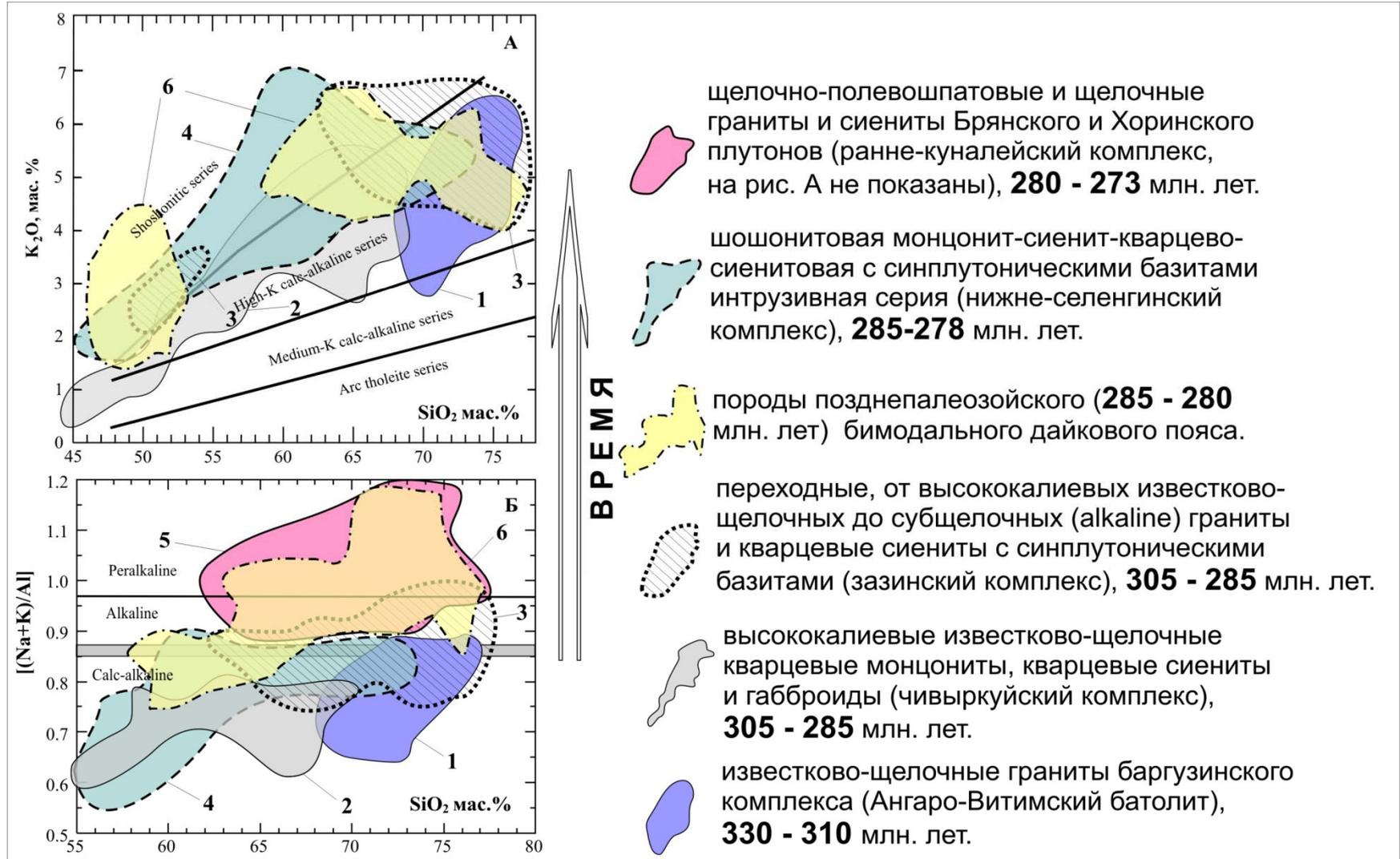
## Бассейн форланда

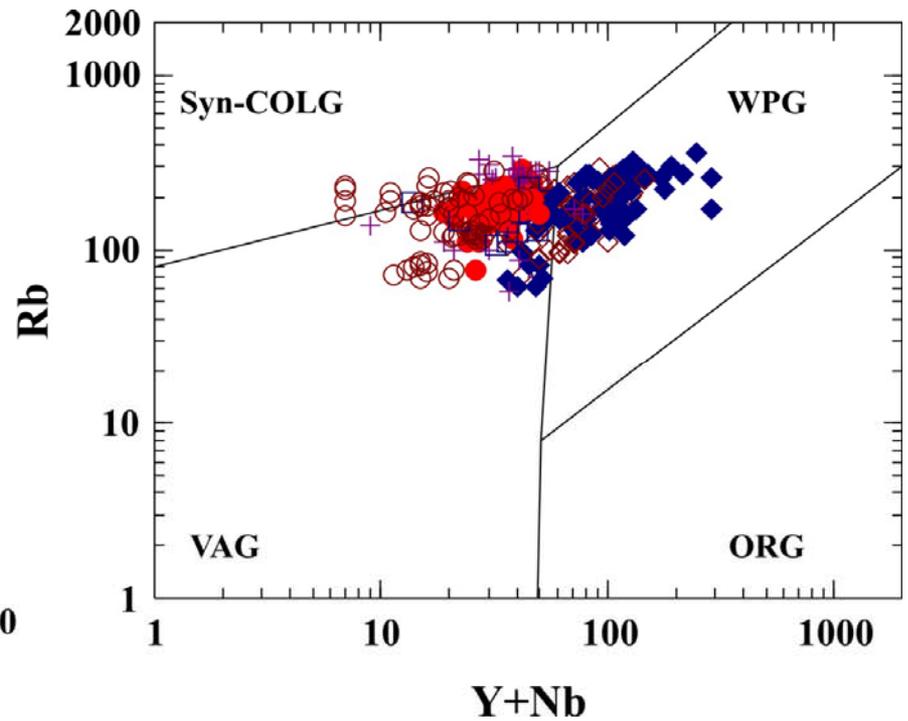
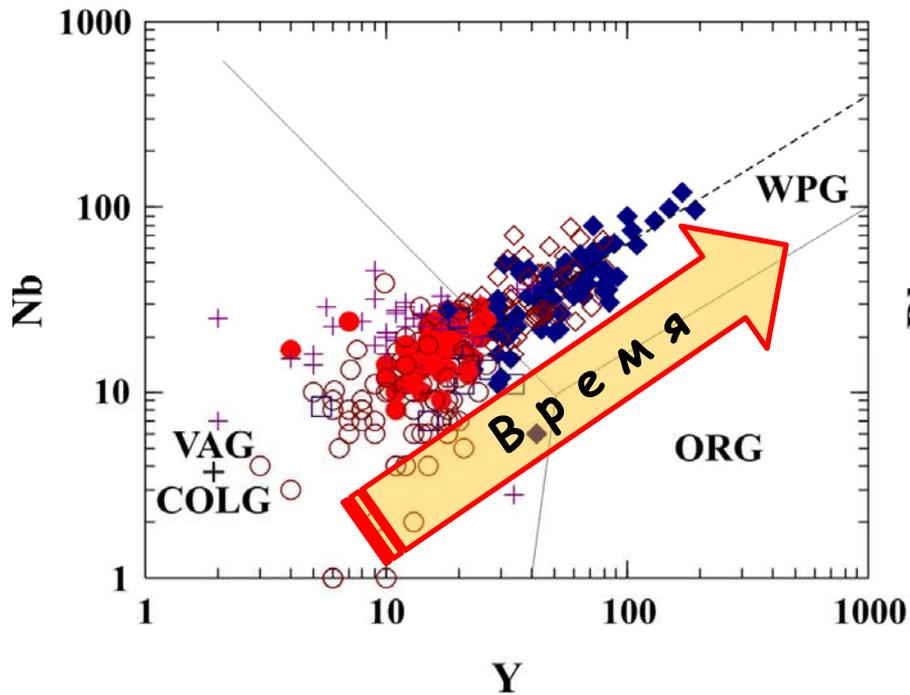
1. **Аналогия с современным бассейном форланда (Персидский залив):**
  - а. Обстановки седиментации (морские карбонатная + дельта + аллювиальная равнина)
  - б. Бассейн карбонатакопления окружен сушей.
  - в. Условия крайнего мелководья
  - г. Аридность климата
2. **Синседиментационные гравитационные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

## Этапы тектонической эволюции:

1. **D<sub>3</sub>, франский век.** Морской залив с крупной дельтой.
2. **D<sub>3</sub>, начало фаменского века.** Активизация тектонического режима. Серия морских суббассейнов. Тектонические уступы.
3. **D<sub>3</sub>, 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 монзониты, 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 монзонит-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**