

# РАННЕМЕЛОВОЙ ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ СИХОТЭ-АЛИНЯ: ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСТОЧНИКИ РАСПЛАВОВ

Крук Н.Н\*.,  
Голозубов В.В.\*\*,  
Гвоздев В.И.\*\*,  
Ковач В.П.\*\*\*,  
Загорная Н.Ю.\*\*\*,  
Москаленко Е.Ю.\*\*

\* ИГМ СО РАН, г. Новосибирск,  
\*\* ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток,  
\*\*\*ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург,



Геодинамические обстановки скольжения литосферных плит, возникающие на границах «континент-океан», пока еще слабо изучены в отношении магматизма.

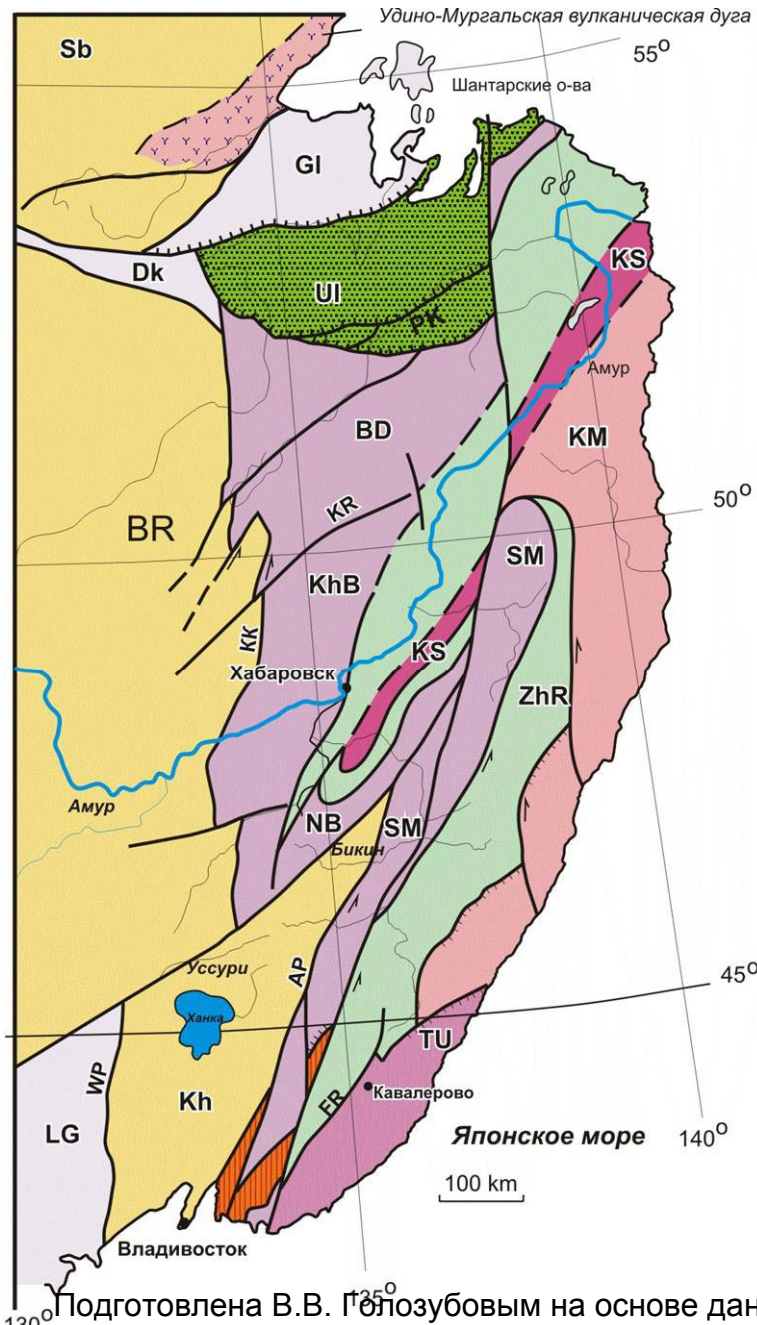
Эмпирически установлено, что эти режимы характеризуются многообразием магматических ассоциаций, «пестротой» их состава и изотопных характеристик.

Однако ни полный спектр составов магматических пород, ни специфика источников их генерации пока в полной мере не определены.

В данном сообщении этот вопрос обсуждается на примере раннемеловых гранитоидов Сихотэ-Алиня.

При выполнении исследований наряду с «классическим» (геологическим, минералого-петрографическим, геохимическим и изотопно-геохимическим) изучением гранитоидных интрузий аналогичный комплекс работ проводился для габброидов, входящих в состав габбро-гранитных серий, а также для стратифицированных верхнекорových образований геоблоков, вмещающих гранитоидные интрузивы. Это позволило получить достоверную информацию о составе мантийных и корových источников, существовавших на момент формирования гранитоидов.

# Террейновая схема Сихотэ-Алинского складчатого пояса и сопредельных районов

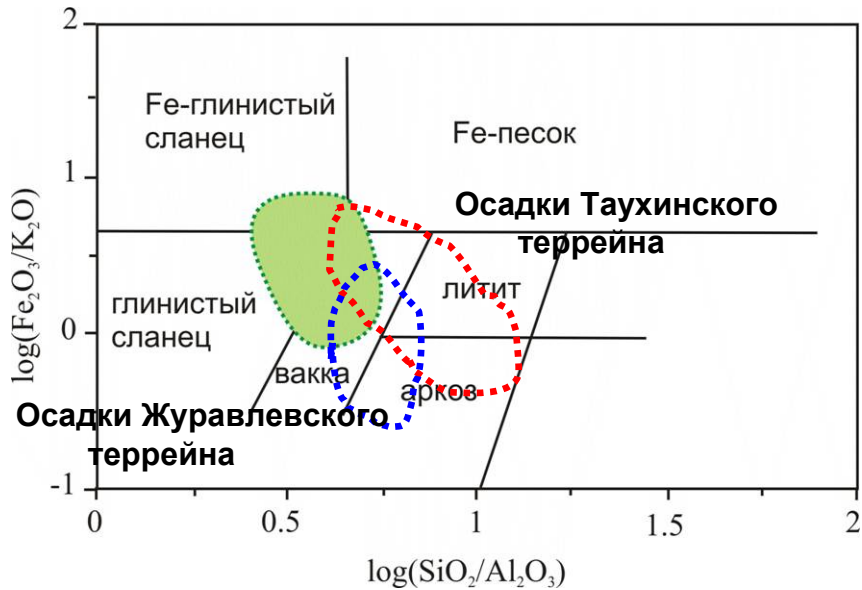


- 1 – докембрийские и раннепалеозойские террейны и супертеррейны: SB – Сибирский кратон, BR - Буреинский, Kh - Ханкайский;
- 2 – палеозойские террейны: ДК – Джагда-Кербский, GI - Галамский, LG – Лаоелин-Гродековский;
- 3-4 – юрские террейны: 3 - аккреционные призмы: (SM - Самаркинская, NB – Наданьхада-Бикинская, KhB - Хабаровская, Vd - Баджальская), 4 – турбидитовые бассейны континентальных окраин (UL - Улбанский);
- 5 – фрагменты докембрийских-раннепалеозойских террейнов в брских аккреционных структурах (SR - Сергеевский);
- 6-9 - раннемеловые террейны: 6 - неокомовые аккреционные призмы (TU - Таухинский), 7 - турбидитовые бассейны трансформной континентальной окраины (ZhR - Журавлевский), 8 – Баррем-альбской островодужной системы или задугового бассейна (KM - Кемский), 9 – альбской аккреционной призмы (KS – Киселевско-Маноминский);
- 10 – главные левые сдвиги: KK- Куканский, KR -Куринский, LM - Лимурчанский, MFA – Мишань-Фушунский (Алчанский), AR - Арсеньевский, MSA – Центрально-Сихотэ-Алинский, WP –Западно-Приморский, FR - Фурмановский;
- 11 – надвиги: PK - Пауканский.

Подготовлена В.В. Голозубовым на основе данных (Геодинамика..., 2006)

# Состав мезозойских толщ Сихотэ-Алиня

## Геохимические особенности песчаников Самаркинского террейна



Изотопный состав неодима в песчаниках

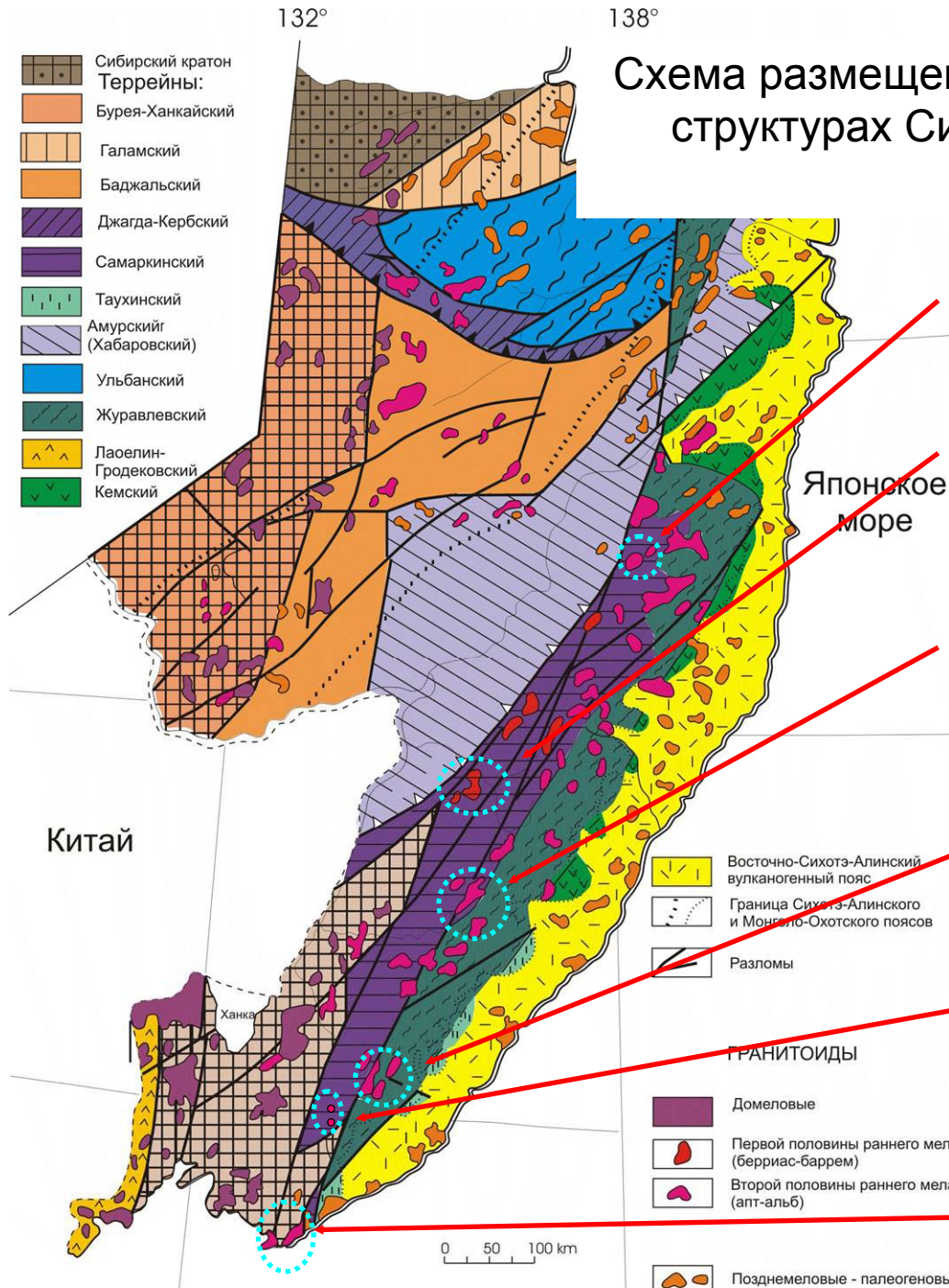
Самаркинский террейн:  
T<sub>(Nd)</sub>DM = 1,0 – 1,3 млрд лет

Журавлевский террейн  
T<sub>(Nd)</sub>DM = 1,9 – 2,0 млрд лет

Таухинский террейн  
T<sub>(Nd)</sub>DM = 2,0 – 2,1 млрд лет



# Схема размещения гранитоидных интрузивов в структурах Сихотэ-Алиня и сопредельных территорий



**Анюйский ареал (Гобиллинский массив, 107±2 млн лет, [Натальин и др., 1995])**

**Лермонтовский ареал**  
**Горбунский, Шивкинский, Лермонтовский массивы, 123-128 млн лет, [Герасимов и др., 1994; Хетчиков и др., 1998])**

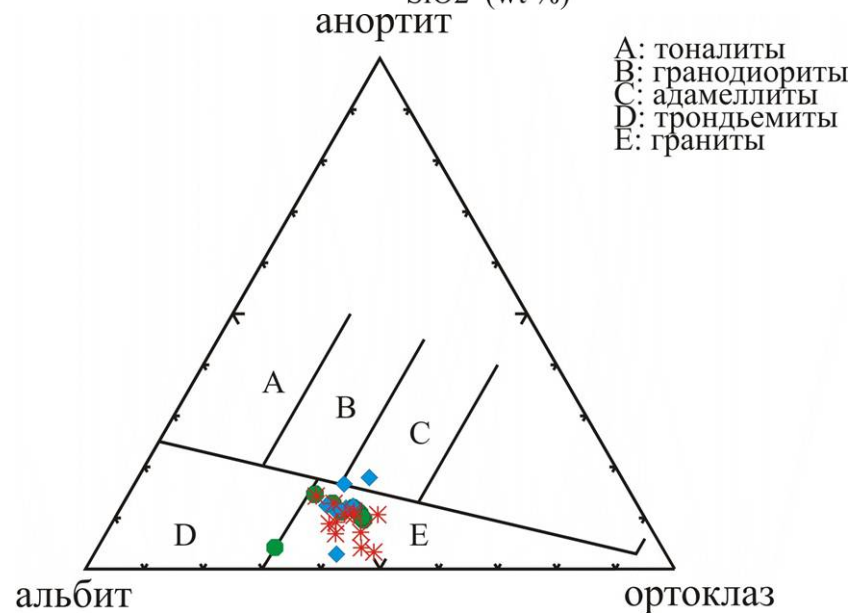
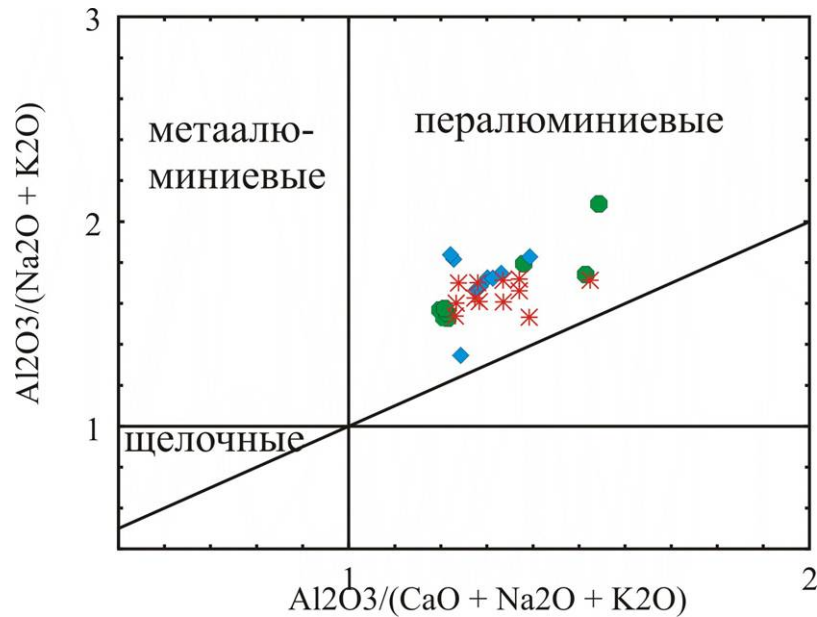
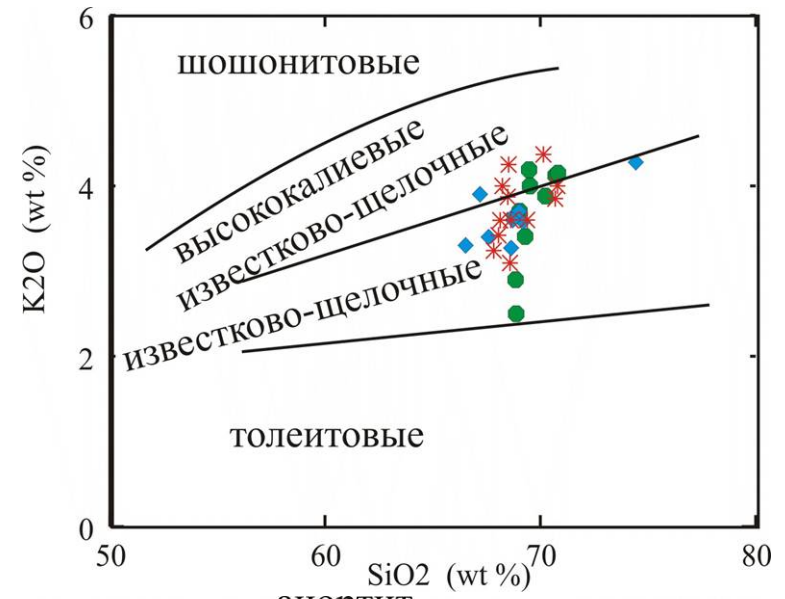
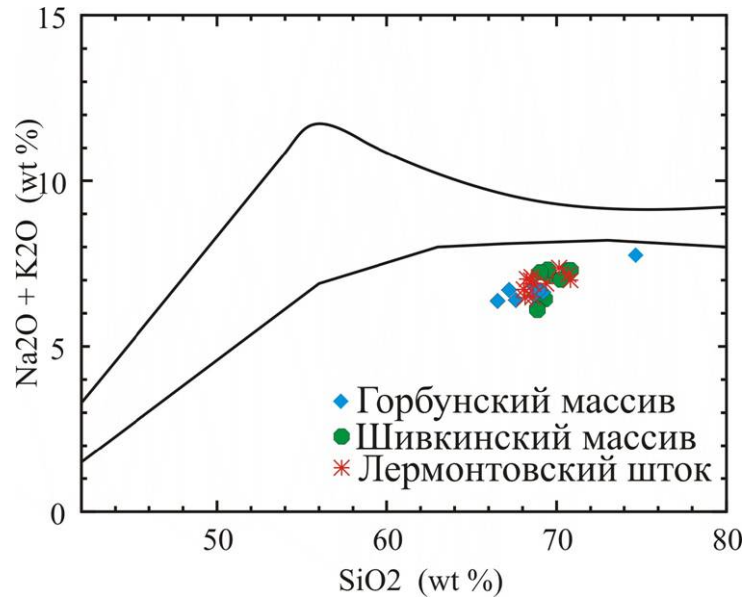
**Узел «Восток-2» (массивы Центральный, Дальнинский, Бисерный, 98-110 млн лет, [Хетчиков и др., 1996; Крымский и др., 1998])**

**Кавалеровский ареал (массивы Араратский, Березовский, Порубский и др., 112-100 млн лет [Гоневчук и др., 2011])**

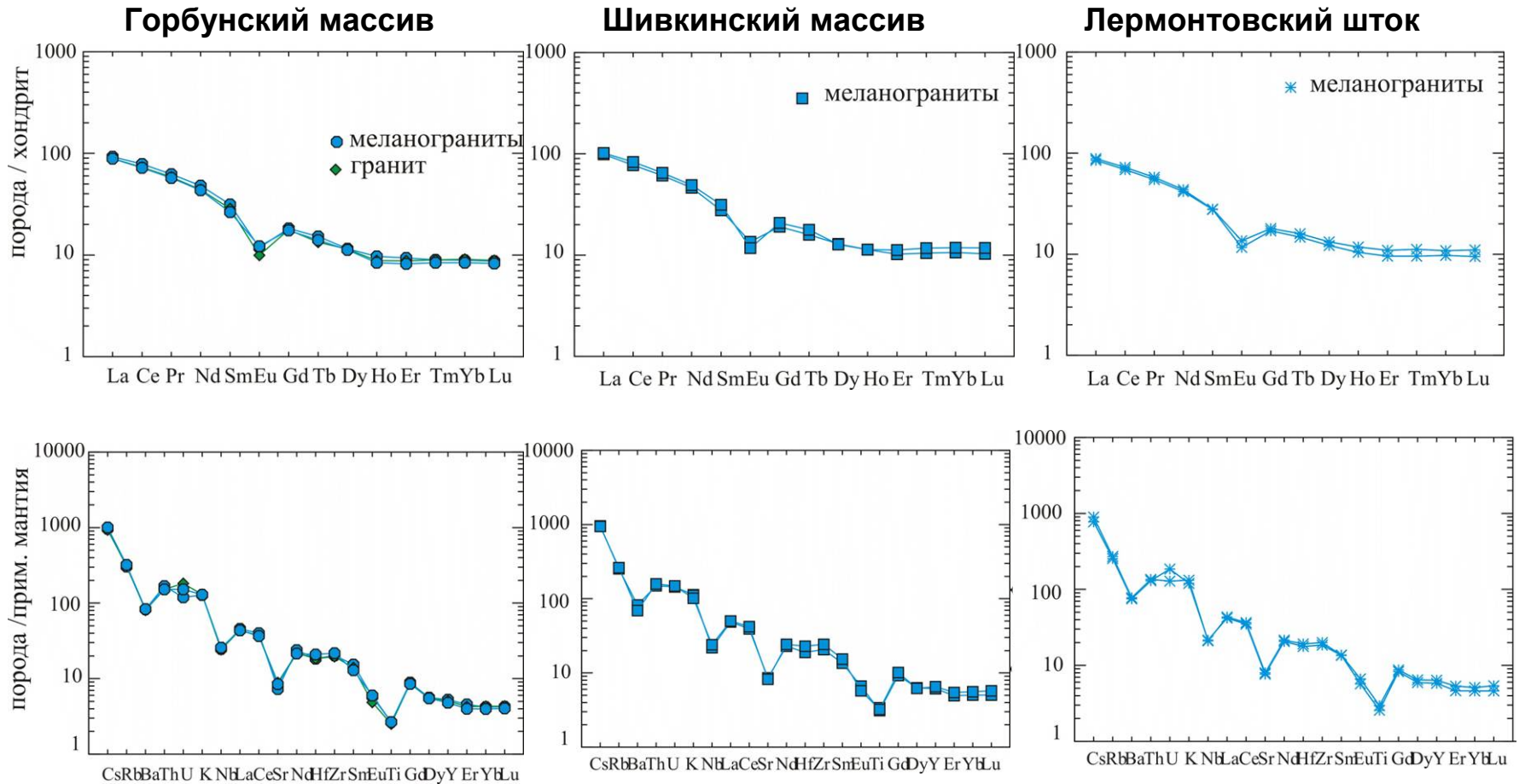
**Кокшаровский ареал (Лампохезский и Ариадненский массивы)**

**Врангелевский ареал (массивы Успенский, 103±2 млн лет [Ханчук и др., 2008] и Врангелевский, 96±3 млн лет)**

# Петрохимические характеристики гранитоидов хунгарийской серии (Лермонтовский рудный узел)



# Редкоэлементные характеристики гранитоидов хунгарийской серии

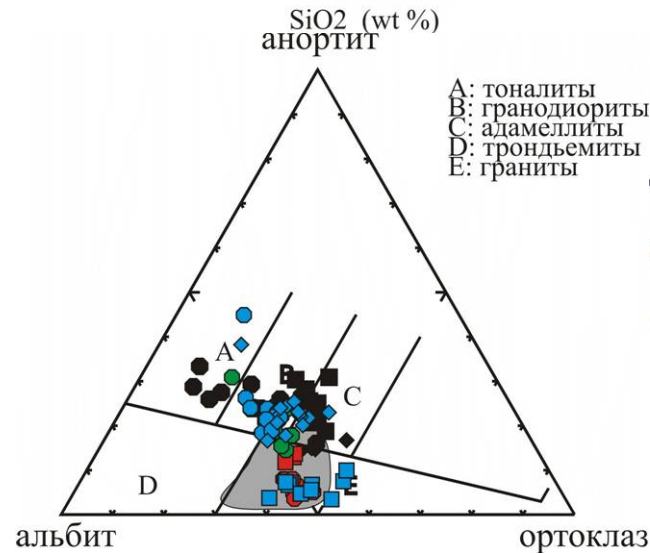
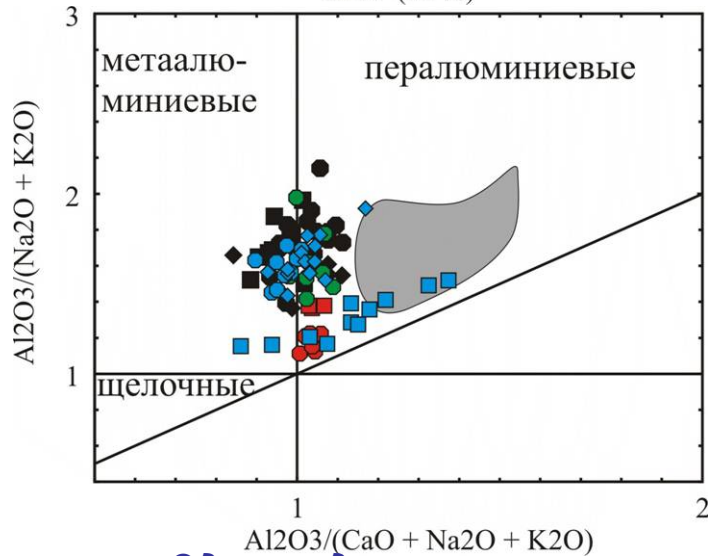
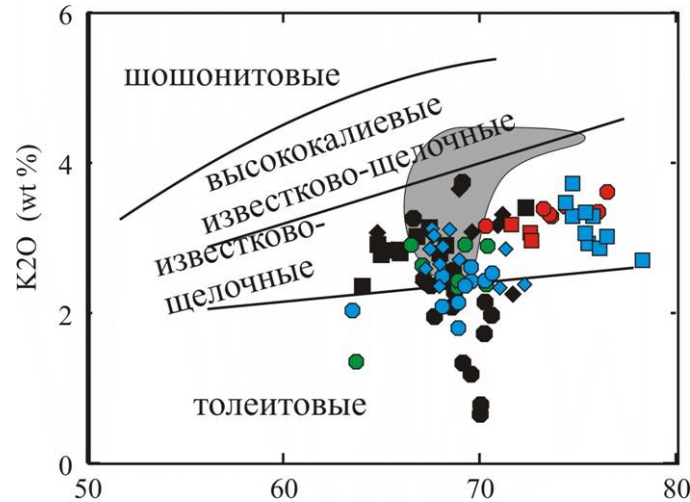
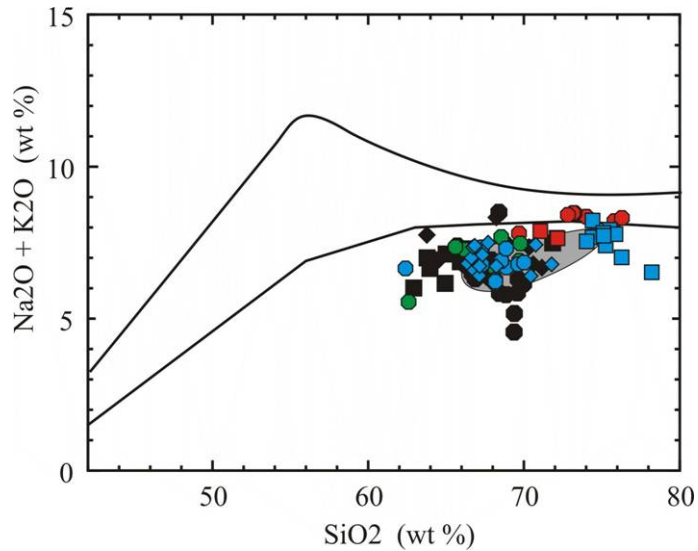


$E_{(Nd)} T = -4;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 1,27$  млрд лет

$E_{(Nd)} T = -3,7;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 1,25$  млрд лет

# Петрохимические характеристики гранитоидов татибинской серии

**Содержания фосфора в гранитоидах татибинской серии обычно значимо ниже, чем в породах хунгарийской**



## Рудный узел "Восток-2"

- Центральный шток
- Дальненский массив
- ◆ Бисерный массив

## Кокшаровский ареал

- Лампохезский массив
- Ариадненский массив

## Анюйский ареал

- Гобиллинский массив

## Врангелевский ареал

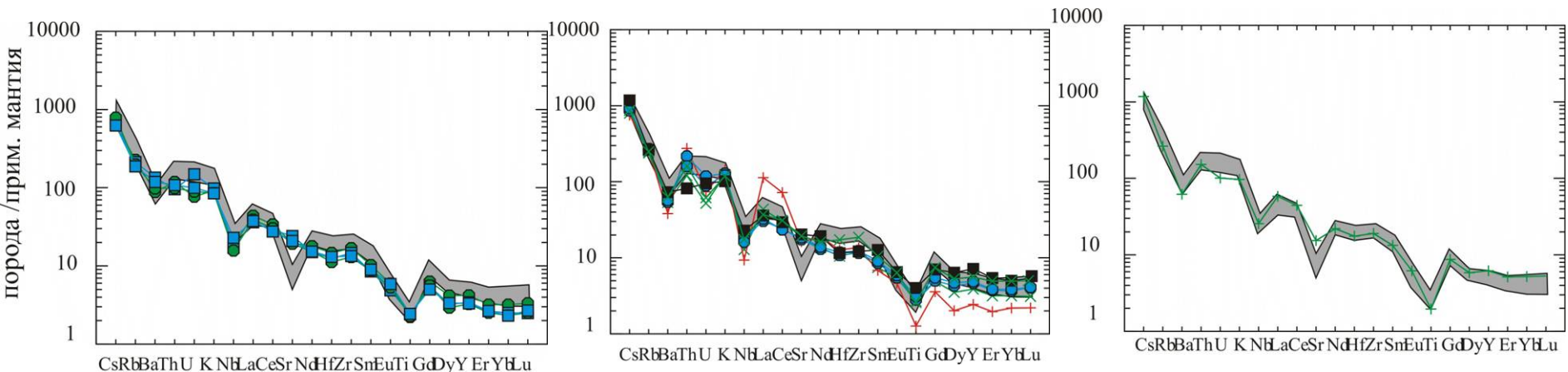
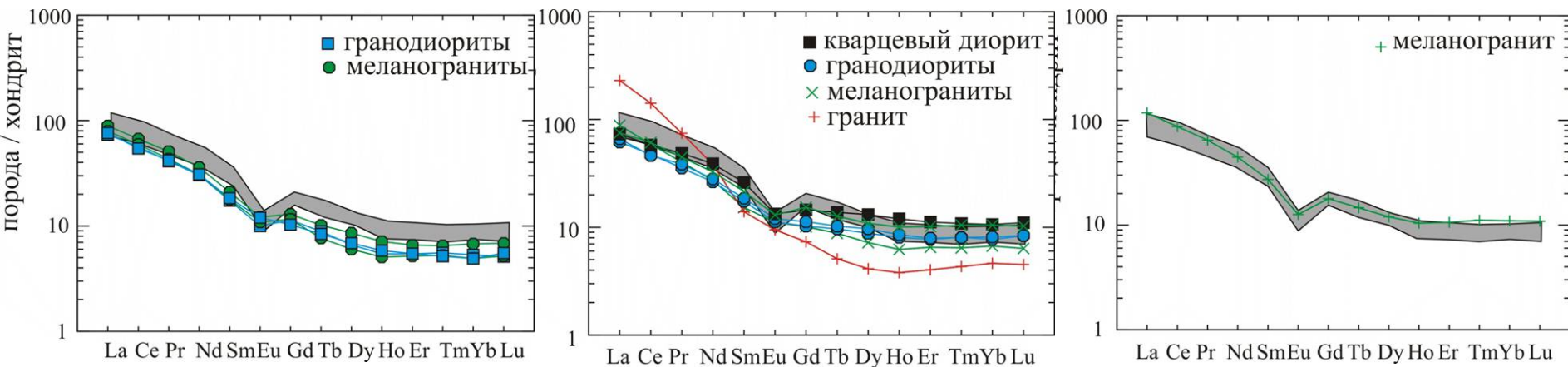
- Врангелевский массив
- Успенский массив
- лейкогранитная ассоциация (ранняя)
- ◆ гранодиорит-меланогранитная ассоциация (поздняя)

**Здесь и далее серым залито поле составов гранитоидов хунгарийской серии**



# Редкоэлементные характеристики гранитоидов татибинской серии

## Рудный узел «Восток-2»



**Центральный шток**

**Дальнинский массив**

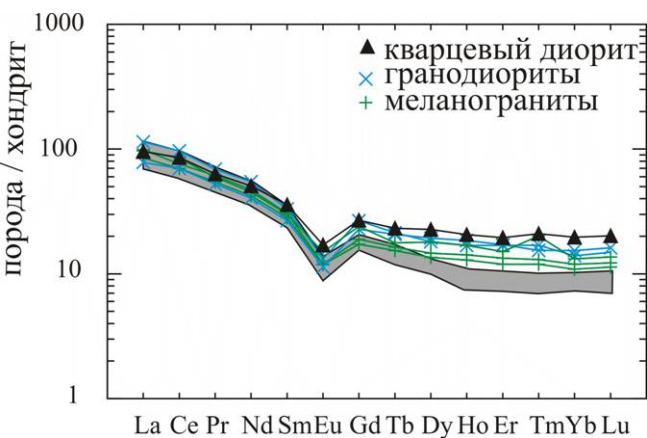
**Бисерный массив**

$E_{(Nd)} T = -0,8;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,98$  млрд лет

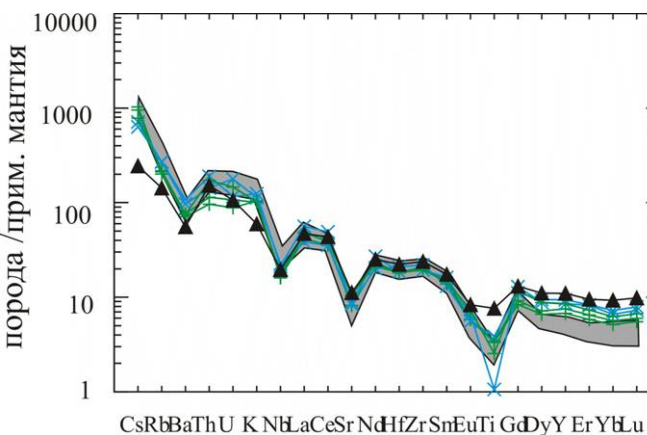
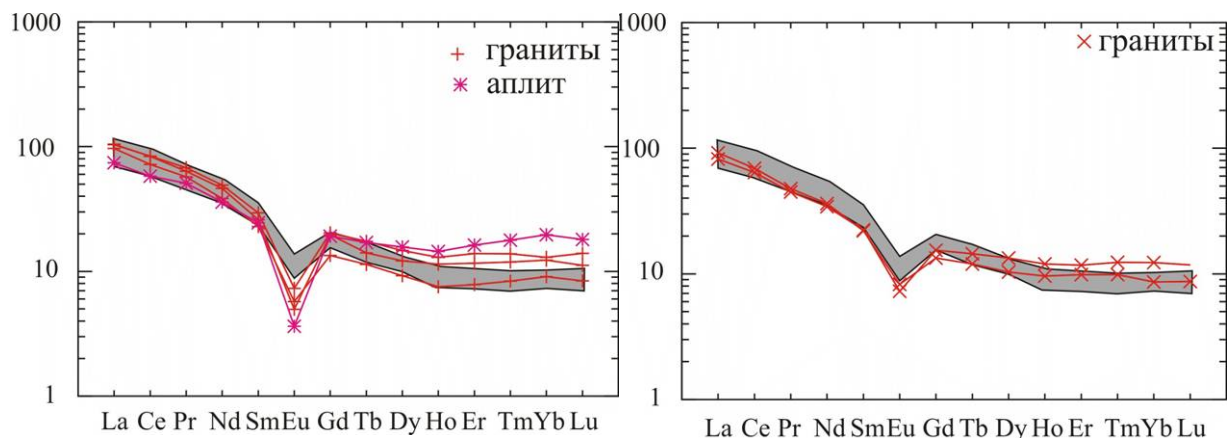
$E_{(Nd)} T = -0,7;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,97$  млрд лет

# Редкоэлементные характеристики гранитоидов татибинской серии

## Аньюйский ареал

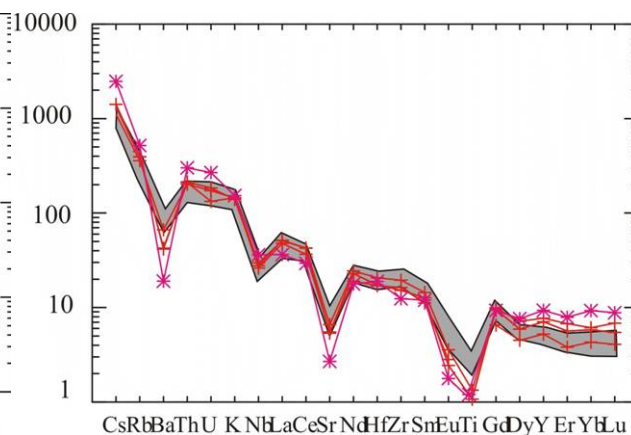


## Кокшаровский ареал



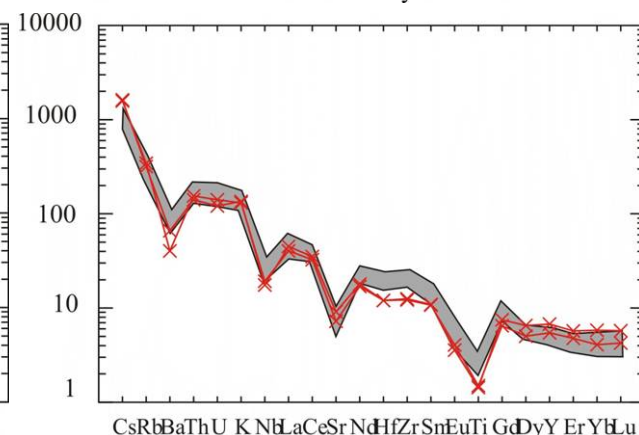
## Гобиллинский плутон

$E_{(Nd)} T = -2,7;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 1,1$  млрд лет



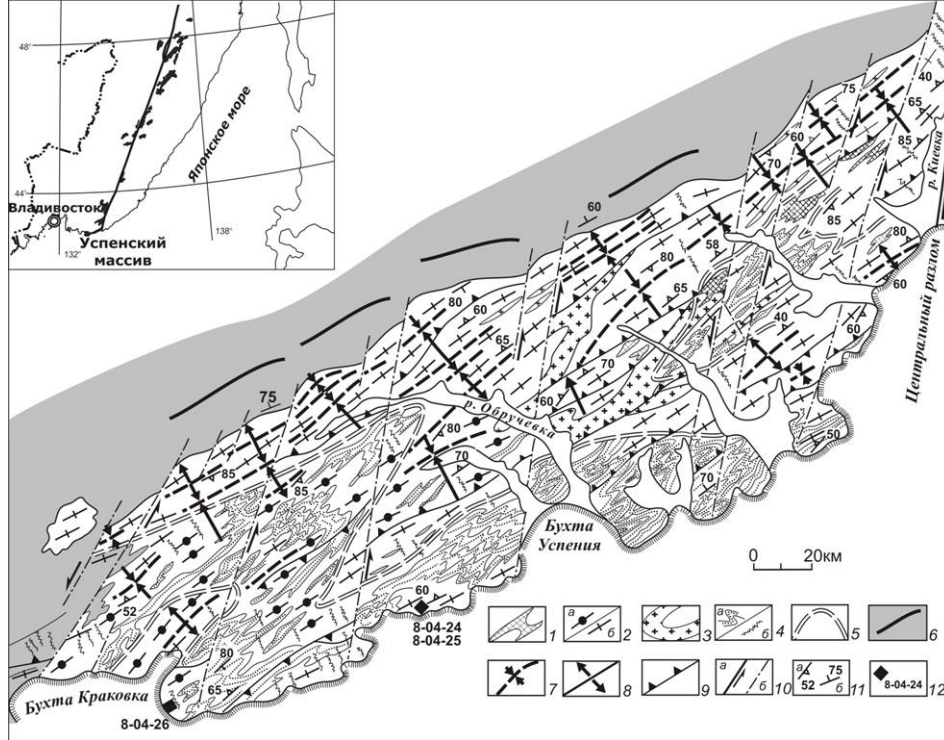
## Лампохезский массив

$E_{(Nd)} T = -0,8;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,98$  млрд лет



## Ариадненский массив

## Успенский гранитоидный интрузив

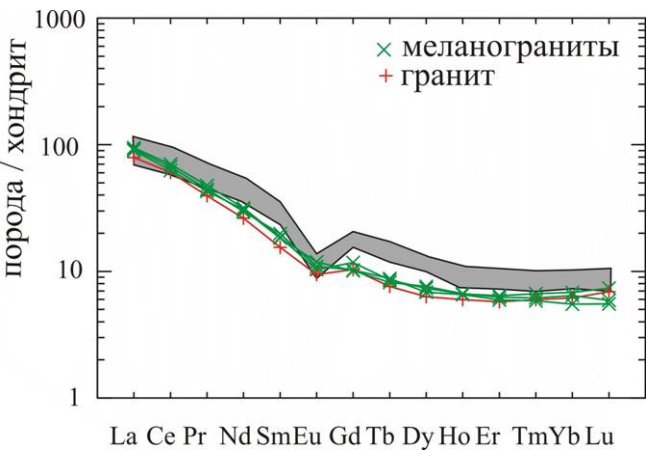


**Структурная схема Успенского гранитного массива.**  
(составлена П.Л. Неволиным по материалам С.В. Коваленко (1995).

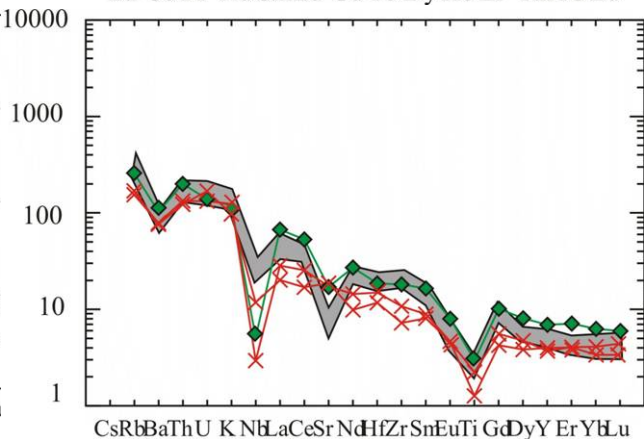
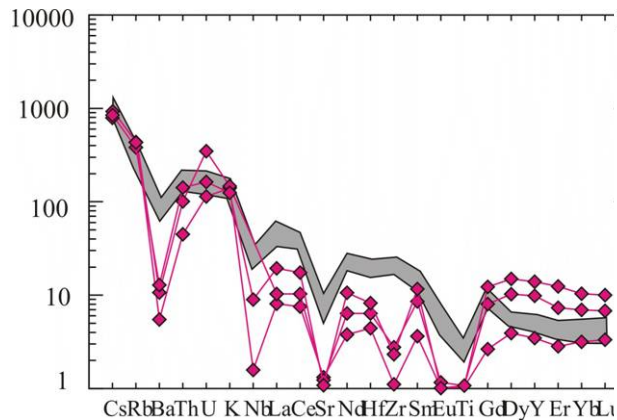
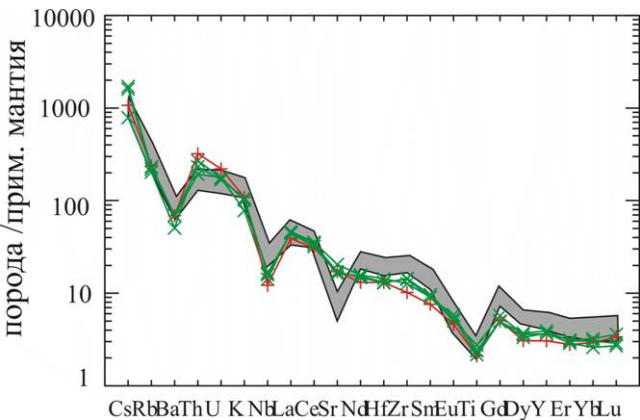
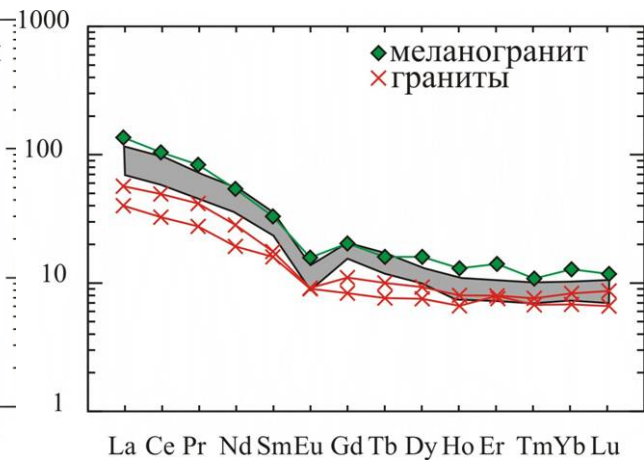
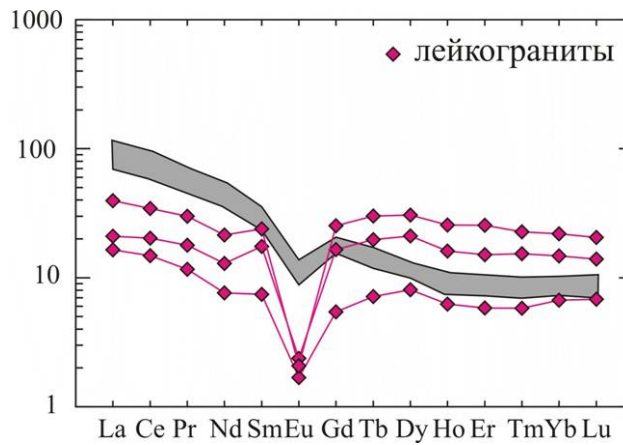
1 – останцы раннепалеозойских габброидов;  
2-3 - интрузивные породы: 2 – гранатсодержащие граниты (а), биотитовые гранодиориты (б); 3 – лейкограниты; 4 – терригенные породы (а) и палеогеновые дайки (б); 5 – контуры складчатых структур, образованных останцами вмещающих пород среди гранитов; 6 – направление осей складок во вмещающих породах вне интрузива; 7-8 – оси псевдоскладок, образованных элементами расслоенности гранитов; 9 – надвиги; 10 – сдвиги: первого (а) и второго (б) порядков; 11 – ориентировка элементов расслоенности гранитов (а), и в останцах вмещающих пород (б); 12 – места отбора проб для изотопных исследований.

# Редкоэлементные характеристики гранитоидов татибинской серии Врангелевский ареал

## Врангелевский массив



## Успенский массив



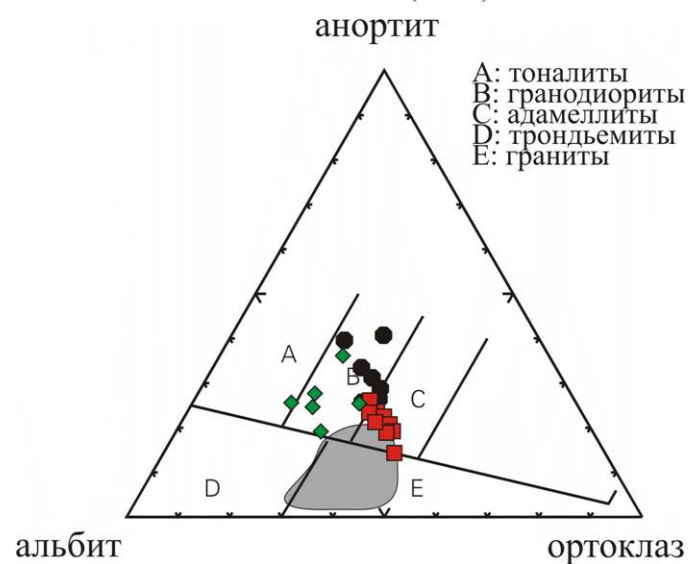
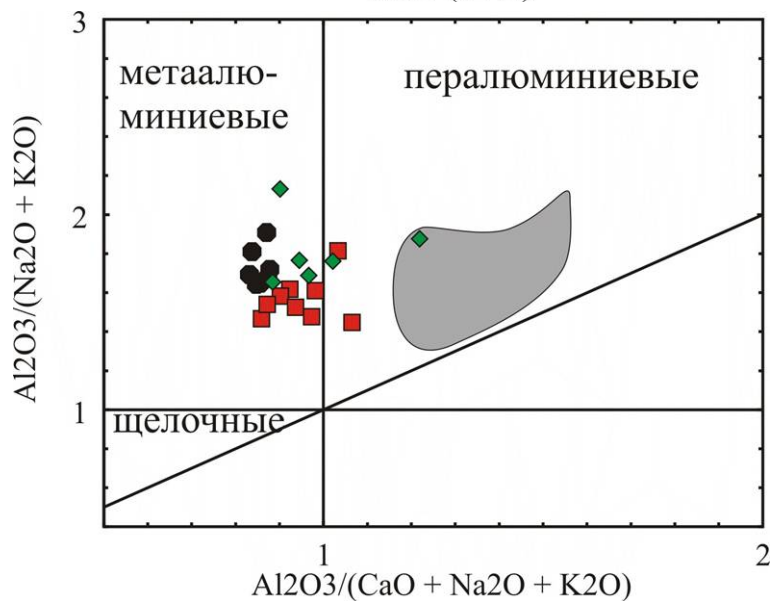
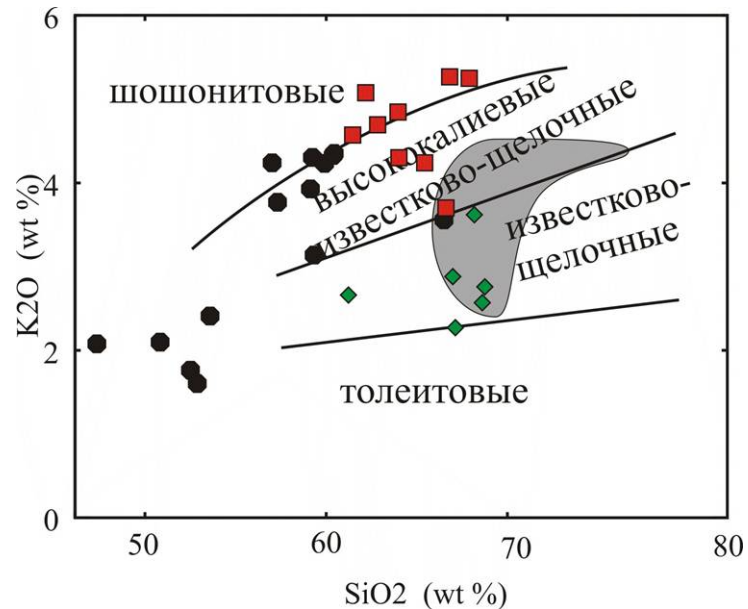
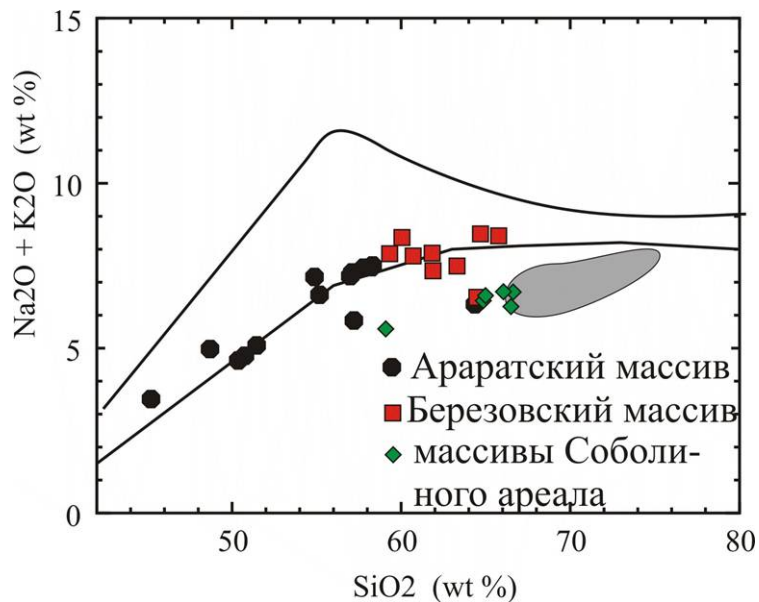
ранний ритм

поздний ритм

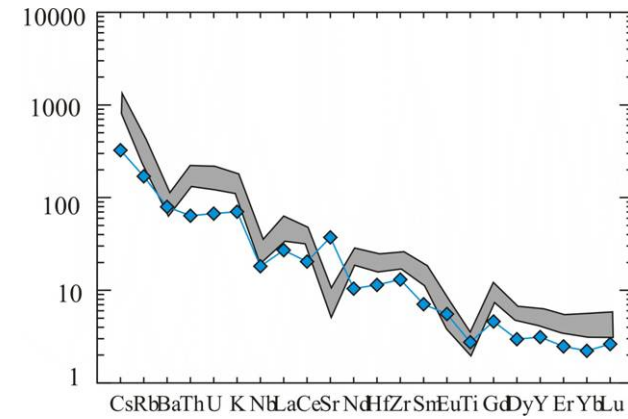
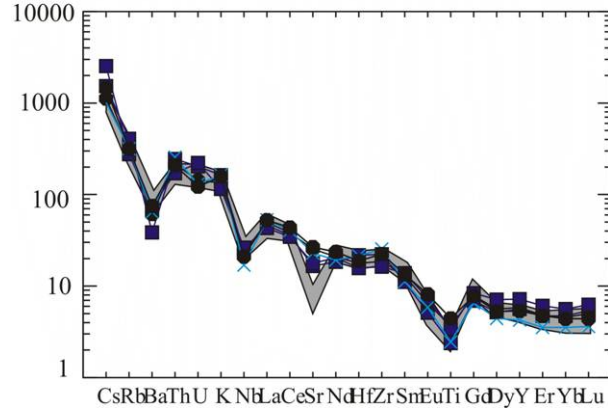
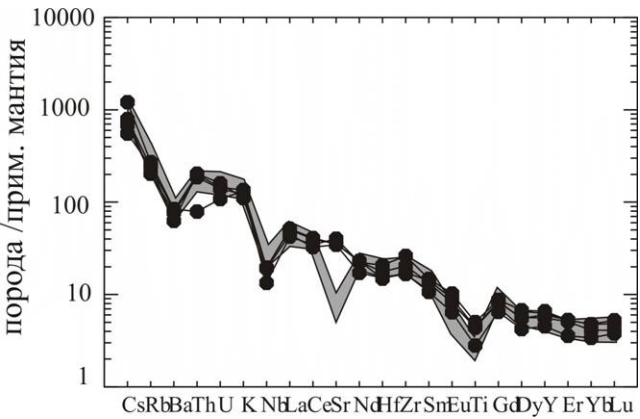
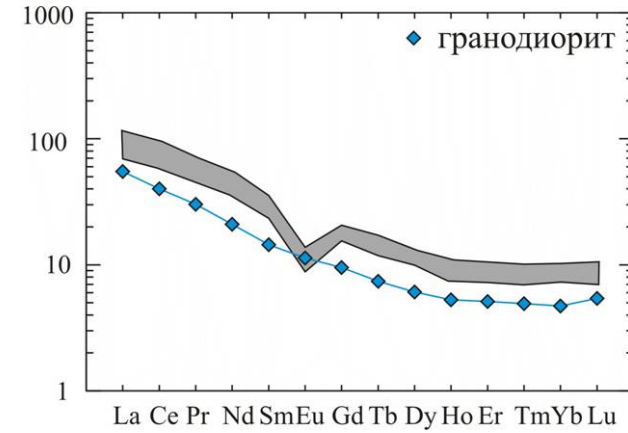
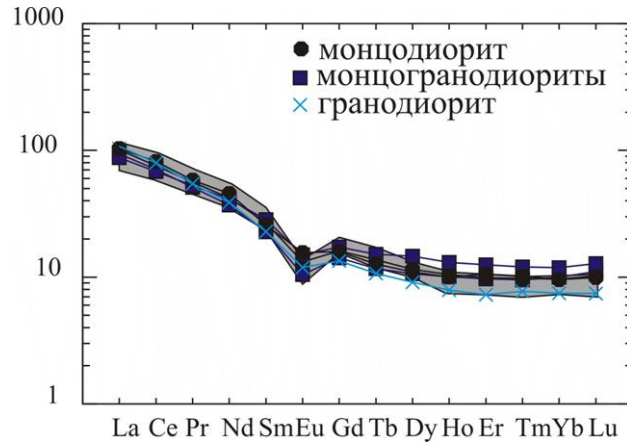
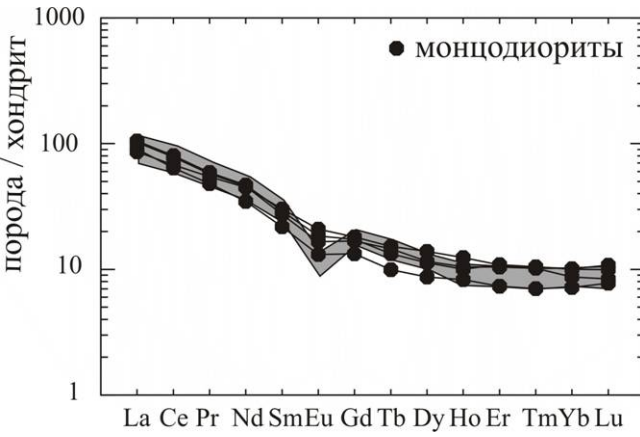
$E_{(Nd)} T = -3,8;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 1,23$  млрд лет

$E_{(Nd)} T = -2,4 \dots -0,6;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,98-1,12$  млрд лет

# Петрохимические характеристики пород бачелазской серии



# Редкоэлементные характеристики гранитоидов бачелазской серии



**Араратский массив**

**Березовский массив**

**Соболиный ареал,  
Порубский массив**

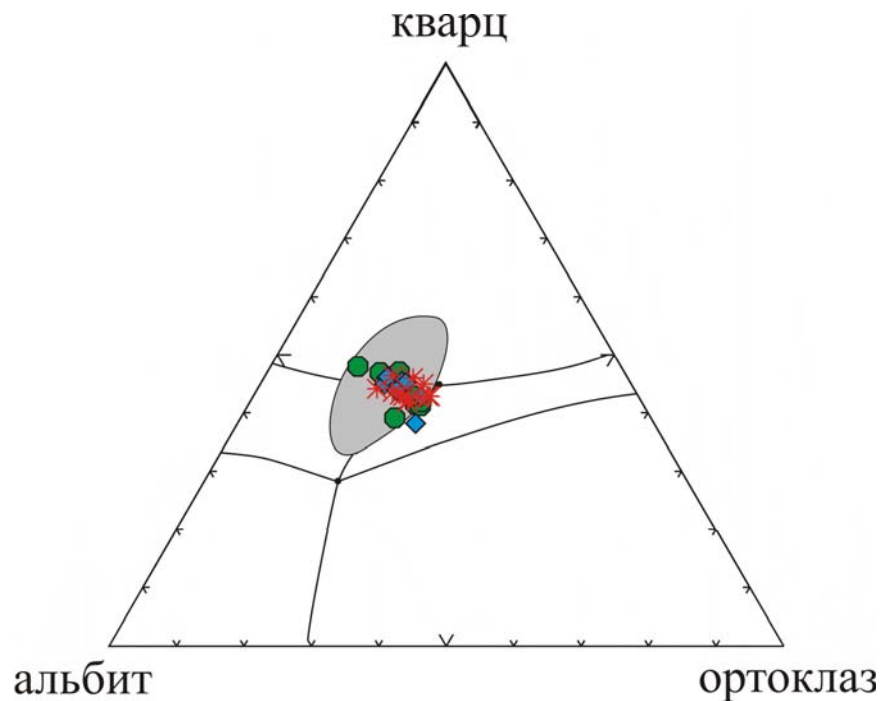
$E_{(Nd)} T = -0,8;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,97$  млрд лет

$E_{(Nd)} T = +1,5;$   
 $T_{(Nd)} DM-2 = 0,79$  млрд лет

# Источники гранитоидных магм

Минералого-петрографические, петрохимические и редкоземельные характеристики гранитоидов хунгарийской серии типичны для пород S-типа, формирование которых традиционно связывается с анатексисом метаосадочных субстратов.

Изотопный состав неодима в хунгарийских гранитоидах идентичен таковому в осадочных породах Самаркинской аккреционной призмы

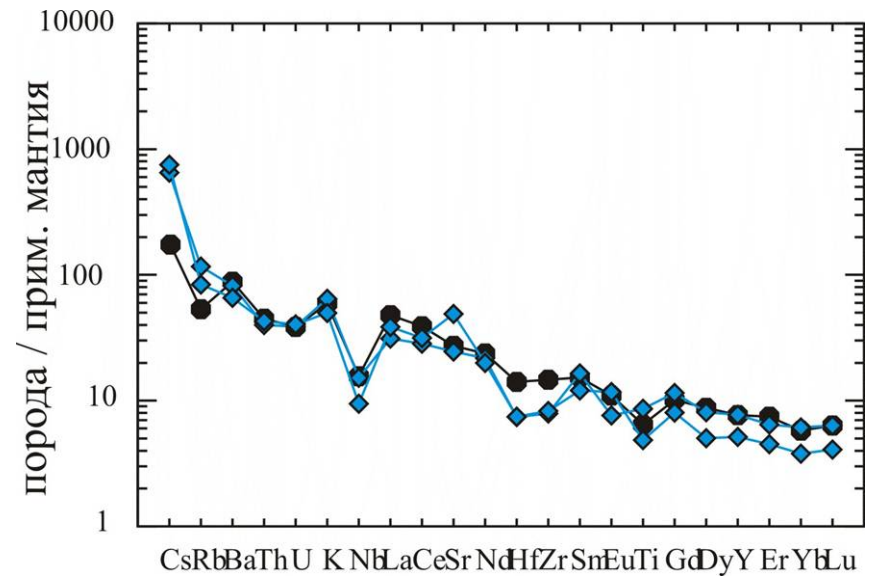
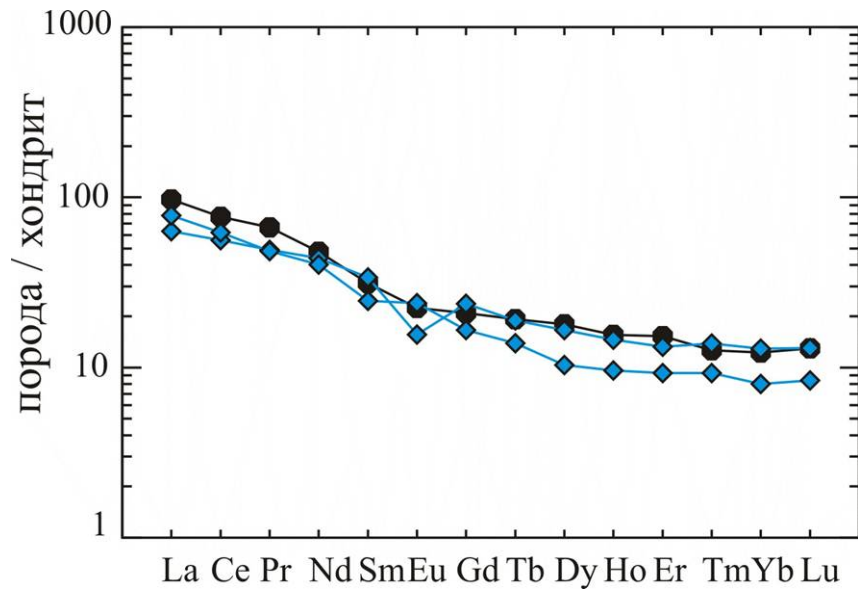


- ◆ Горбунский массив
- Шивкинский массив
- \* Лермонтовский шток

**Вывод:**

**Хунгарийские гранитоиды  
представляют собой  
продукты «верхнекорового»  
анатексиса**

# Геохимические характеристики габброидов татибинской и бачелазской серий

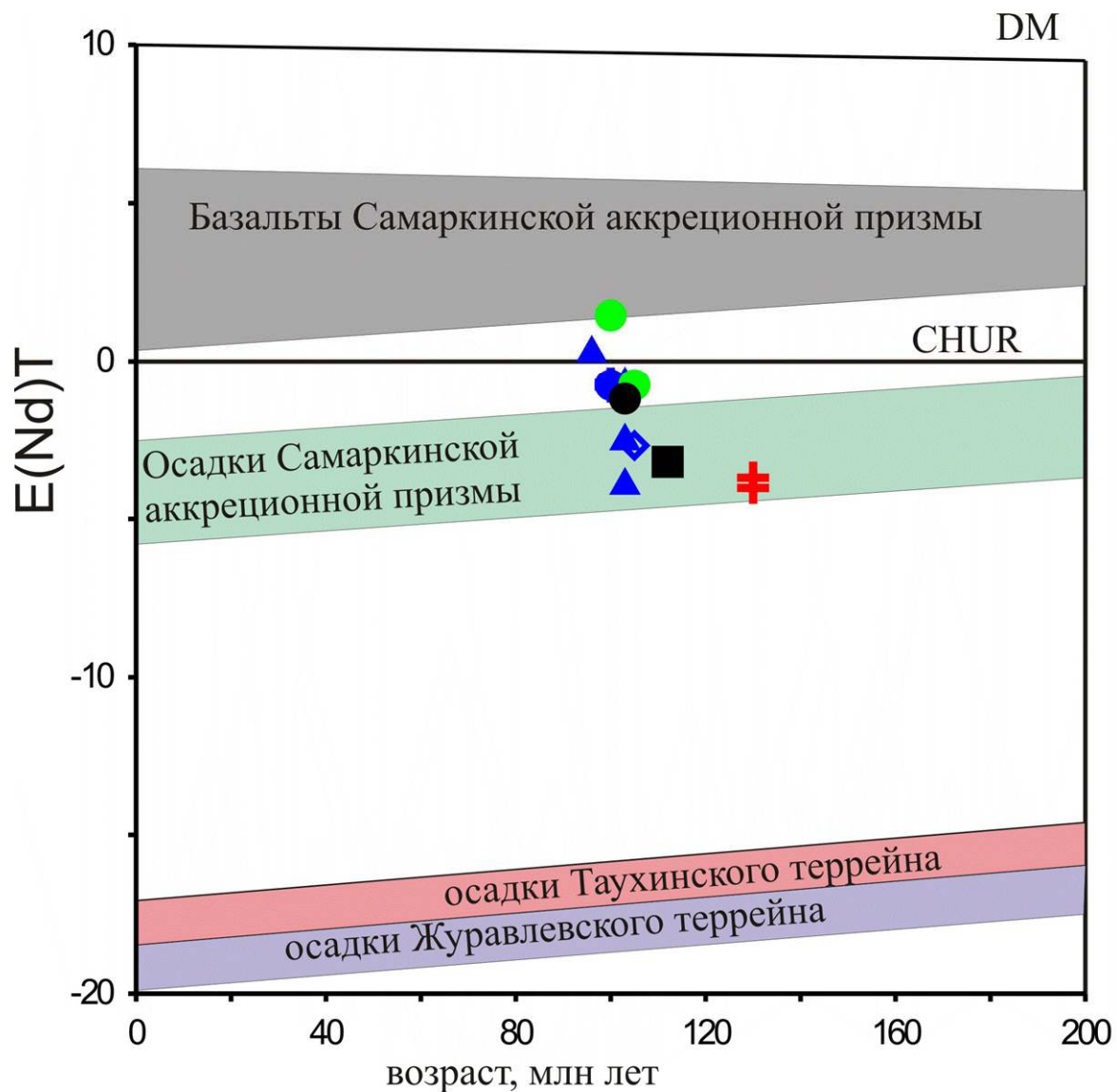


● Татибинская серия  $\text{TiO}_2$  – 1,1-1,3 мас. %;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,8-2,0 мас. %;  
Успенский массив:  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,4-0,5 мас. %;  $E_{(\text{Nd})T} = -1,2$

◆ Бачелазская серия  $\text{TiO}_2$  – 0,9-1,6 мас. %;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,6-2,1 мас. %;  
Арагатский массив:  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,4-0,5 мас. %;  $E_{(\text{Nd})T} = -3,2$



# Вариации изотопного состава неодима в магматических и осадочных породах Сихотэ-Алиня



## гранитоиды

+ хунгарийская серия  
(Лермонтовский ареал)

Татибинская серия

◇ Анюйский ареал

+ Рудный узел "Восток-2"

● Кокшаровский ареал

▲ Врангелевский ареал

● Бачелазская серия  
(Кавалеровский рудный узел)

## габброиды

● татибинская серия  
(Успенский массив)

■ бачелазская серия  
(Аралатский массив)

# Выводы

Гранитоидный магматизм раннемеловой трансформной континентальной окраины Сихотэ-Алиня характеризуется неоднородностью состава пород и многообразием источников гранитоидных магм.

На ранней стадии существования трансформной окраины (берриас-баррем) формирование калиевых гранитоидов S-типа (хунгарийский комплекс) происходило за счет анатексиса осадочных пород верхней коры.

Более поздний, апт-альбский рубеж характеризовался внедрением в основание коры мантийных магм, что привело к повышению температуры в низах коры, и обусловило вовлечение в процессы гранитообразования более широкого спектра коровых субстратов, включая и относительно «тугоплавкие» базальты океанического основания Сихотэ-Алиня. Плавление комбинированного источника (метаосадочные и metabазальтовые породы) обусловило формирование неоднородных по составу гранитоидов I-S- типа (татибинская серия), а активное взаимодействие мантийных расплавов с выплавками из metabазитов привело к образованию пород бачелазской монцонитоидной серии.

**Спасибо за внимание**

