

# Проблема связи пегматитов с гранитами и типы гранитно- пегматитовых систем

**В. Е. Загорский, В. М. Макагон**

***Институт геохимии СО РАН***

**Гранитно-пегматитовые системы** - участки геологического пространства в земной коре, с неопределенными границами на глубину, в которых процессы эволюции кислых расплавов сопровождаются образованием пегматитов.

Гранитно-пегматитовые системы объединяют ассоциацию пространственно и (пара)генетически связанных

гранитов,

пегматитов,

сингранитных и синпегматитовых метасоматитов

+

флюид

Крупные пегматитовые поля и пояса контролируются двумя типами региональных геологических структур, резко отличающихся по своей геодинамической природе.

С одной стороны, это **сложные надвиговые структуры, сформировавшиеся в зонах коллизии**, с другой – **троговые структуры в областях внутриконтинентального рифтогенеза**.

## Систематика гранитных пегматитов (Загорский и др., 2003)

Группа формаций	Формация	Подформация	Миароловая фация
Низких давлений (<2 кбар)	<b>Кристаллоносная (миароловых пегматитов)</b>	<b>Флюорито-хрусталеносная</b>	<b>Весьма характерна</b>
		<b>Субредко-металльная</b>	<b>Весьма характерна</b>
	<b>Редкометалльно-редкоземельная</b>		<b>Проявлена часто</b>
Умеренных давлений (2-5 кбар)	<b>Редкометалльная</b>	<b>Петалитовая</b>	<b>Проявлена в отдельных полях и телах</b>
		<b>Сподуменовая</b>	
Высоких давлений (>5 кбар)	<b>Слюдоносная</b>	<b>Редкометалльно-мусковитовая</b>	<b>Проявлена редко</b>
		<b>Мусковитовая</b>	<b>Проявлена очень редко</b>
	<b>Полевошпатовая (керамическая)</b>		<b>Достоверно не установлена</b>

Группа формаций	Формация	Фазы – фации гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	<p><i>Снижение фазового разнообразия гранитоидов;</i></p> <p><i>Возрастание роли жильных фациальных разновидностей – аплитов, ортотектитов, гранит-пегматитов</i></p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений  (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация пегматитов	Тенденции в изменении состава гранитоидов
Низких давлений ( $<2$ кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1193 464 1593 521"><i>Повышение</i></p> <p data-bbox="1193 649 1638 706"><i>роли кальция</i></p> <p data-bbox="1193 835 1690 892"><i>относительно</i></p> <p data-bbox="1193 1021 1729 1078"><i>калия и натрия</i></p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений ( $>5$ кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация	Тенденции в изменении состава гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1232 435 1850 1256"> <i>Понижение алуминозности и повышение глиноземистости (с максимальной щелочностью в полях редкометалльно-редкоземельной формации)</i> </p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация	Тенденции в изменении состава гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1296 458 1638 519"><i>Снижение</i></p> <p data-bbox="1302 639 1541 711"><i>роли F,</i></p> <p data-bbox="1309 825 1721 886"><i>возрастание</i></p> <p data-bbox="1302 996 1605 1068"><i>роли CO<sub>2</sub></i></p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация пегматитов	Тенденции в изменении состава гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1147 372 1843 1239"> <b>Снижение</b> степени обогащенности гранитоидов гранитофильными элементами (<b>Li, Rb, Cs, Sn, Ta, Nb, Zr, Hf</b>) параллельно с <b>увеличением</b> содержаний <b>Ba и Sr</b> </p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация	Тенденции в изменении состава гранитоидов
Низких давлений ( $<2$ кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1159 428 1796 1170"><i>Снижение степени геохимической вариативности в пределах тел гранитоидов</i></p>
	Редкометалльно- редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений ( $>5$ кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация	Тенденции в изменении роли процессов формирования гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1101 528 1661 771"><i>Снижение роли магматической дифференциации;</i></p> <p data-bbox="1101 885 1835 1285"><i>Возрастание влияния процессов ультраметаморфизма, гранитизации и анатексиса</i></p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

Группа формаций	Формация	Тенденции в изменении особенностей гранитоидов
Низких давлений (<2 кбар)	Кристаллоносная	 <p data-bbox="1078 292 1758 449"><i>Смена А- и І-гранитов S-гранитами;</i></p> <p data-bbox="1097 564 1729 921"><i>Снижение степени “аллохтонности” и влияния мантийной компоненты;</i></p> <p data-bbox="1110 1063 1622 1328"><i>Повышение роли автохтонных гранитоидов.</i></p>
	Редкометалльно-редкоземельная	
Умеренных давлений (2-5 кбар)	Редкометалльная	
Высоких давлений (>5 кбар)	Слюдоносная	
	Полевошпатовая (керамическая)	

## **Типы гранитно-пегматитовых систем:**

**тип I** - вариант *автономного пегматитового импульса* в истории магматизма пегматитоносных структур, с временным разрывом между гранитами и пегматитами от десятков до сотен млн.л.;

**тип II** - вариант *парагенетической связи пегматитов с гранитами при последовательном их внедрении* из одного или нескольких магматических очагов единой магматической колонны (полихронные гранитно-пегматитовые системы);

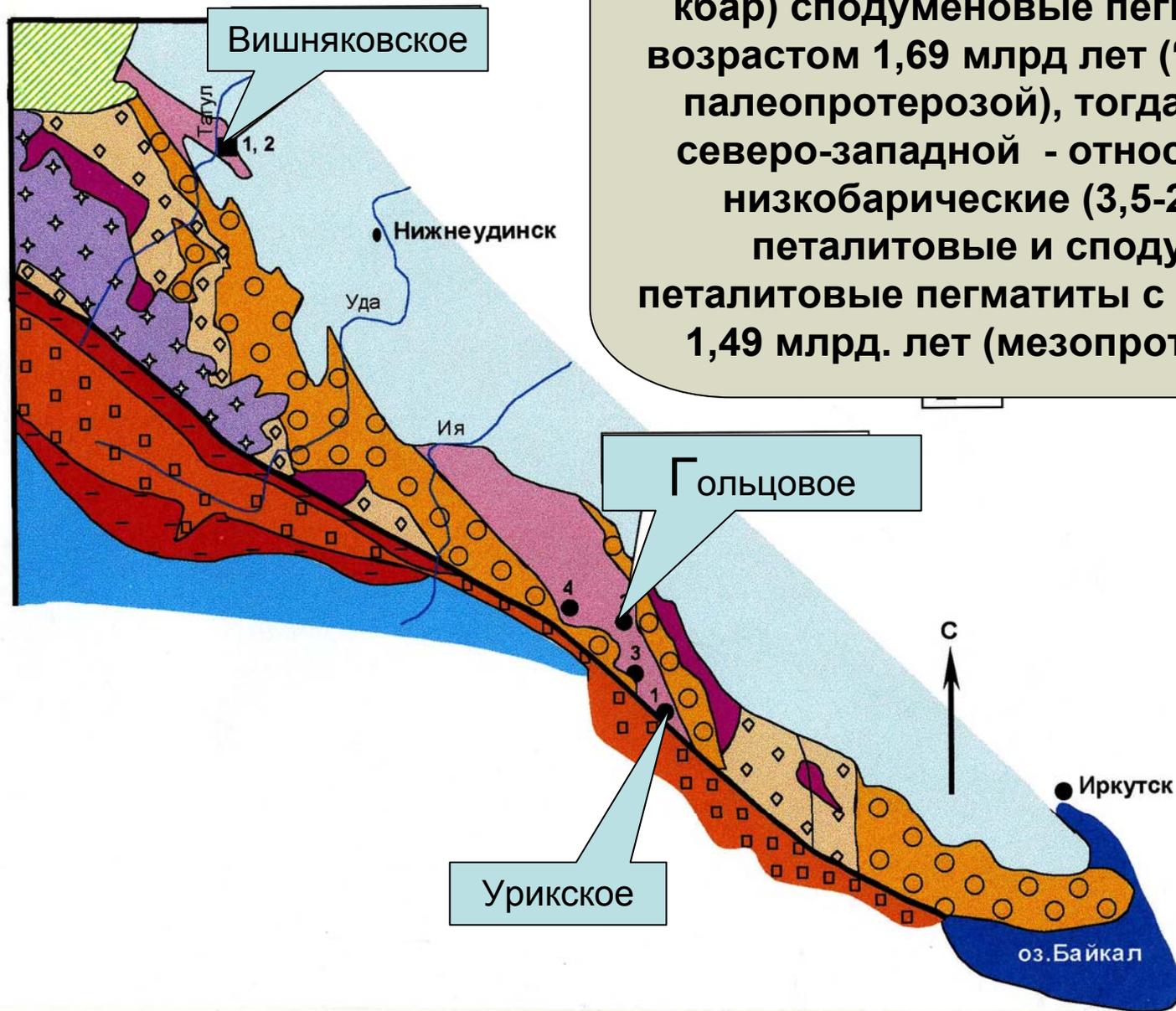
**тип III** - *вариант генетической связи*, когда расплавы гранитов и пегматитов, являясь продуктами *эволюции кислой магмы в глубинных магматических очагах*, внедряются на более высокие уровни коры совместно;

**тип IV** - *вариант прямой генетической связи* с образованием небольших объемов преимущественно сингенетических пегматитов в *результате внутрикамерной дифференциации гранитной магмы на уровне становления массивов.*

Некоторые примеры разрыва во времени между гранитами и пегматитами:

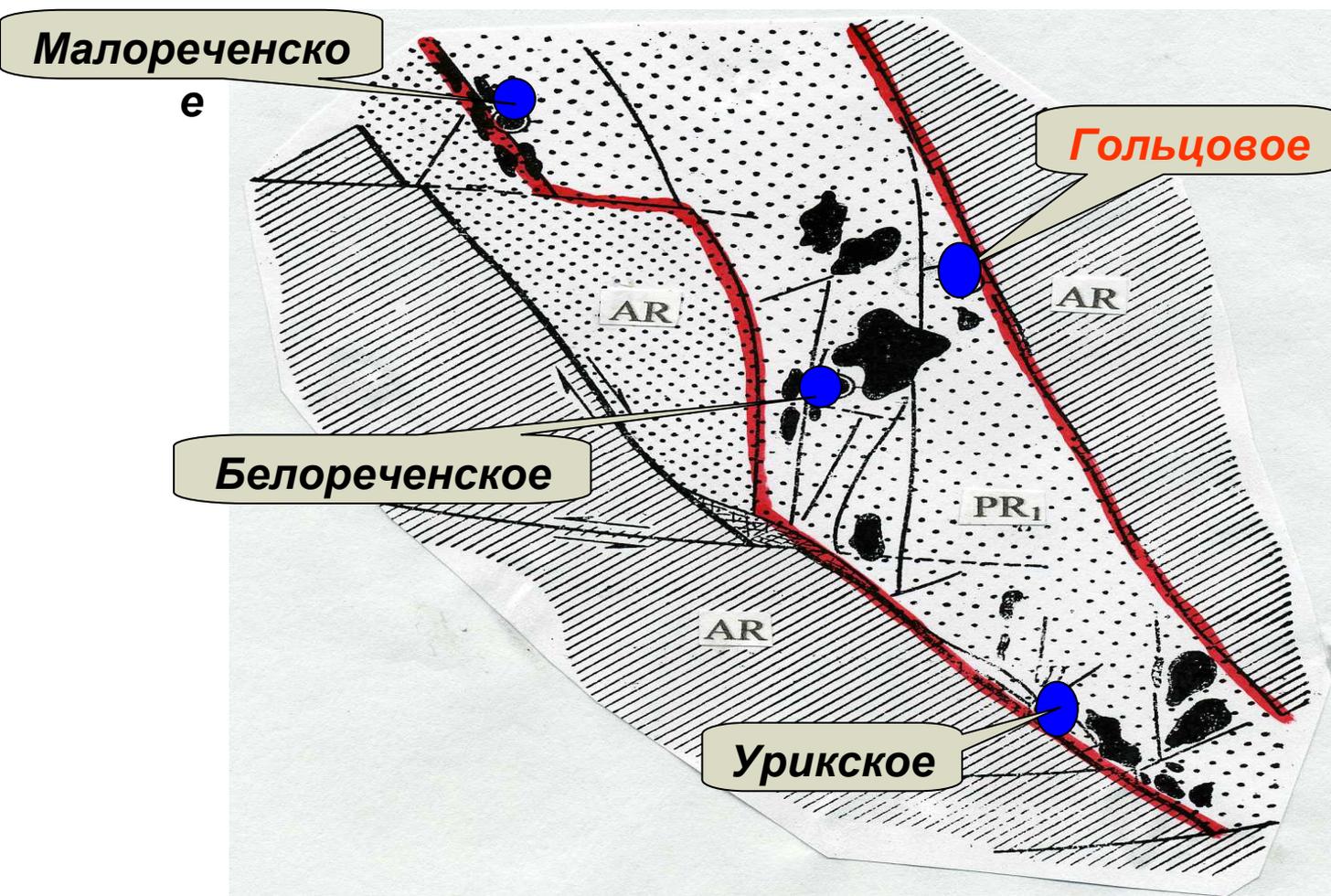
- 1) Австралия: а) суперкрупное Li-Ta-месторождение *Гринбушес* **50 млн.л.** (Partington., 1990, 1995);  
б) пегматитовые поля *Майка Крик* и *Гала-Крик* – **130 млн.л.** (Corrons, Page, 1995; Betts et al., 2006);
- 2) Пегматитовые поля *Восточно-Бразильской провинции* **35-80 млн.л.** (Viana et al., 2003; Ткачев, 2008)
- 3) Редкометалльные пегматиты *Центрально-Финского комплекса* - **60-70 млн.л.** (Svecofennian..., 2001)
- 4) Пегматиты месторождения *Квартальное* (Адуй, Урал) – **40-50 млн.л.** (Попов и др., 2009);

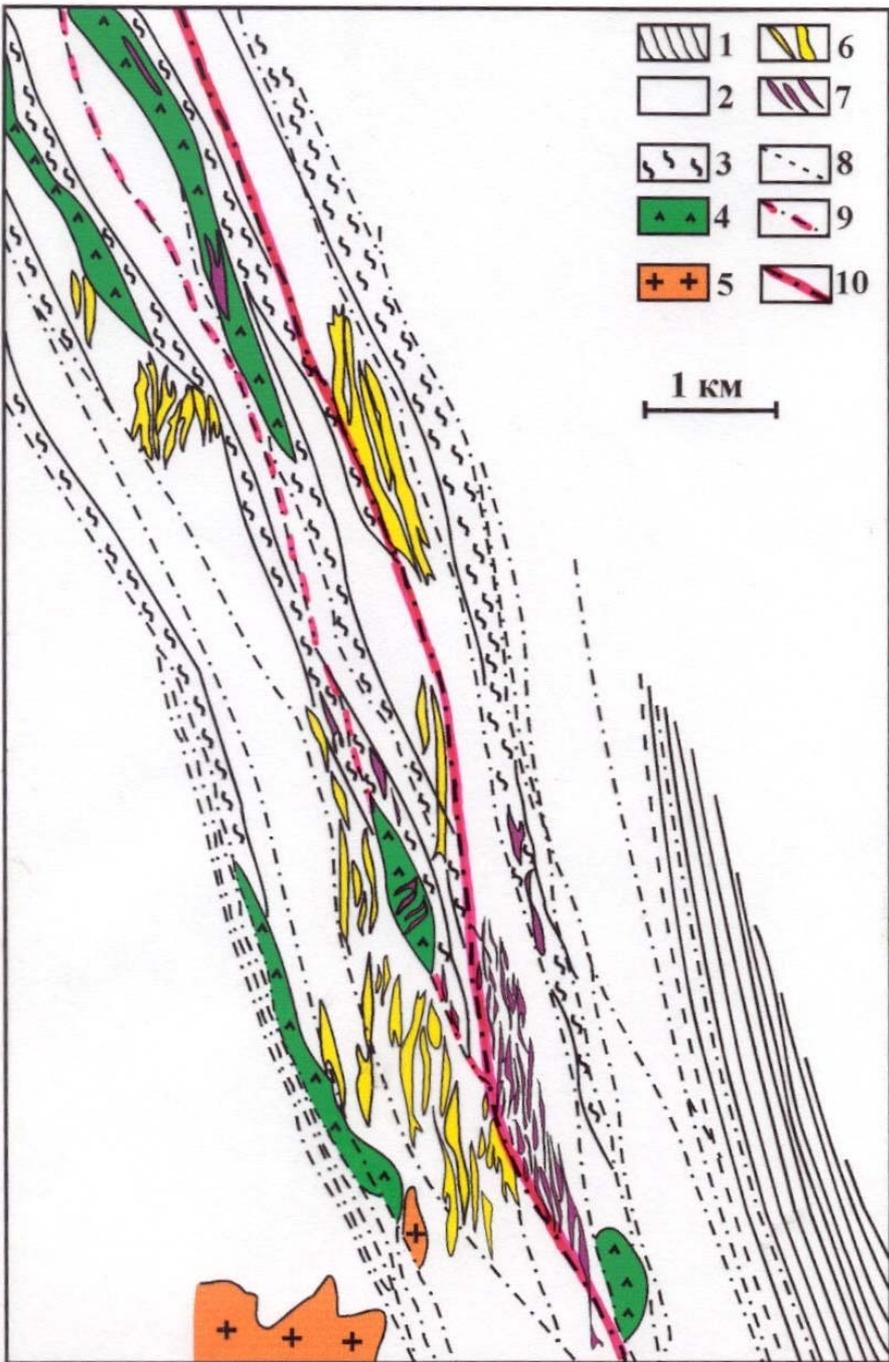




Для юго-восточной части пояса характерны высокобарические (5-3 кбар) сподуменовые пегматиты с возрастом 1,69 млрд лет (“поздний” палеопротерозой), тогда как для северо-западной - относительно низкобарические (3,5-2 кбар) петалитовые и сподумен-петалитовые пегматиты с возрастом 1,49 млрд. лет (мезопротерозой)

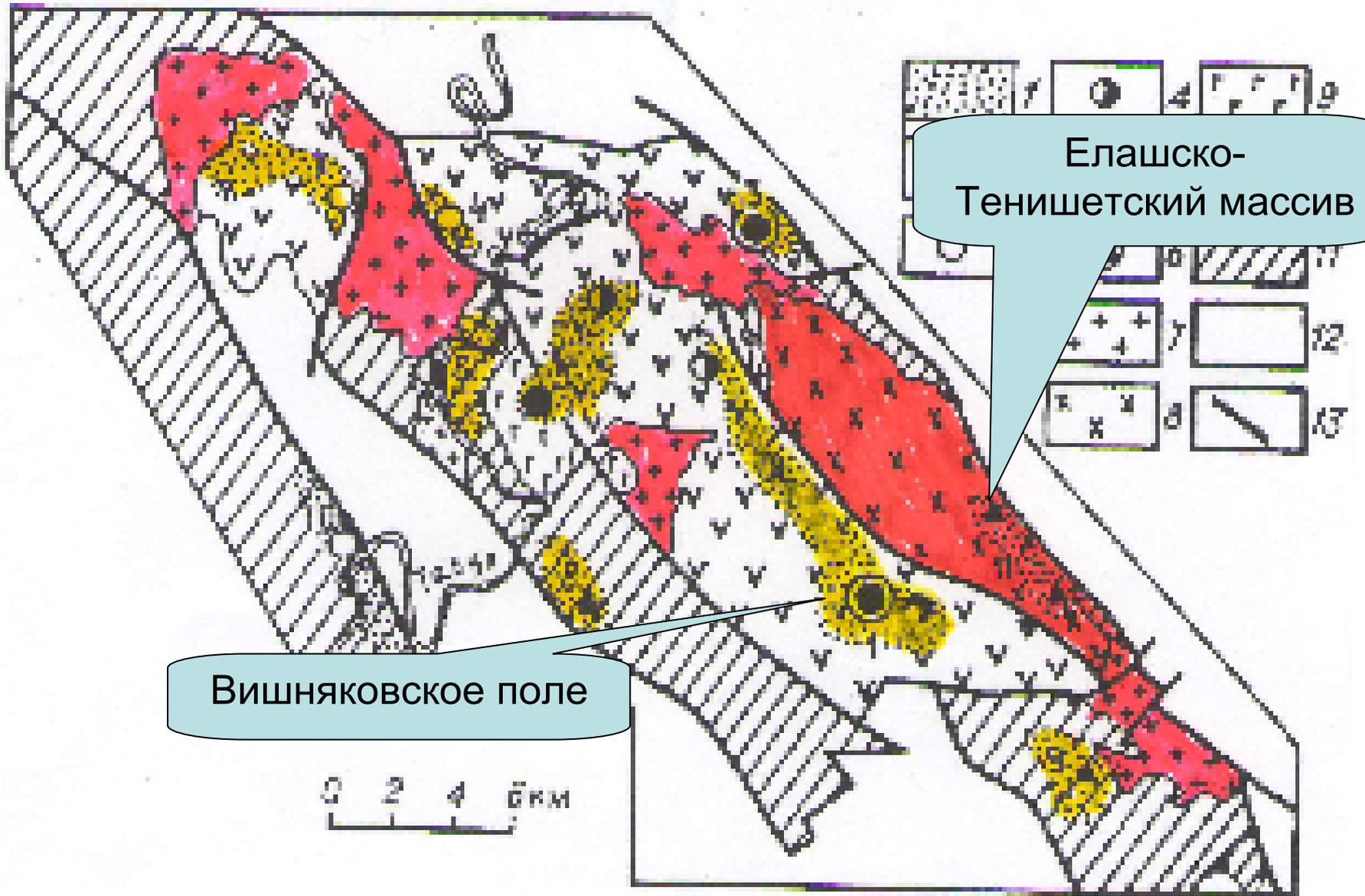
**Гольцовое поле** непосредственно примыкает к зоне глубинного разлома, ограничивающего грабен с северо-востока. Протяженность поля около 20 км при ширине около 1,5 км.



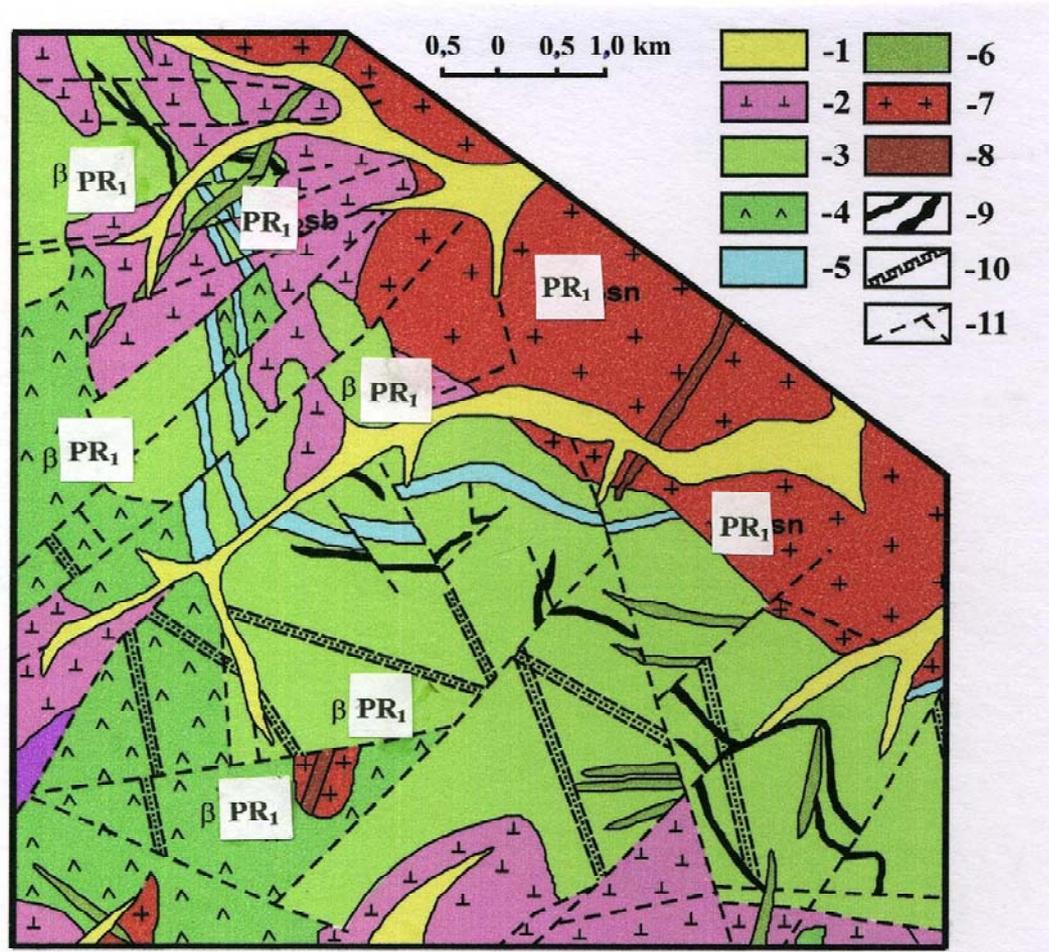


- Главные структурные элементы, контролирующие размещение пегматитов этого и других полей – многократно подновляющиеся крупные тектонические нарушения взбросо-сдвигового типа с северо-западным и меридиональным простиранием и падением на запад-юго-запад.

# Елашский грабен



# Схема геологического положения Вишняковского пегматитового поля



Возраст вмещающих пегматиты амфиболитов сублукской серии – **1,90 млрд. лет.** (Макагон и др., 2000).

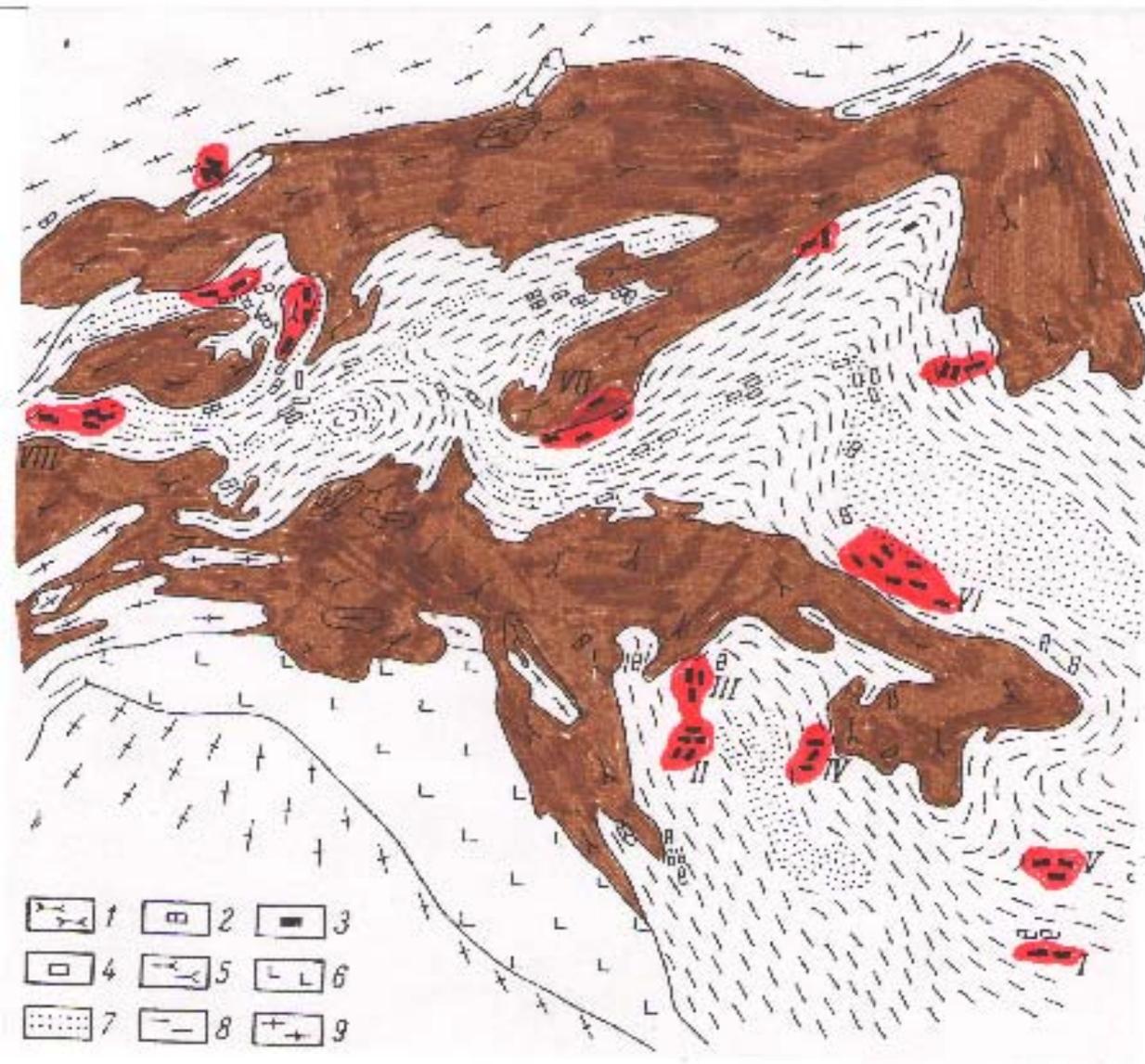
Для гранитов саянского комплекса U-Pb методом получен возраст **1,86 млрд лет** (Левицкий и др., 2002).

Rb-Sr возраст сподумен-петалитовых пегматитов и экзоконтактовых синпегматитовых метасоматитов (слюдитов) Вишняковского поля составляет **1,49 млрд лет,** (Макагон и др., 2000).

Rb-Sr возраст сподуменовых пегматитов Гольцового поля – **1,69 млрд лет** (Макагон и др., 2000).

Редкометалльные пегматиты Урикско-Ийского грабена “оторваны” от саянских гранитов на **170 млн лет,** а пегматиты Елашского грабена – на **370 млн. лет.**

# Западные Кейвы



**Возраст щелочных гранитов – 2,67 млрд лет**

**Возраст амазонитовых пегматитов – 1,67-1,7 млрд лет**

**[Костоянов, 1986; Пушкарев, 1990; Баянова, 2004; Ветрин, Родионов, 2009). Ветрин, Родионов, 2009].**

**Временной разрыв между гранитами и пегматитами - около 1 млрд лет.**

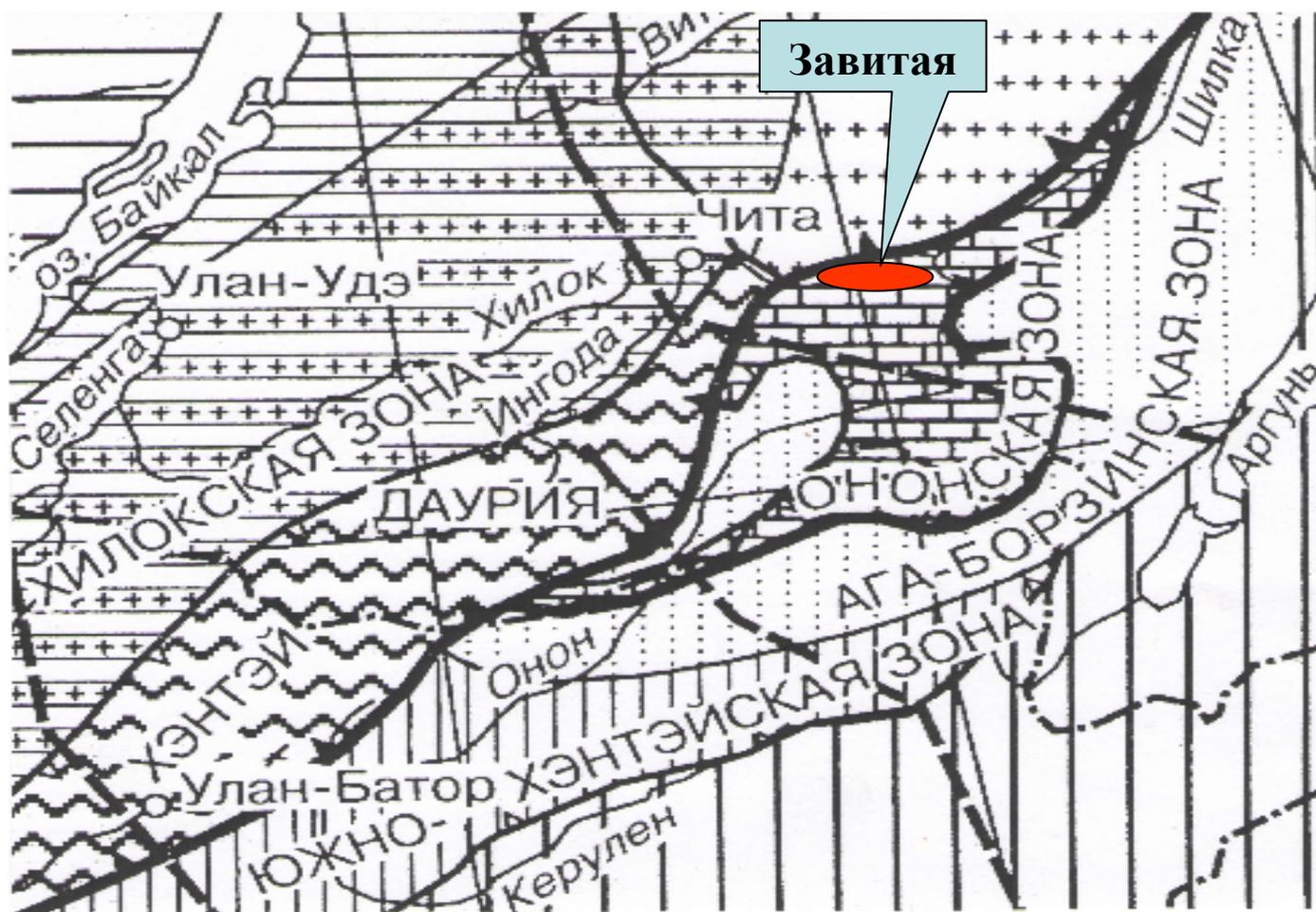
## Тип I гранитно-пегматитовых систем –

вариант *автономного пегматитового импульса* в истории магматизма пегматитоносных структур, с временным разрывом между гранитами и пегматитами от десятков до сотен млн.л.;

## Тип II гранитно-пегматитовых систем –

вариант *парагенетической связи пегматитов с гранитами при последовательном их внедрении* из одного или нескольких магматических очагов единой магматической колонны (полихронные гранитно-пегматитовые системы);

**Завитинское поле с одноименным литиевым месторождением расположено в северной краевой части Агинского массива, будучи вытянутым в субширотном направлении (~ 20x7 км) вдоль Ингодино-Шилкинской ветви Монголо-Охотской сутуры, к которой поле примыкает с юга.**



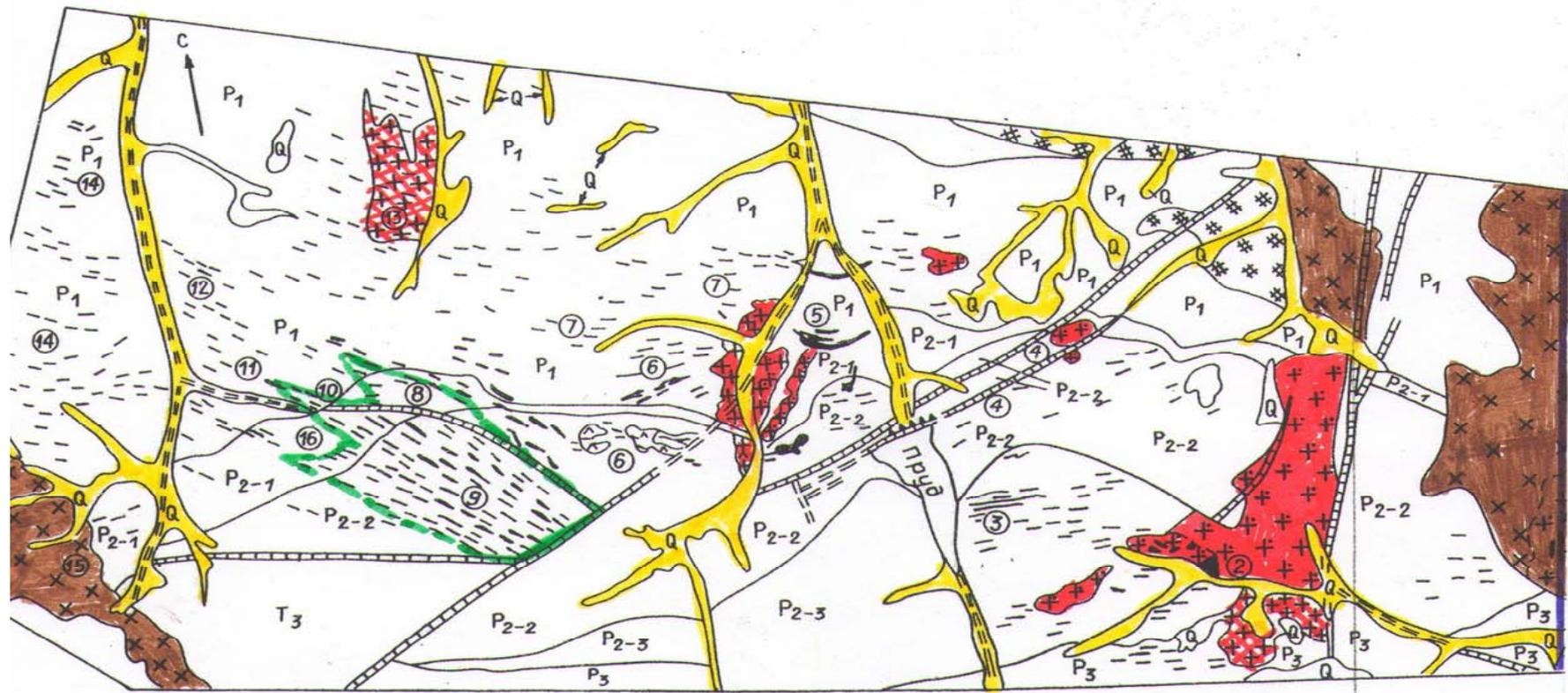
По структурно-текстурным особенностям, минеральному и химическому составам выделено три типа гранитов:

1) порфировидные амфибол-биотитовые и биотитовые граниты (адамеллиты) (**граниты 1**);

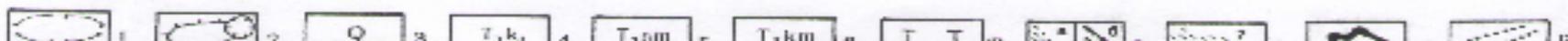
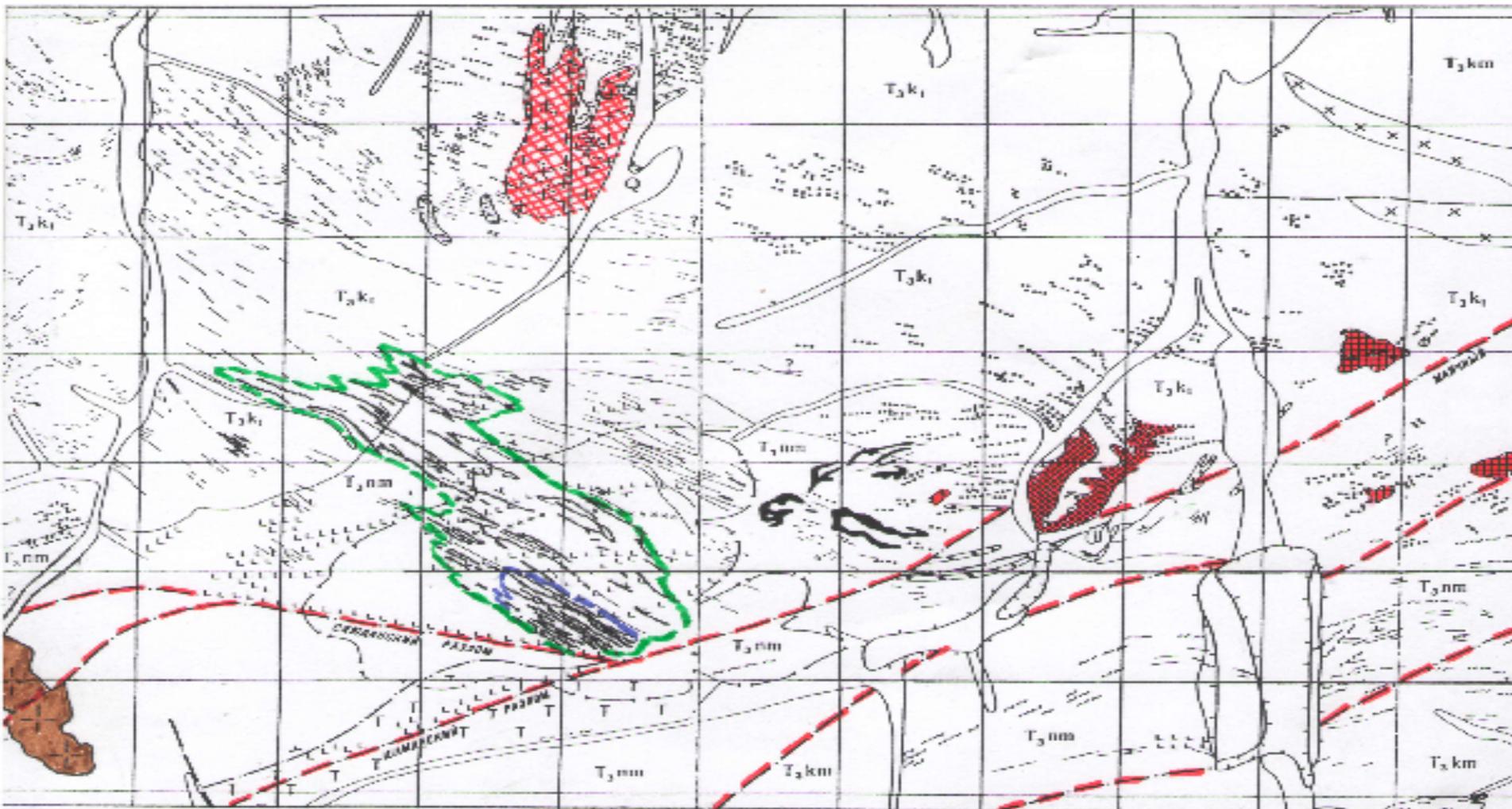
2) двуслюдяные субщелочные граниты-лейкограниты (**граниты 2**);

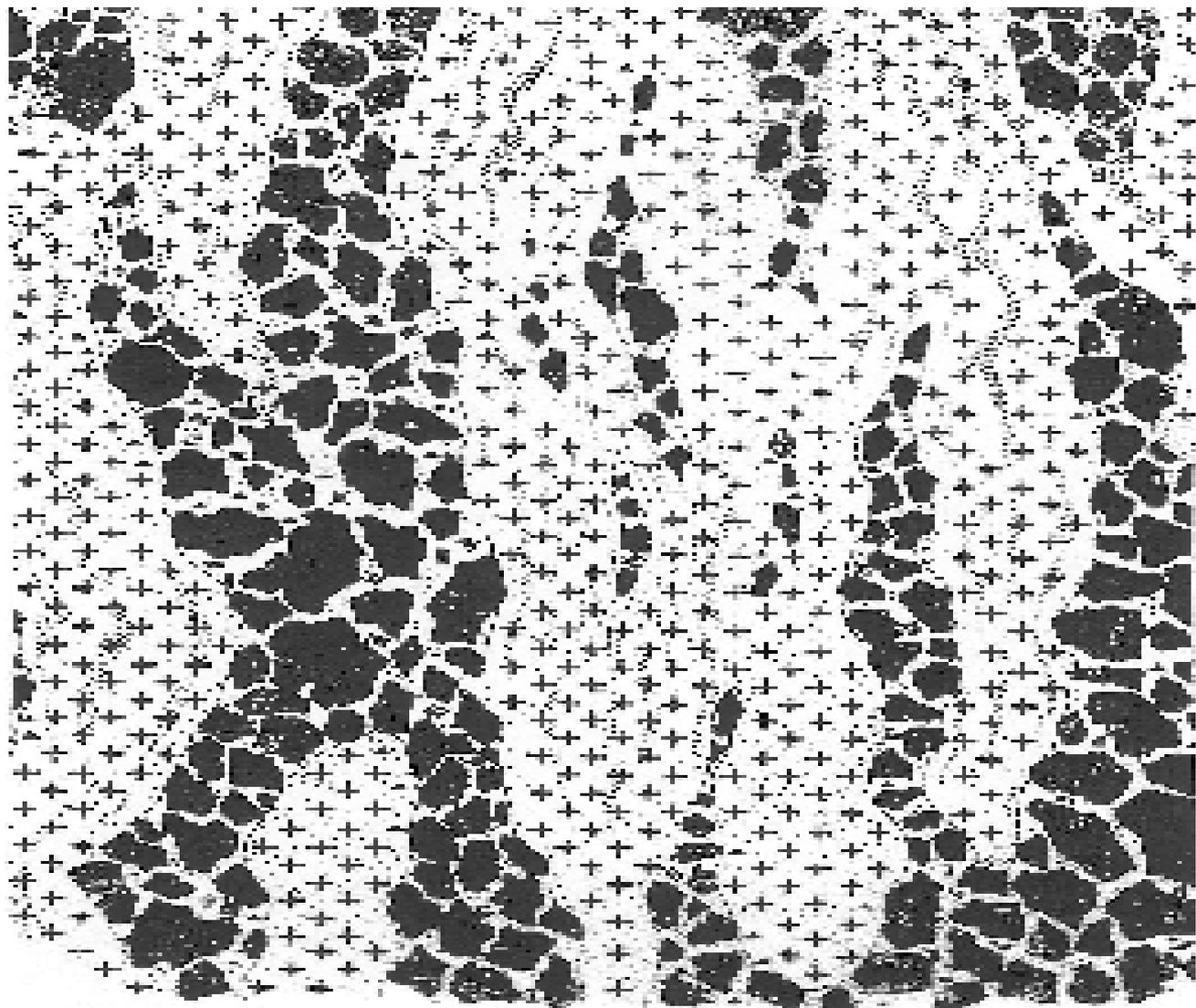
3) мусковитовые (иногда двуслюдяные) субщелочные граниты-лейкограниты с гранатом (**граниты 3**).

**Граниты 1** образуют относительно крупные тела (массивы) на западном и восточном флангах пегматитового поля. Непосредственных геологических их взаимоотношений с другими типами гранитов не установлено.



**Граниты 2 и 3** образуют относительно мелкие штокообразные тела либо совместно с гранит-пегматитами слагают тела очень сложного строения.

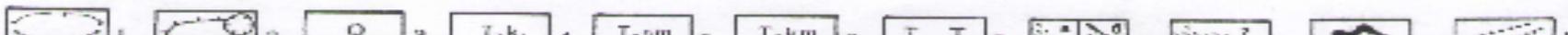
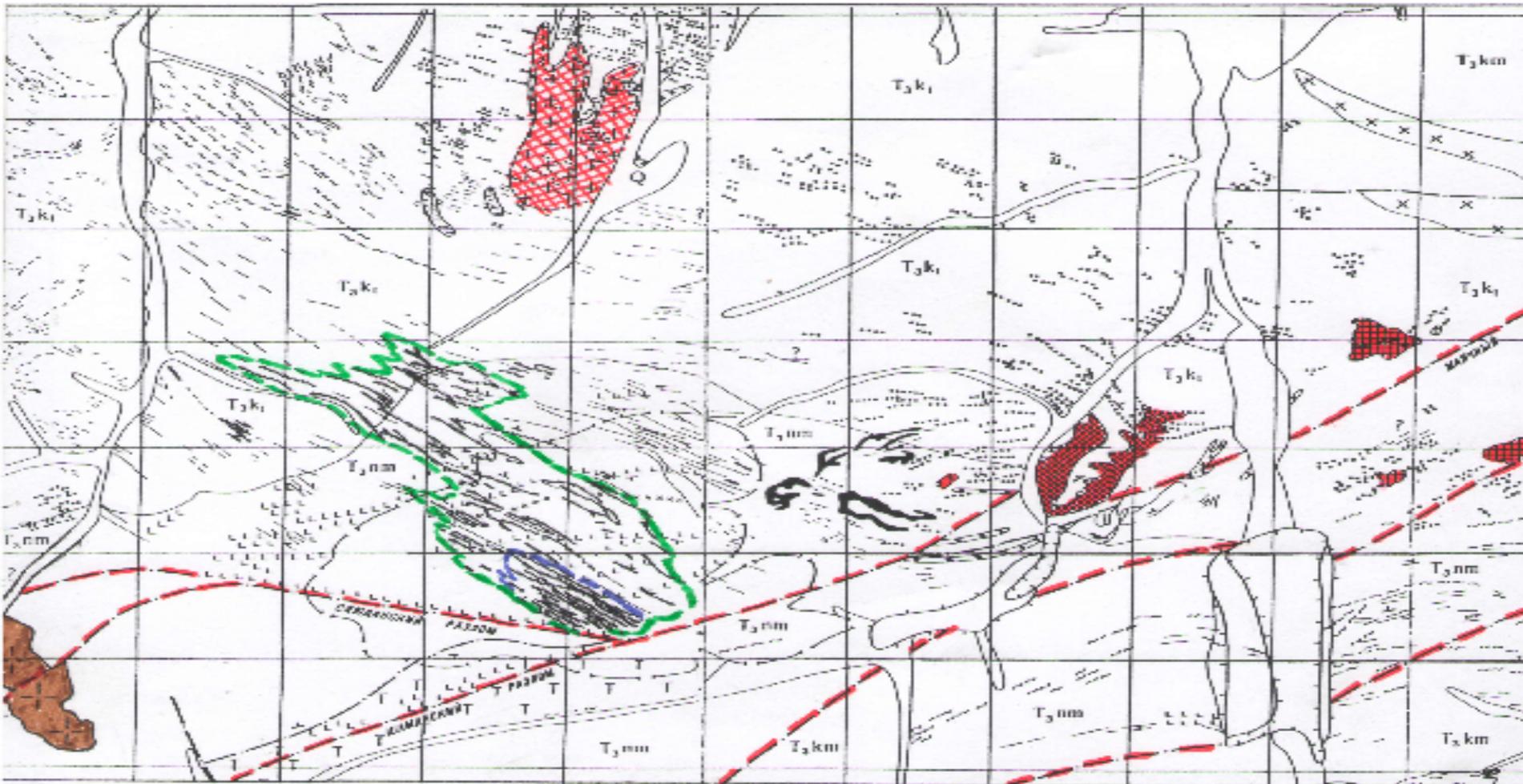




D



**Сподумен-альбитовые пегматиты IV типа** образуют “свиту” сближенных жил длиной около 2,5 км “Свита” жил круто падает на северо-восток (в сторону глубинного разлома), под расположенный над ней “этаж”, насыщенный лейкогранитами, практически безрудными и умеренно редкометалльными (Be, Sn) пегматитами



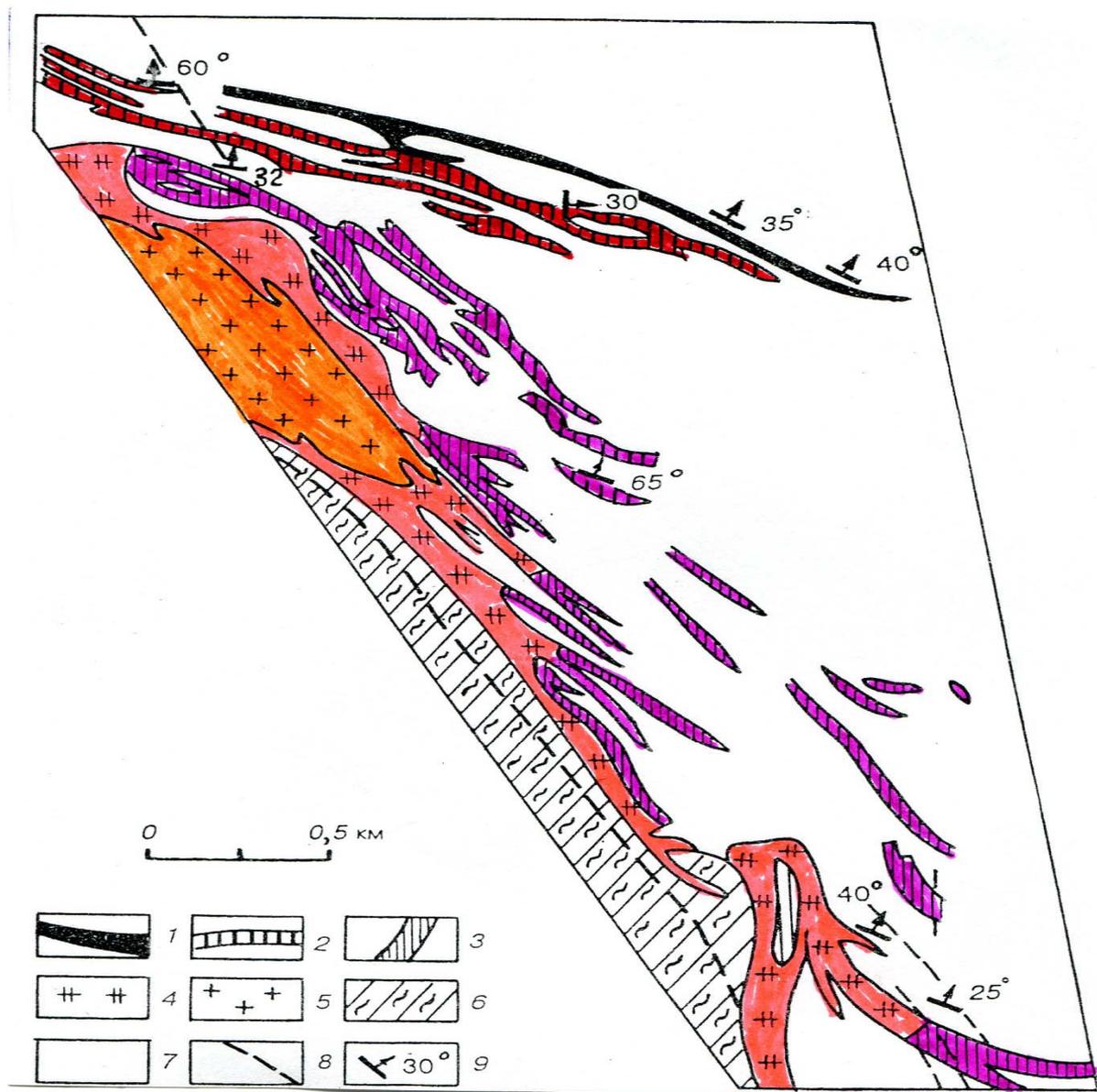




**Выявлены значительные временные разрывы (от 7 до 22 млн лет) между всеми типами гранитов и пегматитов, за исключением мусковитовых лейкогранитов и безрудных пегматитов, имеющих практически одинаковый возраст. Минимальный отрыв сподуменовых пегматитов от гранитов и безрудных пегматитов – 10 млн.л. (Загорский, Бескин, Шокальский, 2011)**

<b>Породы</b>	<b><i>U-PB- возраст</i></b>	<b><i>Временной разрыв</i></b>
<b>Биотитовый гранит 1</b>	<b>169. 0 млн. л.</b>	
		<b>22 млн. л.</b>
<b>Двуслюдяной гранит 2</b>	<b>147. 0 млн. л.</b>	
		<b>7 млн. л.</b>
<b>Мусковитовый лейкогранит 3</b>	<b>140. млн. л.</b>	
<b>Безрудный пегматит</b>		<b>10 млн. л.</b>
<b>Сподуменовый пегматит</b>	<b>129. 6 млн. л.</b>	

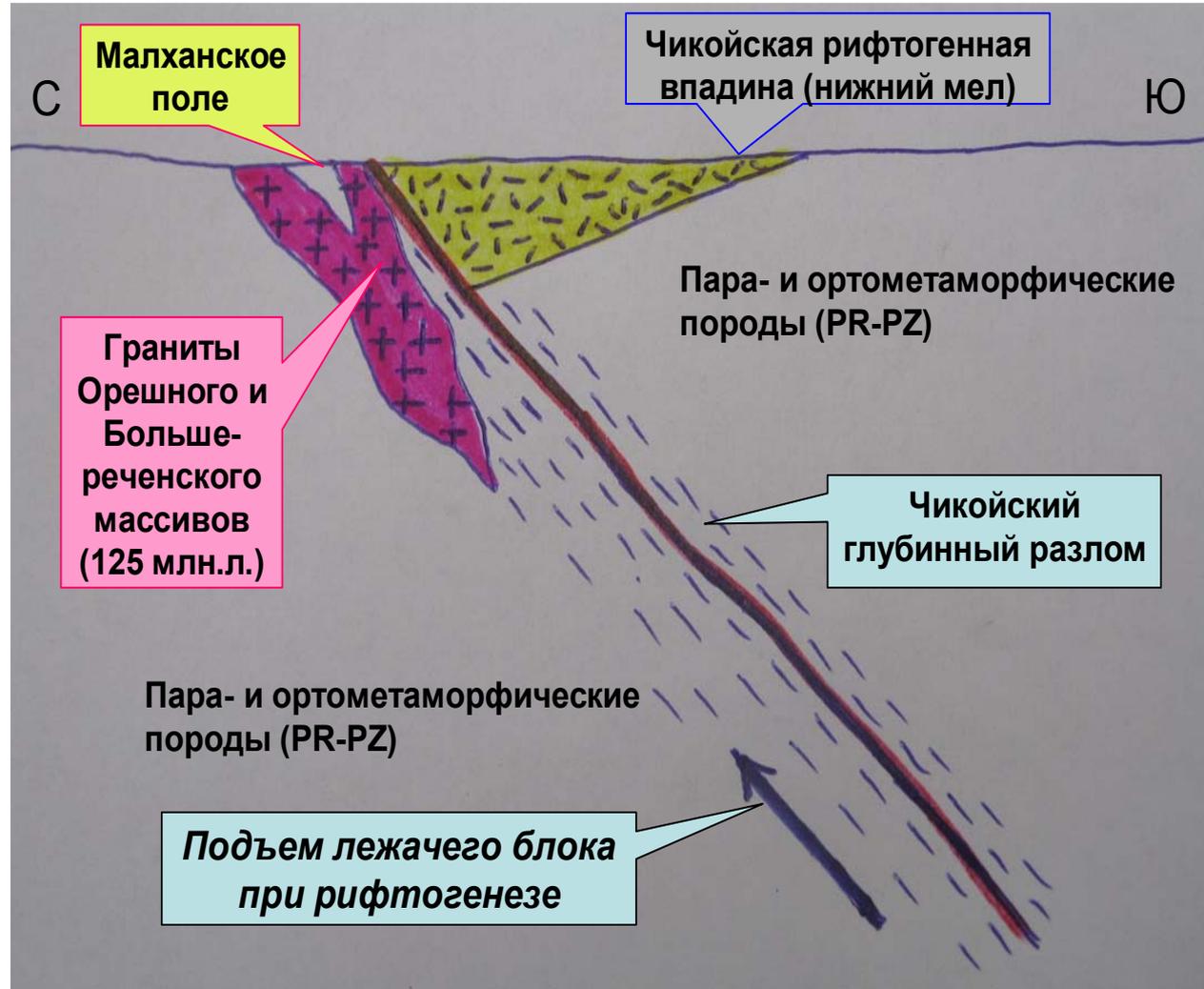
**Тип III гранитно-пегматитовых систем** – *вариант генетической связи*, когда расплавы гранитов и пегматитов, являясь продуктами *эволюции кислой магмы в глубинных магматических очагах*, внедряются на более высокие уровни коры совместно





Малханская  
гранитно-  
пематитовая  
система  
сформировалась  
на начальном  
этапе  
нижнемелового  
(125 млн.л.)  
рифтогенеза,  
одновременно с  
формированием  
Чикойской  
впадины

the Malghan granite-pegmatite system at the initial stage



Возраст гранитно-пегматитовой системы - 125 млн лет



Пегматиты

Двуслюдяные лейкограниты

Биотитовые граниты

## **Тип IV гранитно-пегматитовых систем -**

*вариант прямой генетической связи с образованием небольших объемов преимущественно сингенетических пегматитов в результате внутрикамерной дифференциации гранитной магмы на уровне становления массивов, т.е. в процессе их кристаллизации.*

В ряду от IV к I типу систем возрастают:

- а) масштабы процессов пегматитообразования;
- б) роль глубоко проникающих тектонических структур;.
- в) влияние процессов мантийно-корового взаимодействия;
- г) роль процессов флюидно-магматической дифференциации в коровых магматических очагах;
- д) гетерогенизация расплавов по составу в надликвидусных условиях.

Петрогенетическая роль кристаллизационного фракционирования, наоборот, снижается.



Спасибо за внимание