



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



**Геологический факультет**  
**Воронежское отделение Российского минералогического общества**

**Материалы научных докладов годичного собрания**

**Воронежского отделения Российского минералогического общества**

**Воронеж**

2013 г.

УДК 549.01:549.02:549.08

**Материалы научных докладов годового собрания Воронежского отделения Российского минералогического общества. Воронеж. ФГБОУ ВПО ВГУ. 125 с.**

Тезисы докладов не проходили рецензирования и представлены в авторской редакции.

## Оглавление

1. Комплексное освоение месторождений цветных и благородных металлов Воронежского региона в условиях экологических ограничений	
<b>Н.М. Чернышов</b>	<b>4</b>
2. Палеопротерозойские граниты востока Воронежского кристаллического массива: геохимия и возраст	
<b>Н.С. Базиков</b>	<b>35</b>
3. Породные ассоциации Вязовского массива и их минералого-петрографические и петрохимические особенности	
<b>Т.В. Белькова</b>	<b>60</b>
4. Оруденение в ультраосновных-основных метапородах Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса КМА	
<b>Е.М. Боброва</b>	<b>70</b>
5. Геологическое строение и петрографическая характеристика покровных базальтов Покрово-Киреевского массива (Днепровско-Донецкий авлакоген)	
<b>Е.А. Гурина</b>	<b>82</b>
6. Благороднометалльное оруденение коры выветривания железистых кварцитов КМА	
<b>М.М. Понамарева</b>	<b>98</b>
7. Геохимия датированных цирконов из мезоархейских метапород Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса Курского блока Сарматского сегмента Восточно-Европейского кратона по данным вторично-ионной масс-спектрометрии	
<b>М.В. Рыборак, А.Ю. Альбеков</b>	<b>108</b>

# **КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ВОРОНЕЖСКОГО РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

**Н.М. Чернышов**

[petrology@list.ru](mailto:petrology@list.ru)

Рассмотрены экологические аспекты освоения палеопротерозойских сульфидных кобальт-медно-никелевых месторождений восточной части Воронежской области. Предложены основные технические решения по отработке Еланского месторождения: вскрытие месторождений на всю глубину разведанных запасов двумя стволами шахт; проходка стволов через обводненную толщу осадочных пород с замораживанием; наличие предохранительного рудного целика мощностью порядка 50 м, защищающего рудник от проникновения вод осадочного чехла. Отработка месторождения осуществляется камерной системой восходящим (снизу вверх) порядком с буровзрывной отбойкой. Технология обогащения (на обогатительной фабрике) – флотационная; используется технология сгущения отходов обогащения – хвостов с замкнутым циклом водоснабжения по схеме: обогатительная фабрика → узел сгущения хвостов → обогатительная фабрика; сгущенные полностью хвосты используются для приготовления закладочного материала. Рассмотрен комплекс мероприятий по экологии, геолого-геофизическим работам, археологии, информационному сопровождению, программе социального обеспечения и сопровождения проекта.

## **INTEGRATED DEVELOPMENT OF NONFERROUS AND PRECIOUS METALS DEPOSITS IN THE VORONEZH REGION UNDER ENVIRONMENTAL RESTRICTIONS**

**N.M. Chernyshov**

Consider environmental aspects of Paleoproterozoic sulfide cobalt-copper -nickel deposits eastern part of the Voronezh region . Basic technical solutions proposed to developing of deposit Elanskoe : opening the entire depth of field proven reserves two shafts , shaft sinking through the aquifer thickness of sedimentary rocks with freezing ; incorporate an ore pillar capacity of about 50 m , which protects against the ingress of mine water sedimentary cover . Testing is carried out field camera system ascending ( upward) with drilling and blasting procedures breaking . Enrichment technology ( at the concentrator ) - flotation , thickening technology is used tailings - tails closed-loop water supply scheme : concentrating factory - > node thickening tailings -> concentrator ; fully condensed tails are used for making packing material . The complex of measures on environmental, geological and geophysical work , archeology, information support , welfare program and project support.



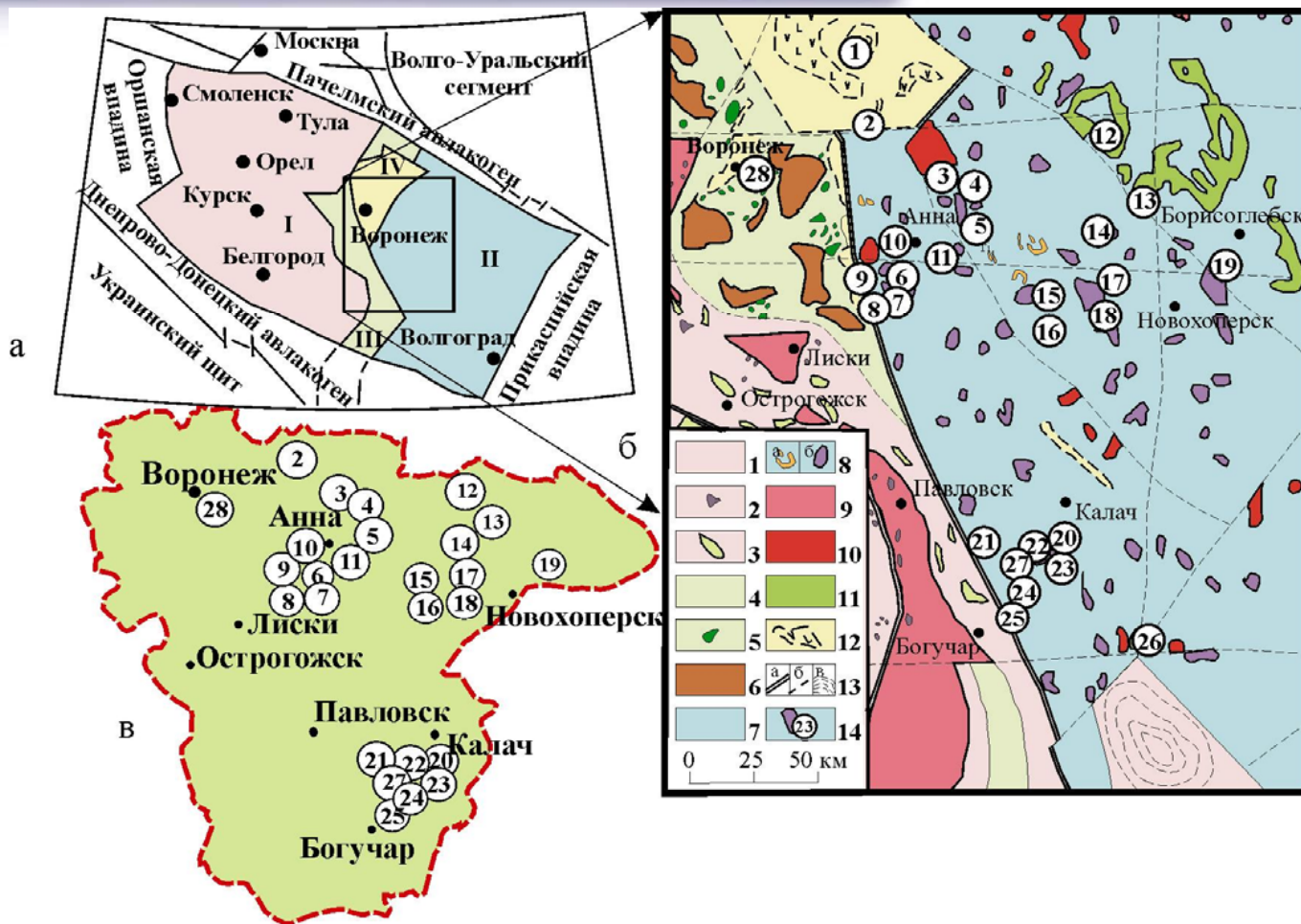
# Комплексное освоение месторождений цветных и благородных металлов Воронежского региона в условиях экологических ограничений

Чл.-корр. РАН, проф. Н.М.Чернышов

Воронежский государственный университет



# СТРУКТУРЫ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА И ПОЛОЖЕНИЕ СУЛЬФИДНЫХ ПЛАТИНОИДНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ



**Месторождения, рудопроявления и потенциально перспективные участки сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд**



- 2 - Шукавский; 3 - Садовский;  
4 - Восточно-Садовский; 5 - Моховской;  
6 - Шишовский; 7 - Астаховский;  
8 - Песковатский; 9 - Икорецкий;  
10 - Рябиновско-Большемартыновский;  
11 - Аннинский; 12 - Новогольский;  
13 - Жердевский; 14 - Троицкий;  
15 - Елань-Колоновский;  
16 - Центральный; 17 - Еланский;  
18 - Елkinский; 19 - Уваровский;  
20 - Ширяевский;  
21 - Нижнемамонский;  
22 - Артюховский; 23 - Бычковский;  
24 - Юбилейный; 25 - Подколodновский;  
28 - Воронежский



Ресурсы и запасы по различным сульфидным платиноидно-медно-никелевым месторождениям Воронежской области

Типы	Ni, т	Cu, т	Co, т	Pt+Pd, т	Au, т	Ag, т
Еланский тип	4 млн.	500 тыс.	450 тыс.	200	240	>700
Мамонский тип	700 тыс.	355 тыс.	52 тыс.	72	-	-
Елань-Коленовский малосульфидный и новогольский типы	>4.5 млн.	>3.5 млн.	180 тыс.	~800	-	-
Итого	9 млн. 200 тыс.	4.4 млн.	~680 тыс.	1702	240	>700

Сравнение цен на цветные и благородные металлы в феврале и мае 2012 года

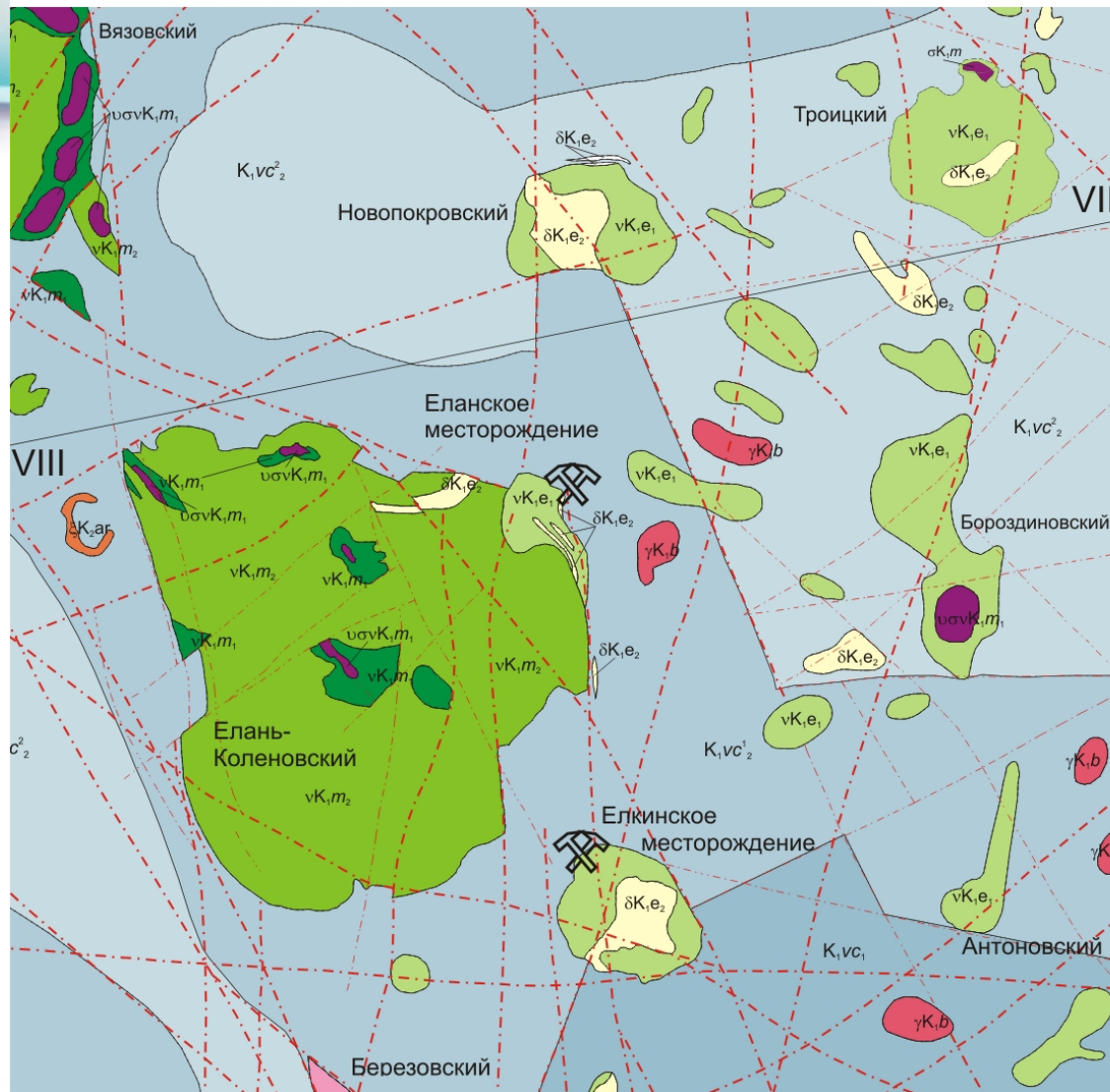
Металл	15.02.2012	23.05.2012
Ni	\$20201/т	\$16800/т
Cu	\$8380/т	\$7554/т
Co	\$30600/т	\$30500/т
Pt	\$52/г	\$46/г
Pd	\$22/г	\$19/г
Au	\$55/г	\$50/г



# СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЕЛАНСКОГО И ЁЛКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Авторы: Чернышов Н.М., Кривцов И.И., Молотков С.П. и др.

Масштаб 2км 0 1 2 4км



## Условные обозначения

### Супракrustальные образования воронцовская серия

$K,vc_2^2$

Верхняя толща. Верхняя пачка. Сланцы, метапесчаники, туфопесчаники с преобладанием туфопесчаников и сланцев, туфы, туффиты.

$K,vc_2^1$

Верхняя толща. Нижняя пачка. Ритмичное переслаивание сланцев и метапесчаников с преобладанием первых.

$K,vc_1$

Нижняя толща. Ритмичное переслаивание метапесчаников, часто углеродистых, с маломощными прослоями филлитовидных сланцев. На участках глубокого метаморфизма породы превращены в гнейсы графитовые, биотит-плаггиоклазовые, двуслюдяные, гранат-биотитовые, гранат-кордиеритовые

### Плутонические породы

$\xi K,ar$

Артошковский комплекс, щелочно-сиенитовый. Малые дайки: сиениты пироксен-рибекитовые, сиенит-порфиры с ксенолитами субщелочных пироксенитов.

$\gamma K,b$

Бобровский комплекс, гранитный автохтонный. Граниты микроклин-плаггиоклазовые, биотитовые, часто мусковитизированные, плаггиограниты, жилы пегматитов.

$\delta K,e_2$

Еланский комплекс малых гипабиссальных интрузий, норит-диоритовый.

$vK,e_1$

Первая фаза: нориты с ксенолитами ультрамафитов, габбронориты, габбро роговообманковое, ортопироксениты, норит-порифириты. Вторая фаза: диориты, кварцевые диориты, габбро-диориты (иногда с ксенолитами норитов).

$vK,m_2$

Мамонский комплекс перидотит-пироксенит-габбро-норитовой формации.

$vK,m_1$

Первая фаза: перидотиты (аподунитовые серпентиниты), оливиновые ортопироксениты и вебстериты, оливиновые габбронориты (троктолиты) и габбро-нориты в ритмичном переслаивании с непостоянным набором и мощностью кумулатов в ритме. Вторая фаза: оливиновые габбродиориты (ортоклаз-оливиновые габбронориты), биотит-амфиболовые габбронориты, амфиболовое габбро (с ксенолитами перидоттов, пироксенитов).

$vK,m$

Тектонические нарушения (разломы и зоны) различного порядка

$\xi K,ar$

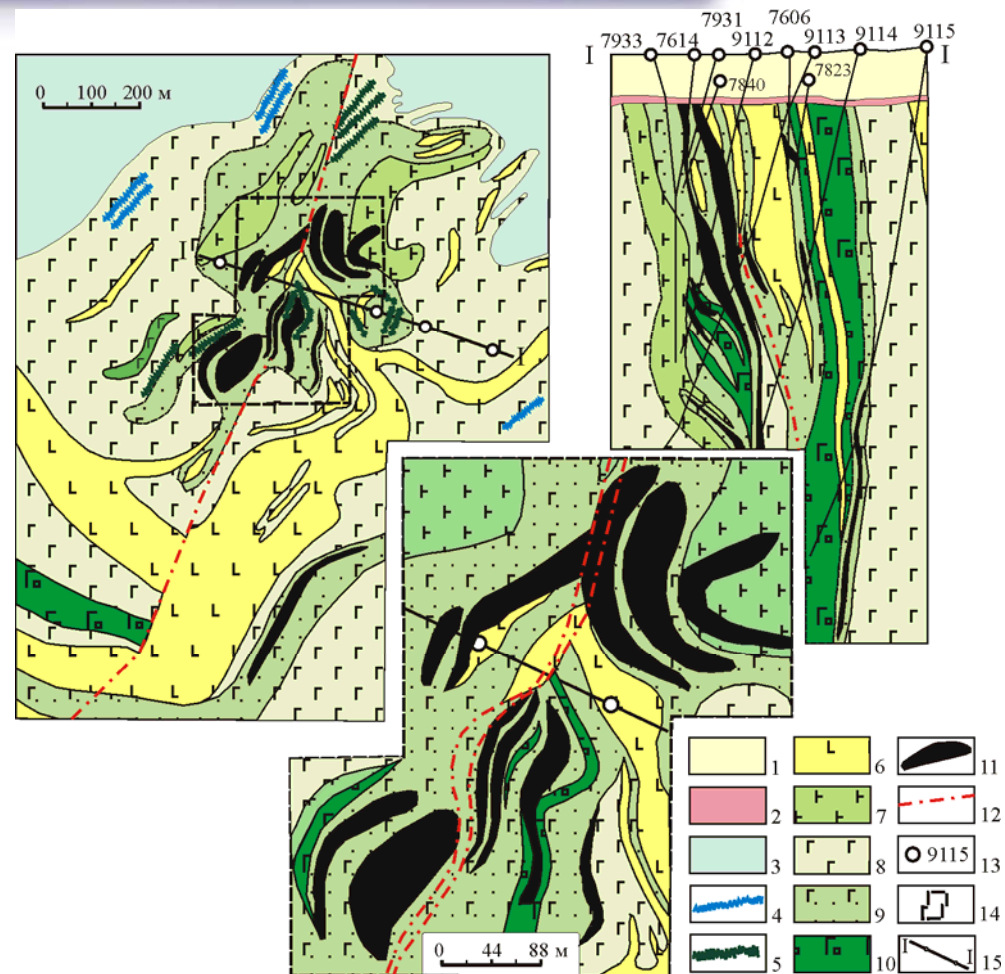
Месторождения

VIII-VIII

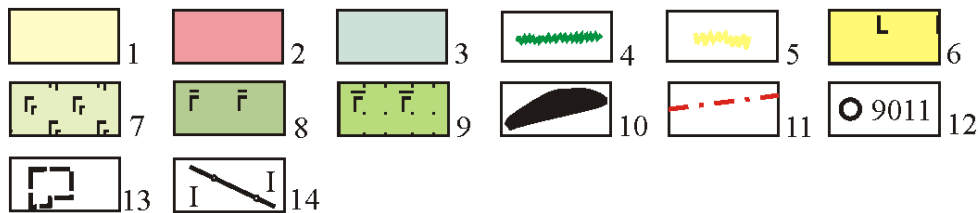
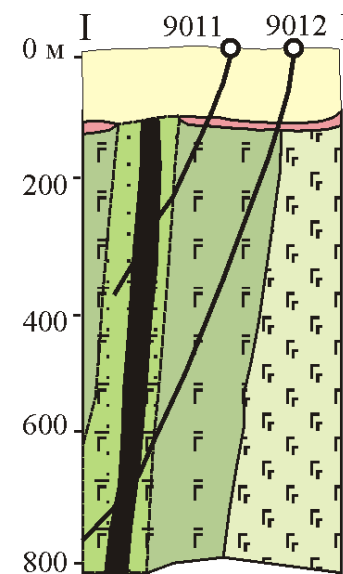
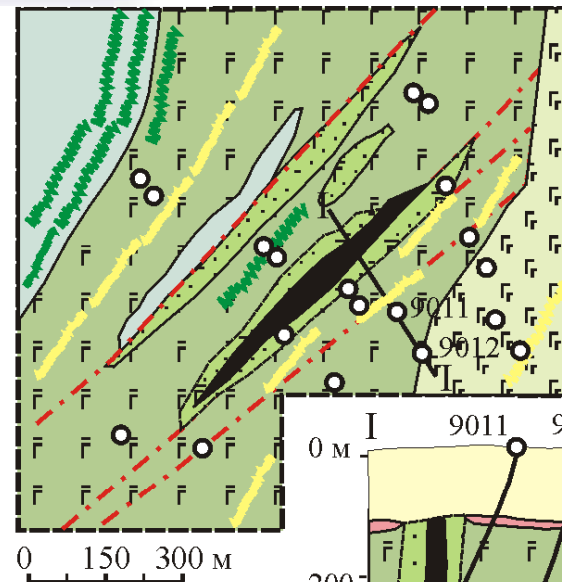
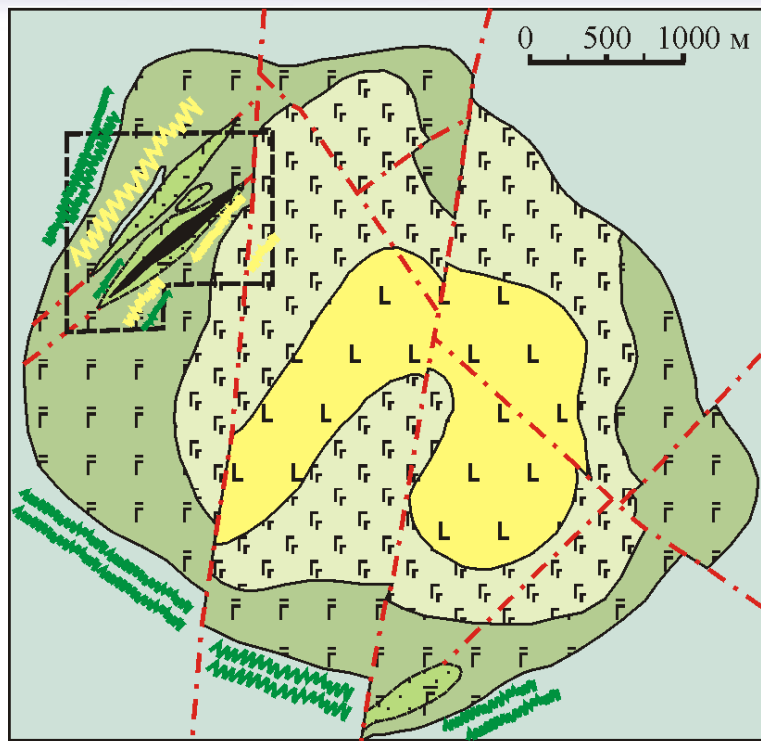
Линия геологического разреза



# Геологическая карта Еланского месторождения



# Геологическая карта Елкинского месторождения



## Морфологические показатели рудоносных зон Еланского месторождения

Рудоносная зона	Длина по, м		Средняя мощность, м	Средний угол падения, град.	Средняя мощность рудных тел, м
	простирацию	падению			
1	420	1100	66	80	15,3
2	450	1100	68	79	12,4
3	670	1100	24	78	10,4
4	400	1100	20	78	10,0
5	400	1100	20	78	10,0



Содержание рудообразующих элементов и величины их отношений в сульфидно-никелевых рудах Еланского месторождения, мас. %

Типы руд	n	S	Ni	Co	Cu	S/Ni	Ni/Cu	Ni/Co	$\frac{S}{Ni+Co+Cu}$	В 100% сульфидов			
										Fe	Ni	Co	Cu
Вкрапленные	42	4,02	<b>1,31</b>	<b>0,04</b>	<b>0,14</b>	3,07	<b>9,36</b>	32,93	2,7	47,92	<b>12,36</b>	0,38	1,32
Гнездово-вкрапленные	17	12,87	<b>5,48</b>	<b>0,25</b>	<b>0,19</b>	2,35	<b>28,84</b>	23,92	2,2	44,42	<b>16,18</b>	0,74	0,56
Массивные	11	24,82	<b>8,01</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	3,10	<b>114,4</b>	42,16	3,0	49,34	<b>12,26</b>	0,29	0,11



## Геологические запасы и ресурсы Еланского месторождения

Рудоносная зона	Категория	Руда, млн. т	Средние содержания, %			Запасы металлов, тыс. т			Соотношение, %
			Ni	Cu	Co	Ni	Cu	Co	
1	C2	41.1	1.03	0.11	0.03	<b>422.9</b>	<b>45.2</b>	<b>12.3</b>	
2	C2	17.8	0.75	0.11	0.02	<b>133.3</b>	<b>19.5</b>	<b>3.6</b>	
	P1	9.7	0.75	0.11	0.02	73.1	10.7	1.9	
	C2+P1	27.5	0.75	0.11	0.02	206.4	30.2	5.5	
3	C2	6.3	1.18	0.12	0.02	75.0	7.6	1.3	
	P1	11.7	1.18	0.12	0.02	137.6	14.0	2.3	
	C2+P1	18.0	1.18	0.12	0.02	212.6	21.6	3.6	
<b>1+2+3</b>	<b>C2</b>	<b>65.2</b>	<b>0.97</b>	<b>0.11</b>	<b>0.03</b>	<b>631.2</b>	<b>72.3</b>	<b>17.2</b>	<b>53.8</b>
	P1	21.4	0.98	0.12	0.02	210.7	24.7	4.2	18.0
	C2+P1	86.6	0.97	0.11	0.025	841.9	97.0	21.4	71.8
<b>4+5</b>	P2	33.4	0.99	0.11	0.02	330.0	37.0	6.7	28.2
<b>Всего</b>	<b>C2+P1+P2</b>	<b>120.0</b>	<b>0.98</b>	<b>0.11</b>	<b>0.023</b>	<b>1171.9</b>	<b>134.0</b>	<b>28.1</b>	<b>100.0</b>



## Геологические запасы и ресурсы богатых руд Еланского месторождения

Рудная зона	Категория	Руда, млн. т	Средние содержания, %			Запасы металлов, тыс. т			Соотношение, %
			Ni	Cu	Co	Ni	Cu	Co	
1	C2	11.6	2.28	0.17	0.05	264	19.7	5.8	36
2	C2	3.2	1.91	0.15	0.03	62	4.8	1.0	9
3	C2	4.3	1.59	0.10	0.02	68	4.3	0.8	9
<b>Итого</b>	C2	19.1	2.06	0.15	0.04	<b>394</b>	<b>28.9</b>	<b>7.6</b>	<b>54</b>
<b>Итого</b>	P1	6.3	2.10	0.16	0.03	132	9.9	1.8	18
<b>Итого</b>	C2+P1	25.4	2.07	0.15	0.04	526	38.8	9.4	72
<b>4+5</b>	P2	9.8	2.10	0.15	0.03	206	14.8	2.9	28
<b>Итого</b>	C2+P1+P2	<b>35.2</b>	<b>2.08</b>	<b>0.15</b>	<b>0.035</b>	<b>732</b>	<b>53.6</b>	<b>12.3</b>	100



## Ресурсы попутных полезных компонентов Еланского месторождения

Рудная зона	Категория	Руда, млн. т	Средние содержания, г/т			Ресурсы металлов, т		
			Pt	Au	Ag	Pt	Au	Ag
<b>1+2+3</b>	P1	65.2	0.35	0.22	3.4	22.8	14.3	361
	P2	21.4	0.35	0.22	3.4	7.5	4.8	71
	P1+P2	86.6	0.35	0.22	3.4	30.3	19.1	372
<b>4+5</b>	P2	33.4	0.35	0.22	3.4	11.7	7.3	114
<b>Всего</b>	P1+P2	120.0	<b>0.35</b>	<b>0.22</b>	<b>3.4</b>	<b>42.0</b>	<b>26.4</b>	<b>486</b>





# Экологические ограничения добычи и производства концентрата



## Экологические ограничения

**Расположение Еланского и Елкинского месторождений в пределах Новохоперского района с известными природными объектами, определяет необходимость решения многих проблем добычи руд и получения концентрата в условиях жестких экологических ограничений**



## Экологические ограничения

- Руды Еланского месторождения располагаются на глубине 250-300 м под осадочным чехлом, что требует исключительно шахтного способа отработки.
- Осадочный чехол, перекрывающий месторождения, содержит 6 водоносных горизонтов (с водопритоком  $> 3000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ), в том числе – основного источника водоснабжения вод плиоценового горизонта и залегающих непосредственно над рудными телами рассолов, с содержанием около 70 г/л разных элементов, прежде всего брома и йода.



## Экологические ограничения

- **Сложные гидрогеологические условия требуют особой технологии прохождения шахт, закладки выработанных пространств и специального водоотвода.**
- **Создание современных водоотводящих систем для утилизации технических вод, связанных с прохождением шахт (цементация, замораживание), добычей руд, производством концентрата и сохранения вод р. Елань, Савала, Хопер, Дон.**



## Экологические ограничения

- Разработка специальных мероприятий по утилизации рассолов, возможному извлечению брома и йода.
- Перевод значительных площадей из статуса сельскохозяйственных в земли промышленного назначения, с перемещением плодородного слоя почвы.



## Экологические ограничения

- **Выбор и оборудование специальных экранирующих площадок для складирования отходов – хвостов обогащения и их последующего использования в качестве закладочного материала для отработанных пространств.**
- **расположение месторождений в зоне глубинного Шумилинско-Новохоперского разлома, к которому тяготеет ряд местных землетрясений (магнитуда до 1,5-2)**



## Экологические ограничения

- Наличие (по предварительным данным) в пределах Елань-Елкинского рудного района около 50 древних курганов и не менее 10 поселений эпох от бронзы до средневековья.
- В Новохоперском районе обитает ряд видов животных и растений, включенных в Красную Книгу, книгу «Красная степь» и др.

**Это – далеко не полный перечень проблем, определяющих разработку месторождений в условиях жестких экологических ограничений.**





**Основные технические решения по  
отработке Еланского месторождения  
(экологичный рудник)**



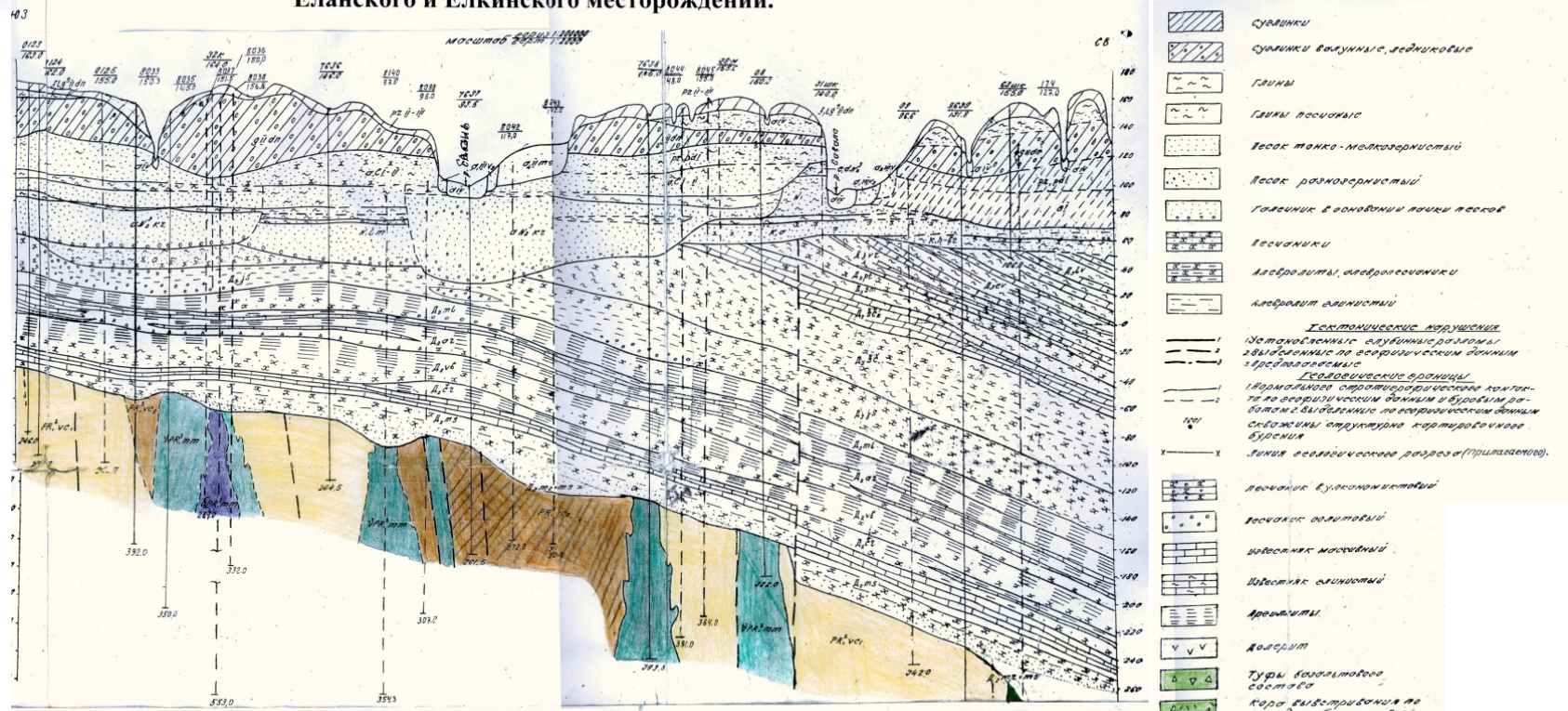


- **Вскрытие месторождений на всю глубину разведанных запасов двумя стволами шахт; проходка стволов через обводненную толщу осадочных пород осуществляется с замораживанием**
- **Для осуществления данной технологии в кровле рудного тела оставляется предохранительный рудный целик мощностью порядка 50 м, защищающий рудник от проникновения вод осадочного чехла**



# Геологический разрез осадочного чехла Еланского месторождения

Геологический разрез осадочного чехла района Еланского и Елкинского месторождений.



Породы  
вскрытые скважинами

- Суглинки
- Суглинки вулканиче, гнейзовые
- Глины
- Глины песчаные
- Песок тонко-мелкозернистый
- Песок разномерный
- Гравелик с обломками глыб песков
- Песчанники
- Асбеститы, асбестосланцы
- Асбестит глинистый
- Геоморфические нарушения
- Неотектонические нарушения
- Зависимые от тектонических границ
- Геоморфические границы
- Абсолютная структурно-геоморфическая граница
- Абсолютная структурно-геоморфическая граница
- Глины вулканические
- Песчанки вулканические
- Известняк массивный
- Известняк глинистый
- Артезианские
- Известняк
- Туфы базальтового состава
- Кара выветривания по породам базальтового состава
- Мел.

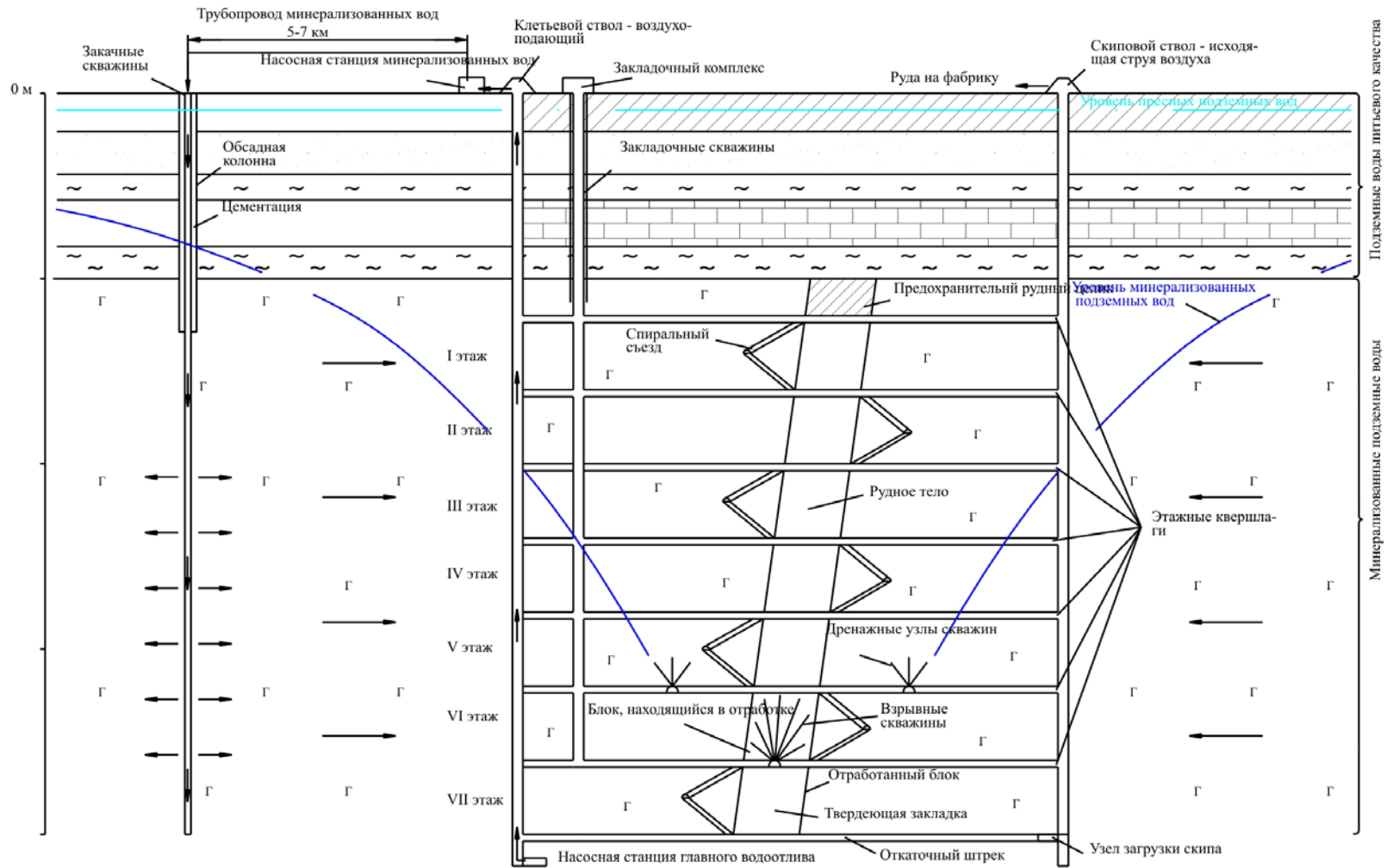
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Осадочно-метаморфические и вулканогенные образования**
- Силлы базальтовые
  - Нижний протерозой**
  - Варяжская серия**
  - PR<sup>1</sup>vc Нерасчлененные породы Варяжской серии
  - PR<sup>2</sup>vc Верхняя толща (предваряжская)
  - PR<sup>3</sup>vc Ритмически переслаивающиеся ритмолитовидные и вулканические сланцы, метасланцы, метаконгломаты
  - PR<sup>4</sup>vc Нижняя толща (предваряжская)
  - PR<sup>5</sup>vc Переслаивающиеся метаконгломаты, известняки, сланцы и метасланцы
  - PR<sup>6</sup>vc Интрузивные и метасланцевые образования
  - Варяжский комплекс**
  - PR<sup>7</sup>vc Граниты микроклин-плагиоклазовые биотитовые, кварцевые мусковитизированные

- Мамонский комплекс**
- MPR<sup>1</sup>mt Нерасчлененные породы мамонского комплекса
  - MPR<sup>2</sup>mt Кварцевые диориты, диориты, габбро-диориты
  - MPR<sup>3</sup>mt Габбро, габбро-нориты
  - MPR<sup>4</sup>mt Терцебиты, ацилиновые терцебиты, габбро-нориты, лейкокларкситы, ацилиновые габбро



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА И СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ РАССОЛОВ





- **Обработка месторождения осуществляется камерной системой восходящим (снизу вверх) порядком с буровзрывной отбойкой;**
- **Технология обогащения (на обогатительной фабрике) – флотационная; используется технология сгущения отходов обогащения – хвостов с замкнутым циклом водоснабжения по схеме: обогатительная фабрика → узел сгущения хвостов → обогатительная фабрика; сгущенные полностью хвосты используются для приготовления закладочного материала.**





- Чаша хвостохранилища будет иметь минимальную площадь и должна быть экранирована для полного исключения фильтрационных потерь в подземные воды.
- Товарной продукцией будущего производства считать исключительно сульфидный концентрат флотационного способа обогащения





- Дальнейший передел, связанный с окомкованием, обжигом и металлургическим способом обогащения металлов – неприемлем по экологическим причинам.
- Готовая продукция – медно-никелевый концентрат, железнодорожным транспортом отправляется за пределы Воронежской области на дальнейшую переработку (комкование и металлургический передел).





**Комплекс мероприятий по экологии, геолого-геофизическим работам, археологии, информационному сопровождению, программе социального обеспечения и сопровождения проекта.**





- **Информационное сопровождение, целью которого является формирование благоприятного общественного мнения.**
  - Это должны делать специалисты - ученые; представители региональной и местной администрации, а также представители компании - победителя в конкурсе проектов.
  - Их мнение как людей компетентных, уважаемых, берущих на себя ответственность за принятое решение будет иметь существенное значение для населения района и области в целом.





- **Населению Новохоперского района и Воронежской области нужно внятно разъяснить преимущества предлагаемого проекта:**
  - ожидаемая прибыль в бюджет района и области;
  - предполагаемое количество рабочих мест и их оплата;
  - поддержка инвестором социальных объектов, инфраструктуры района и т.д.
- **Нужно понять и по возможности развеять озабоченности «зеленых». С их представителями, наиболее основательно владеющими проблемой, следует встречаться и общаться.**





- **Наиболее надежным правовым основанием для готовящегося решения мог бы стать опрос населения**

### **Новохоперского района**

- Проводить его нужно только в том случае, если население уже получило достаточную информацию о необходимости и желательности разработки месторождения, его безопасности для окружающей среды.
- **Неподготовленный опрос может дать отрицательные результаты, поскольку люди будут руководствоваться не здоровыми доводами, а слухами и страхами.**





- **Необходима поэтапная программа социального обеспечения и сопровождения проекта по освоению никеленосной провинции. Программа должна включать в себя:**
  - **Определение социальных способов формирования и развития производственного персонала(рабочие, техники, инженеры и т.д.). В регионе соответствующих(по качеству и количеству) трудовых ресурсов нет. Основной персонал будет завозиться. Откуда?**
  - **Создание и функционирование службы социально-технологического обеспечения безопасности персонала.**
  - **Создание учебных комплексов подготовки рабочих и техников.**





- **Поэтапное упреждающее формирование и развитие социальной инфраструктуры.**
  - Строительство жилья (проблемы отвода земли, типы жилищного строительства и т.п.).
  - Развитие лечебных учреждений, социокультурных учреждений, структур досуга и отдыха.
  - Развитие торговой сети, развертывание сети бытового обслуживания.
- **Создание службы социально-экологической безопасности, финансовая поддержка и обеспечение экологической безопасности Новохоперского заповедника и природных достопримечательностей региона.**





- **Создание фонда возмещения возможного ущерба населению в ходе реализации проекта и проведение, в ближайшие 5-6 лет, постоянного социологического мониторинга (социальное самочувствие населения, отношение к проекту и т.п.).**





Благодарю за внимание



## ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ГРАНИТЫ ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА: ГЕОХИМИЯ И ВОЗРАСТ

Н.С. Базиков

[nickolasss@yandex.ru](mailto:nickolasss@yandex.ru)

В пределах востока Воронежского кристаллического массива установлено присутствие разновозрастных гранитоидов S- и A-типов. Бiotит-мусковитовые граниты S-типа характеризуются повышенными содержаниями кремнезема, алюминия и щелочей с преобладанием калия, пониженными – кальция, магния, титана, стронция и бария с резкими отрицательными Eu аномалиями и низкими концентрациями Y и тяжелых РЗЭ. Бiotитовые гранитоиды A-типа обогащены железом, титаном, фосфором, высокозарядными катионами, редкоземельными элементами с сильным фракционированием лантаноидов и резкими отрицательными аномалиями Eu. По высоким отношениям Rb/Nb и Y/Nb они относятся к группе A2 постколлизийных гранитов. Образование S-гранитов связывается с плавлением кислого корового материала в средней и нижней коре. A-2 граниты, возможно, являются продуктами дифференциации внедрившихся в нижнюю кору базитовых магм, которые испытали интенсивную контаминацию коровым материалом. Определение времени кристаллизации гранитоидов по цирконам (SIMS) показало, что все значения попадают в интервал 2050–2070 млн. лет.

## PALAEOPROTEROZOIC GRANITES OF THE EASTERN PART OF VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF: GEOCHEMISTRY AND AGE

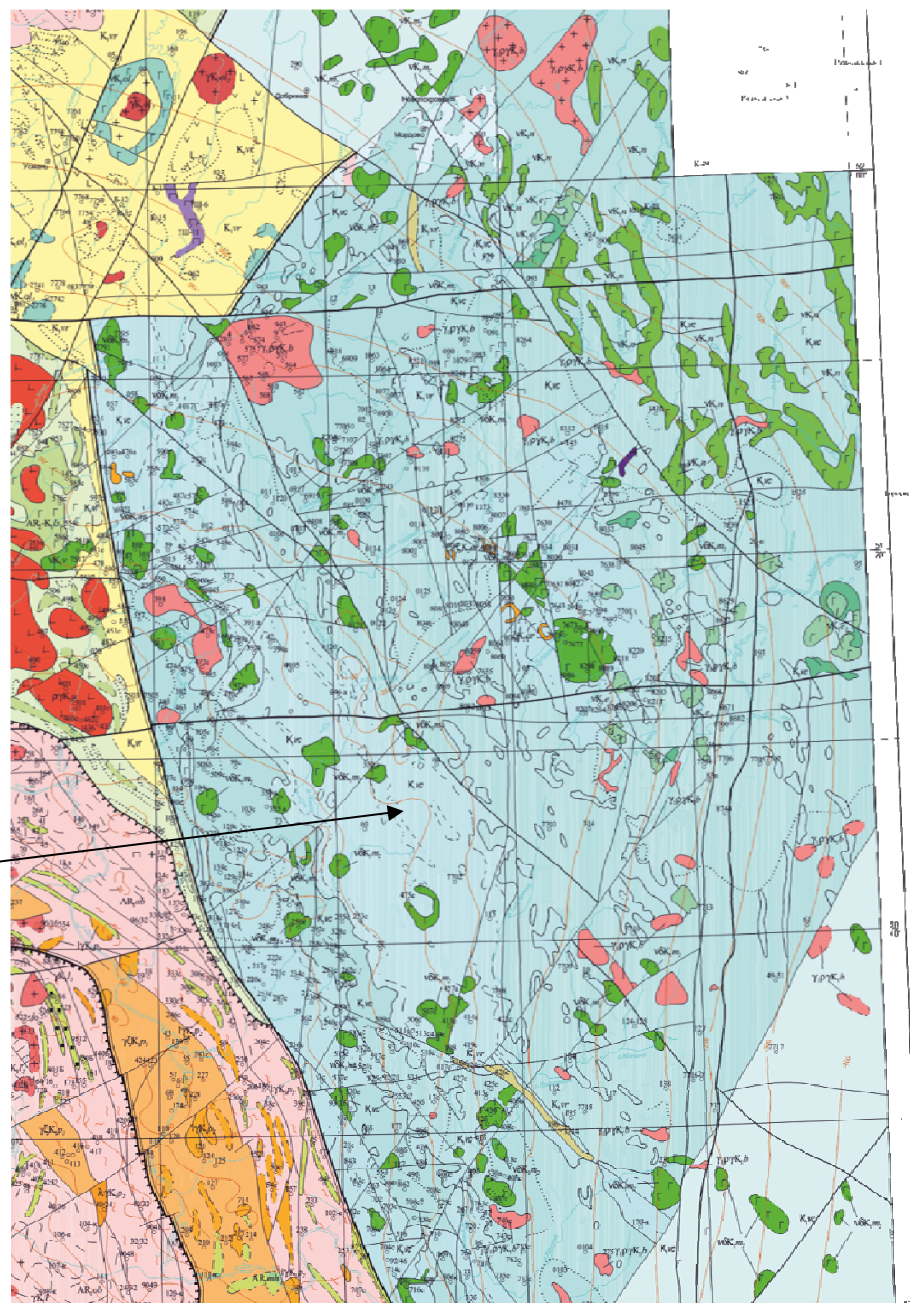
N.S. Bazikov

S- and A-type synchronous granitoids are established in the eastern part of Voronezh crystalline massif. Biotite-muscovite S-type granites contain high concentrations of silica, aluminium and alkali and low concentrations of calcium, magnesium, titanium, strontium and barium with negative Eu anomalies and low concentrations of Y and heavy REE. A-type biotite granitoids are enriched in iron, titanium, phosphorous, high-charge cations, rare earth elements with negative Eu anomalies. According to high Rb/Nb and Y/Nb ratios they belong to A2 postcollisional granites. S-type granites are most likely interconnected to crustal material melting in the low and middle crust. A-2 type granites, probably, are differentiation products of magmas intruded into the lower crust, which were intensively contaminated by crustal material. According to SIMS dating of zircons, the crystallization of granitoids took place during 2050-2070 Ma interval.

**Палеопротерозойские граниты  
востока Воронежского  
кристаллического массива:  
геохимия и возраст**

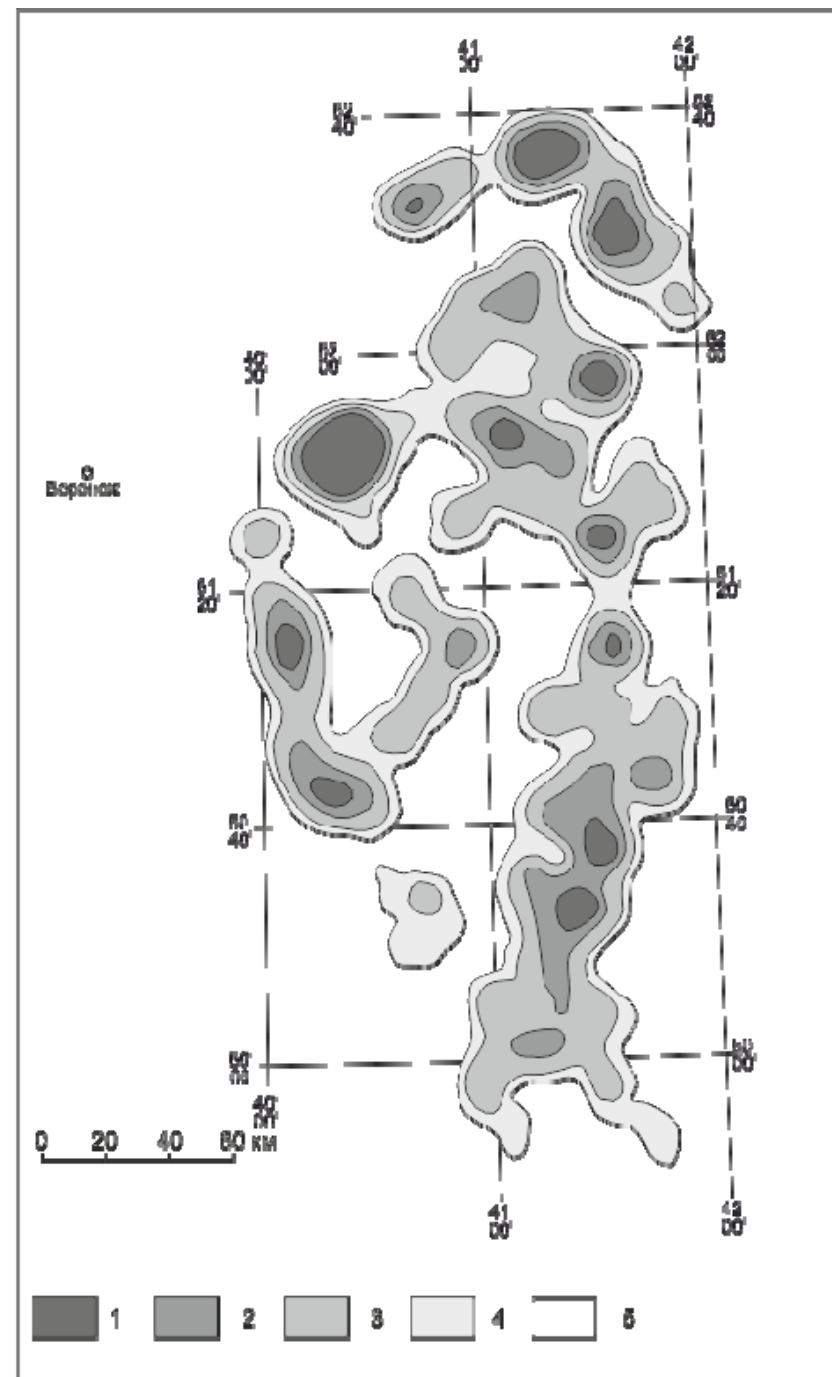
**Базиков Н.С.**

Геологическая  
карта востока  
ВКМ  
м-б 1:1 000 000



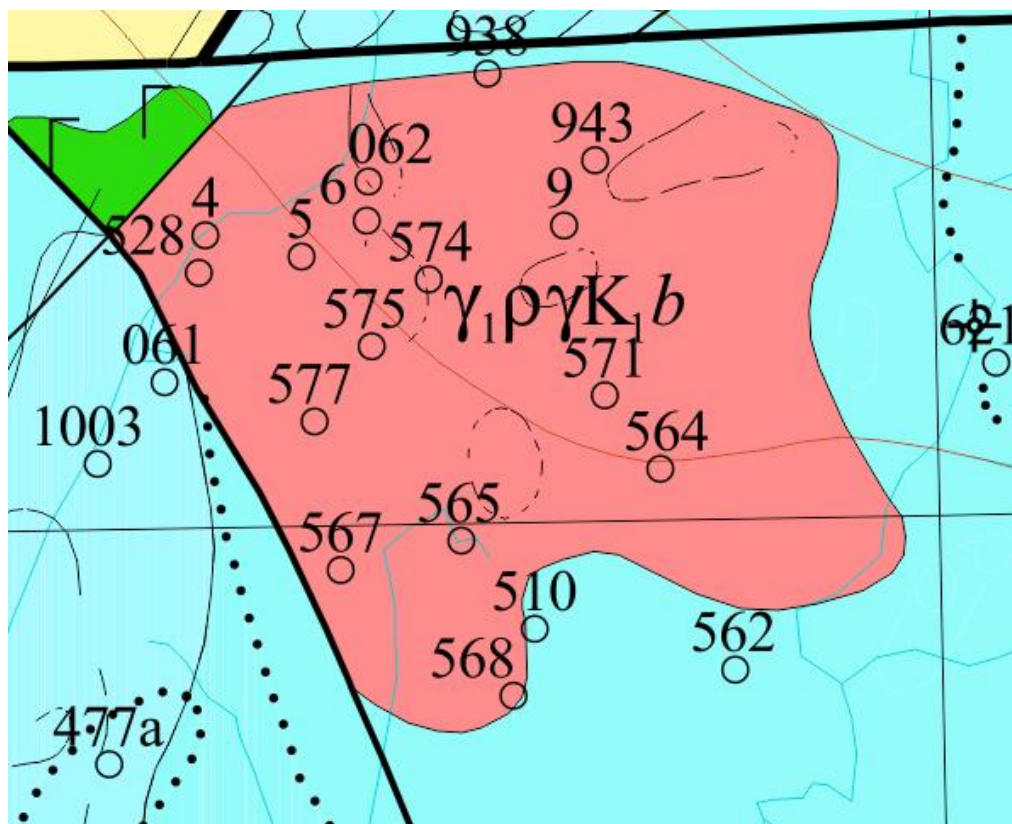
Карта плотности размещения  
магматических тел бобровского  
комплекса (%) по Ю.Н. Стрику  
(Минерагения..., 2007).

1 - более 20; 2 - 10-20; 3 - 5-10; 4 - 3-5; 5 -  
менее 3.





## Панинский массив



Среднезернистые Bt-Ms граниты

Состав пород:

Kfs, Qtz, Alb + Ms, Bt

Биотит Bt  $X_{Fe} = 0.72$

Акцессорные: Ap, Zrn, Mnz, Aln, Syn

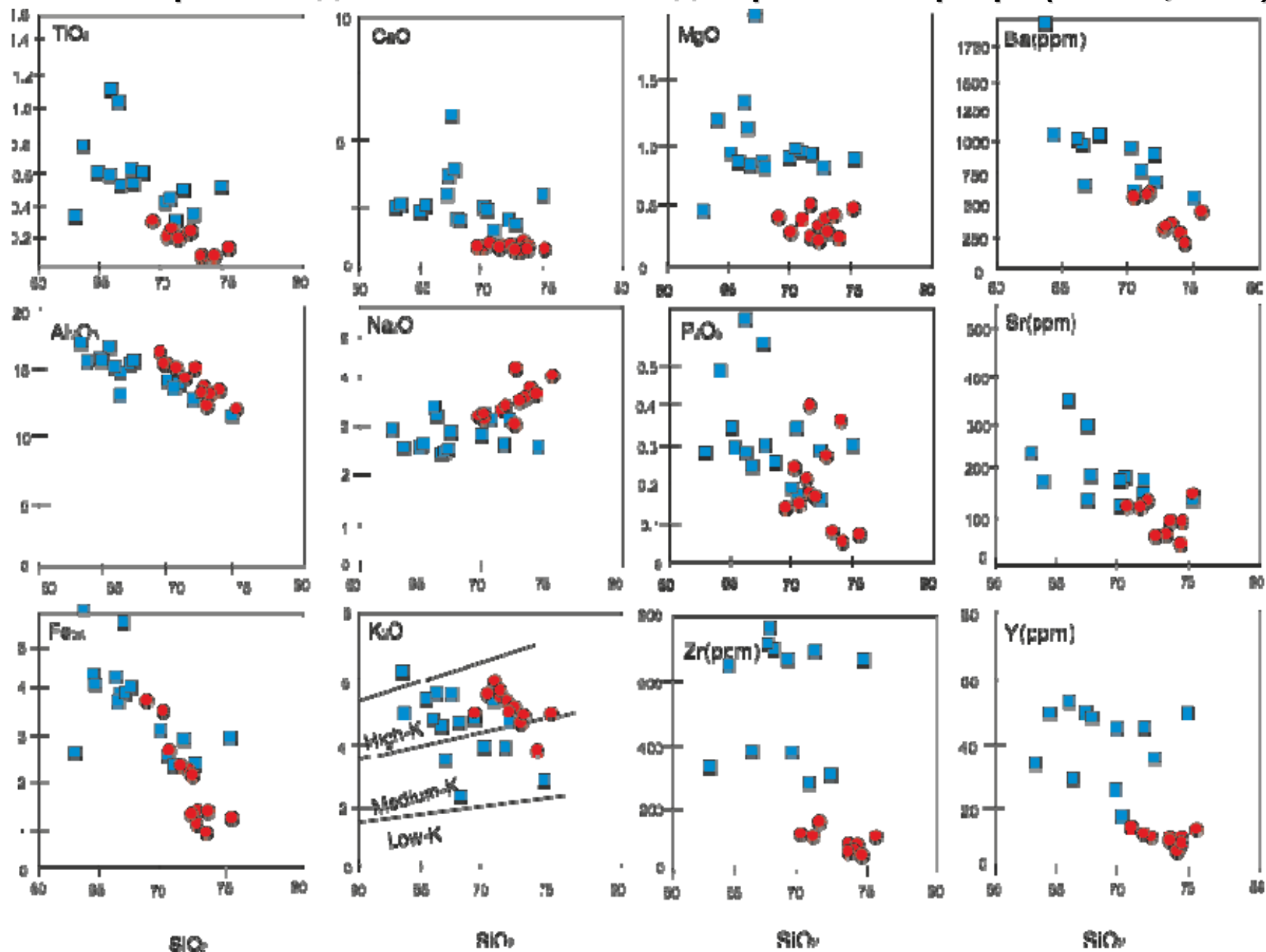
$X_{Fe} = 0.83-0.85$  умеренная

K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O: калий преобладает

В остальном сходны с Коршевским массивом

По геохимии оба массива сходны: обогащены литофильными: Li (69-71 ppm), Rb (213-287 ppm), Cs (7-25 ppm), обеднены Sr (46-152 ppm), Ba (216-470 ppm), высоkozарядными Nb (6-10 ppm), Zr (57-111 ppm), Y (6.6-13 ppm) и REE (71-91 ppm), с ярко выраженной  $Eu/Eu^* = 0.14-0.51$ . Обогащены LREE относительно HREE с сильным фракционированием

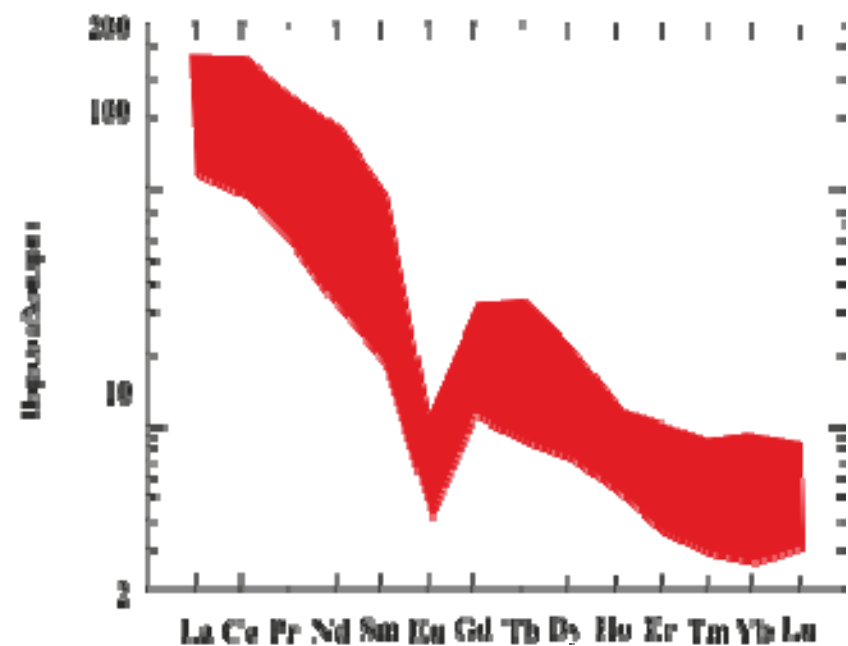
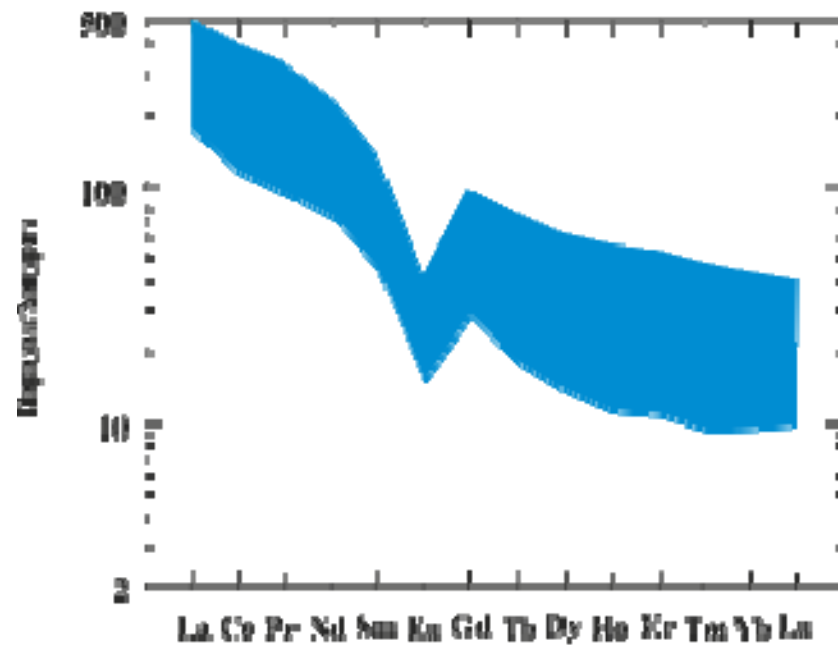
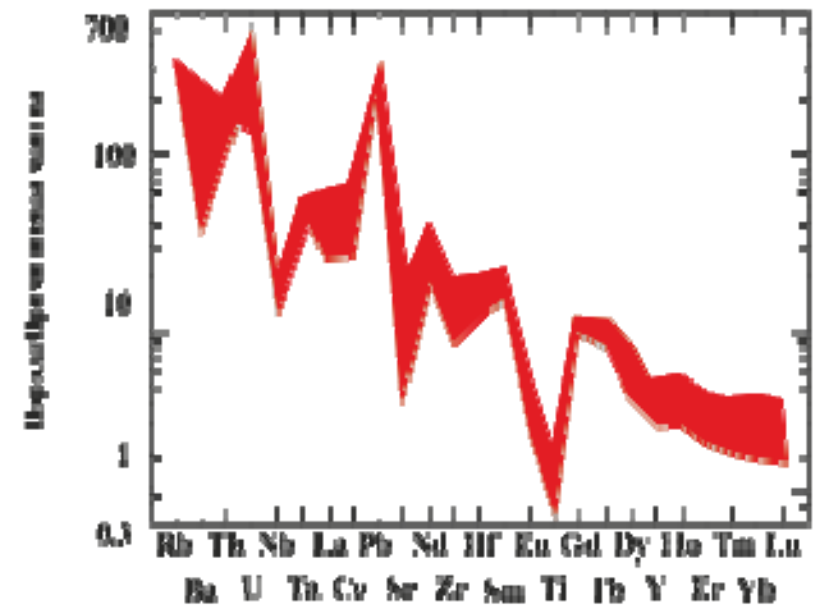
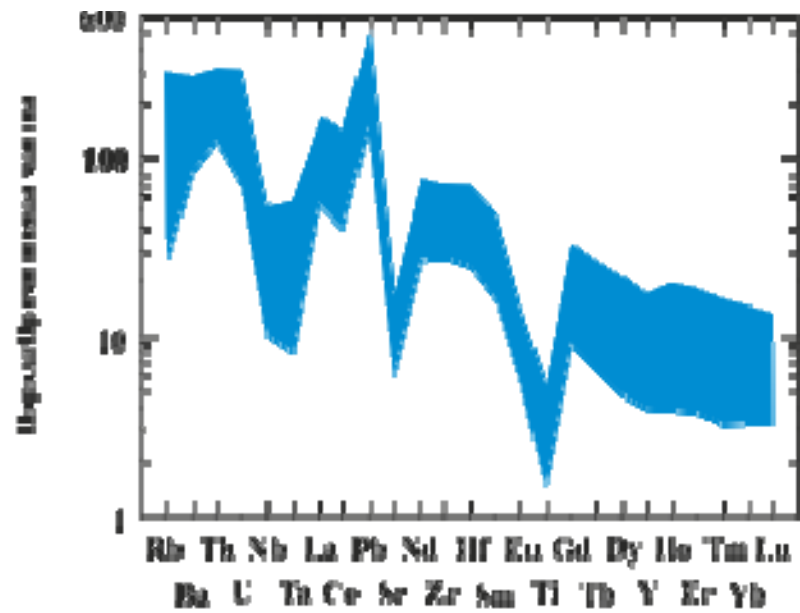
## Состав гранитоидов востока ВКМ на диаграммах Харкера (Harker, 1908)



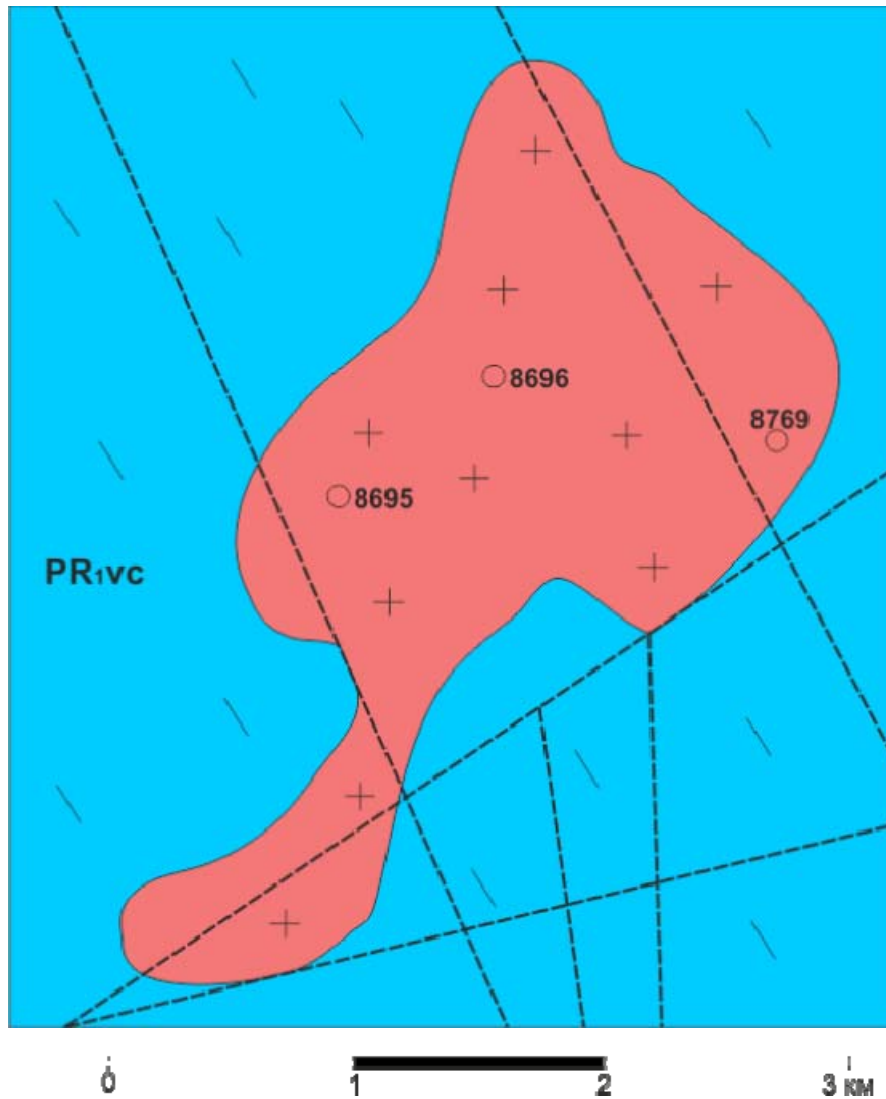
Составы гранитоидов востока ВКМ на классификационной диаграмме (O'Connor, 1965)



## Распределение редких и редкоземельных элементов в гранитоидах востока ВКМ



## Ворошиловский массив



Двуслюдяные граниты; структура гранитовая с элементами пойкиллитовой.

### Состав пород:

Alb – 35-40 %; Kfs – 25-30%; Qtz – 22-30 %; Bt+Ms 3-5 %

Плагиоклазы зональны, содержание альбитового компонента увеличивается от центра зёрен к краевым частям. КПШ представлен ксеноморфными выделениями размером до 2 мм. Мусковит преобладает над биотитом.

Битотит железистый  $X_{Fe} = 0.64-0.73$

Акцессорные: Zrn, Mnz, Ap, Syn, Aln, Rut.

Содержания  $SiO_2 = 69.5-72.1$  % умеренные

$CaO = 0.85-1.32$  % невысокие

$MgO = 0.32-0.50$  % невысокие

$K_2O+Na_2O = 8.12-8.96$  с преобладанием калия

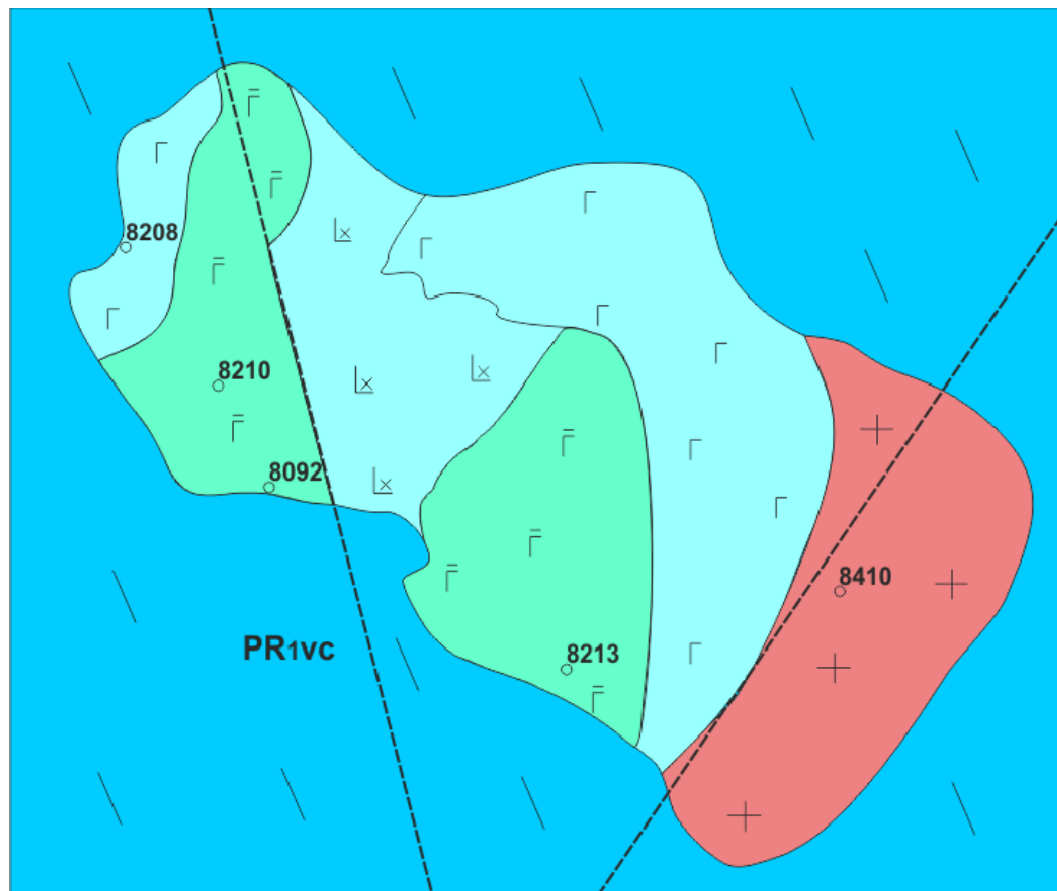
$X_{Fe} = 0.84-0.92$  высокая

$A/CNK = 1.04-1.20$  насыщены глинозёмом

От гранитов восточной части отличаются повышенными  $Fe_2O_{3tot}$ ,  $TiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$

Обогащены литофильными (Li, Rb, Cs), обеднены Sr и высокочарядными (Nb, Zr, Y). По сравнению с восточными обогащены LREE с сильным фракционированием и резким  $Eu/Eu^* = 0.21-0.25$

## Романовский массив



Гранодиориты в восточной части массива светло-серые, средне- до крупнозернистых, текстура порфировидная

### Состав пород:

Pl – 40 %; Kfs – 40-45%; Qtz – 10-15 %; Bt - 3 %

Плагиоклазы (An<sub>20-30</sub>) гипидоморфные таблички 2-4 мм, полисинтетически сдвойникованные. КПШ представлен крупными ксеноморфными зернами и табличками решетчатого микроклина до 6-7 мм. Битотит до 4 мм относительно железистый X<sub>Fe</sub> = 0.64-0.70 и титанистый (TiO<sub>2</sub> = 2.6-3.7 мас %)

Акцессорные: Mnz, Syn, REE-флюорит, Ap<sub>REE</sub>, Zr<sub>REE</sub>

Содержания SiO<sub>2</sub> = 62.7-67.7 %

K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O = 7.3-9.5 с преобладанием калия

X<sub>Fe</sub> = 0.83-0.85 высокая

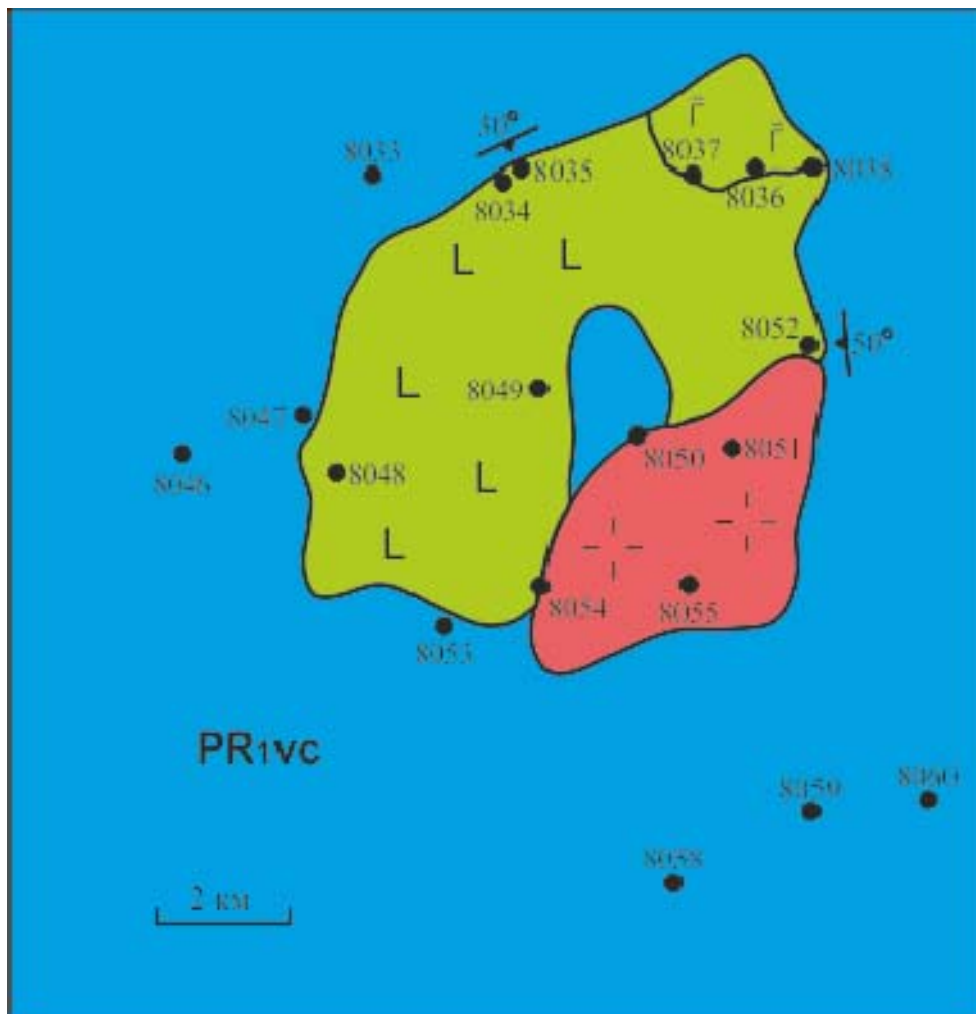
A/CNK > 1 насыщены глиноземом

Повышенные TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Обеднены литофильными (Li, Rb, Cs), резко обогащены Ba (1000-2000 ppm), Zr (306-644 ppm), Y (36-51 ppm) и REE (299-523 ppm) по сравнению с восточными. Обогащены HREE при сильном их фракционировании. Концентрации Sr невысокие: 170-226 ppm.

0 1 2 км

## Таловский массив



Гранитоиды в юго-восточной части, гипидиоморфнозернистые. Порфириовидная структура (до 3 см кристаллы микролина с пойкилитовыми включениями Pl, Q, Bt).

### Состав пород:

Qtz, Pl + Bt + подчиненные количества микролина

Плагиоклазы зональные: от 22-27 в центре до 1-11 в краевых частях. Битотит умеренно железистый  $X_{Fe} = 0.60-0.64$ .

Содержания  $SiO_2 = 66.5-75.2$  % (широкие вариации)

$CaO = 2.54-5.76$  % повышенные

$TiO_2 = 0.4-0.6$  % повышенные

$K_2O+Na_2O = 5.31-7.93$  относительно невысокие с преобладанием калия

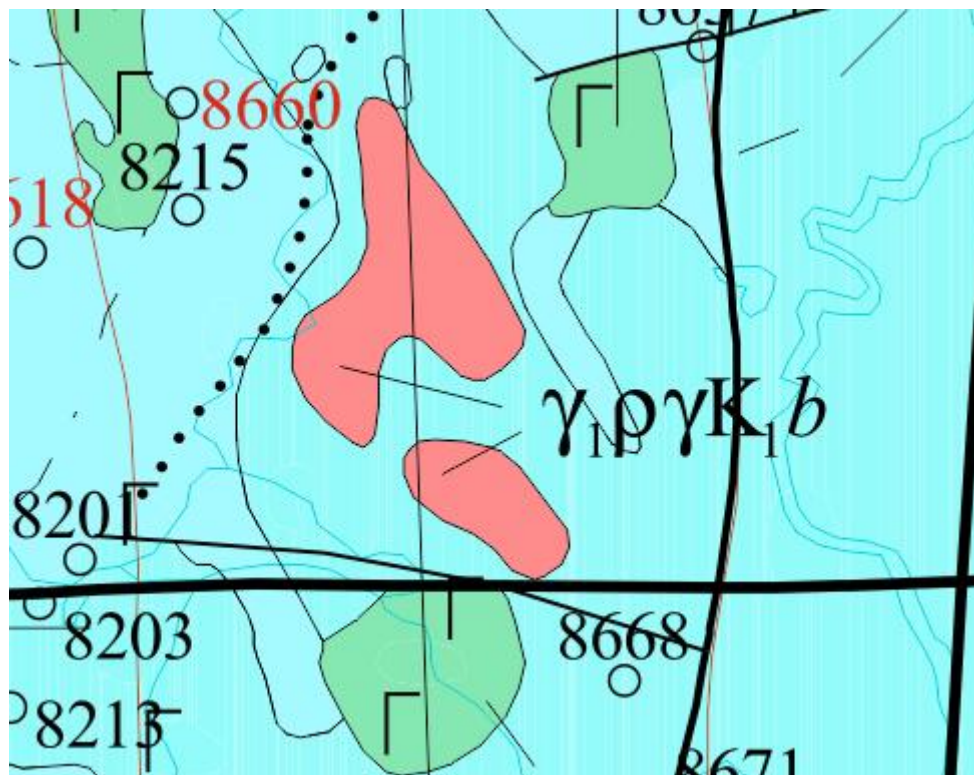
$X_{Fe} = 0.83-0.85$  высокая

$A/CNK > 1$  насыщены глиноземом

Повышенные  $TiO_2, P_2O_5$

Обеднены литофильными (Li, Rb, Cs), обогащены Ba (891-1419 ppm), Zr (390-698 ppm), Y (29-44 ppm) и REE (357-548 ppm) по сравнению с восточными. Концентрации Sr невысокие: 139-146 ppm. Близки к гранитоидам Романовского массива.

## Красненский массив



Среднезернистые порфировидные биотитовые граниты.

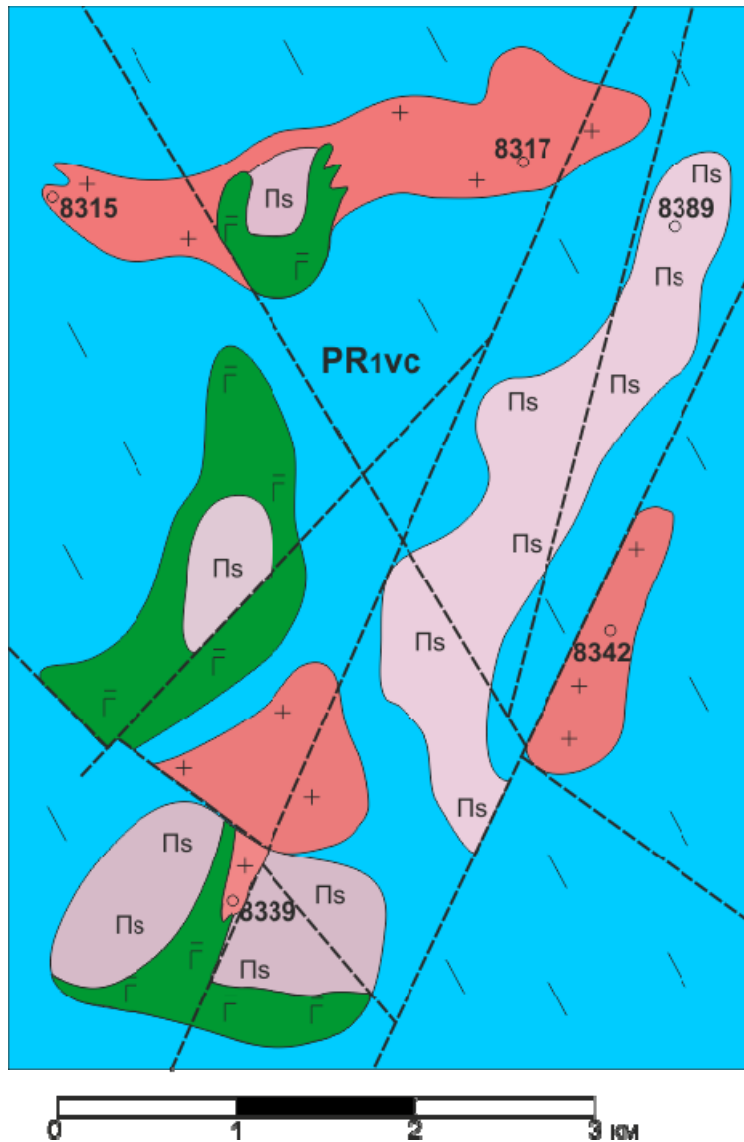
Содержания  $\text{SiO}_2 = 70.4-72.6 \%$  (выше, чем в других массивах)

$\text{TiO}_2 = 0.36-0.44 \%$  ниже, чем в других массивах

$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} = 7.2-8.4$  с преобладанием калия (близко к другим массивам)

Обеднены литофильными, умеренные содержания Ba (597-641 ppm), Zr (298-395 ppm), Y (19-24 ppm), которые всё же выше, чем в двуслюдяных гранитах. Концентрации REE невысокие (177-194 ppm) с  $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.44-0.49$

## Терновский массив



Гранодиориты светло-серые среднезернистые

Содержания  $\text{SiO}_2$  = 66.8-67.2 % умеренные

$\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$  = 4.1-5.9 % (наиболее высокие)

$\text{MgO}$  = 1.3-2.0 % (наиболее высокие)

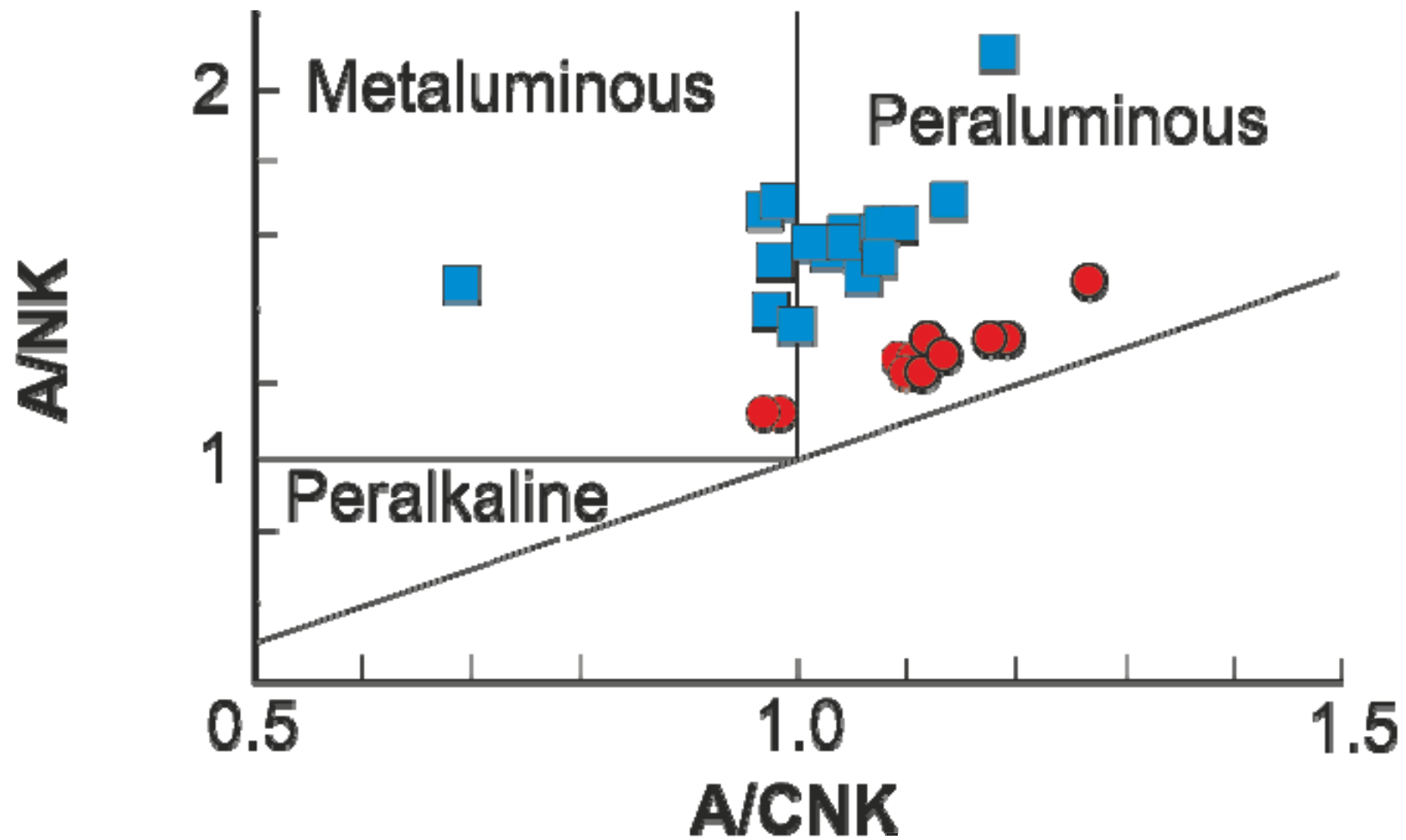
$\text{CaO}$  = 3.0-3.7 % (наиболее высокие)

$\text{TiO}_2$  = 1.0-1.1 % (наиболее высокие)

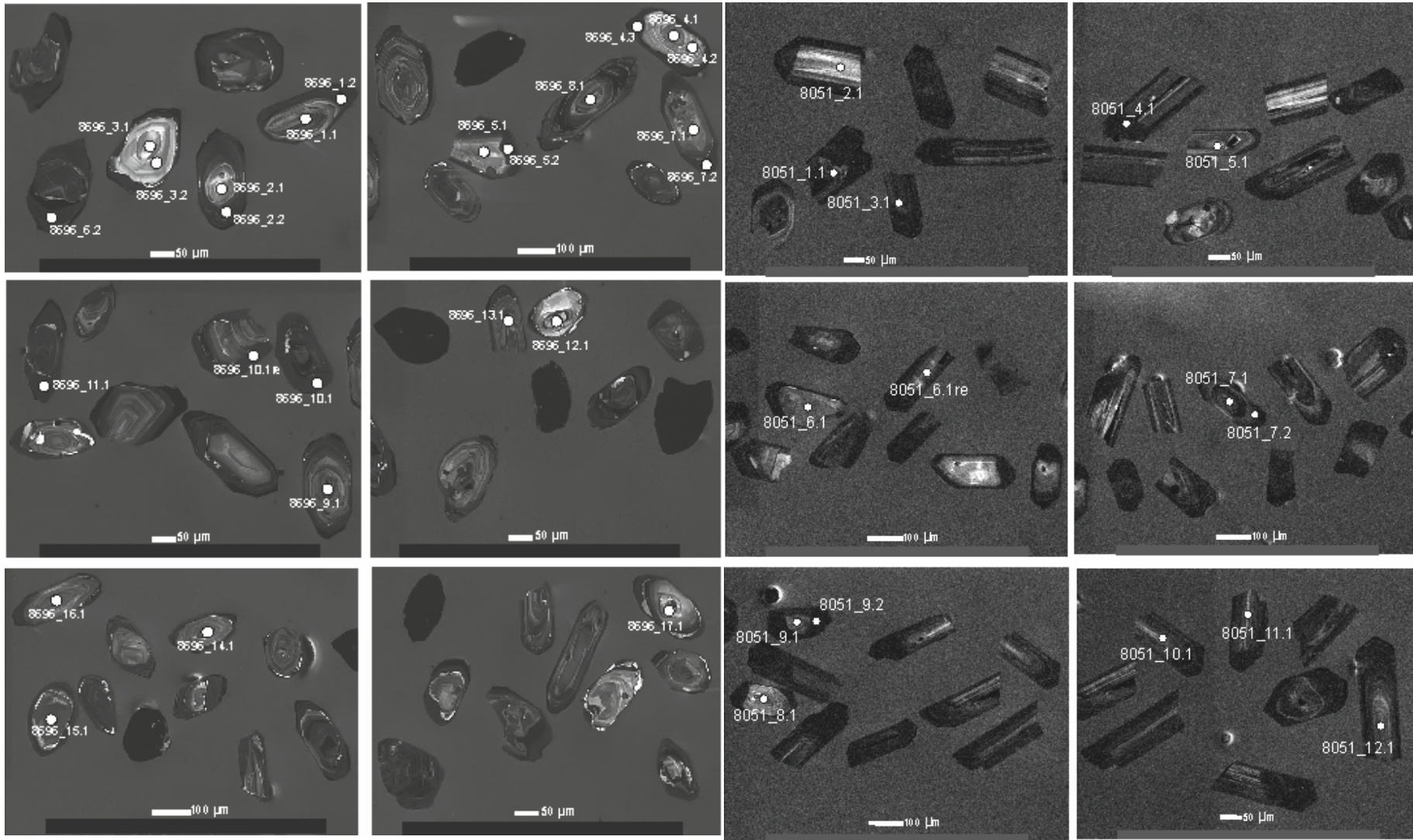
$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  = 4.98-6.62 относительно невысокие с близкими содержаниями Na и K

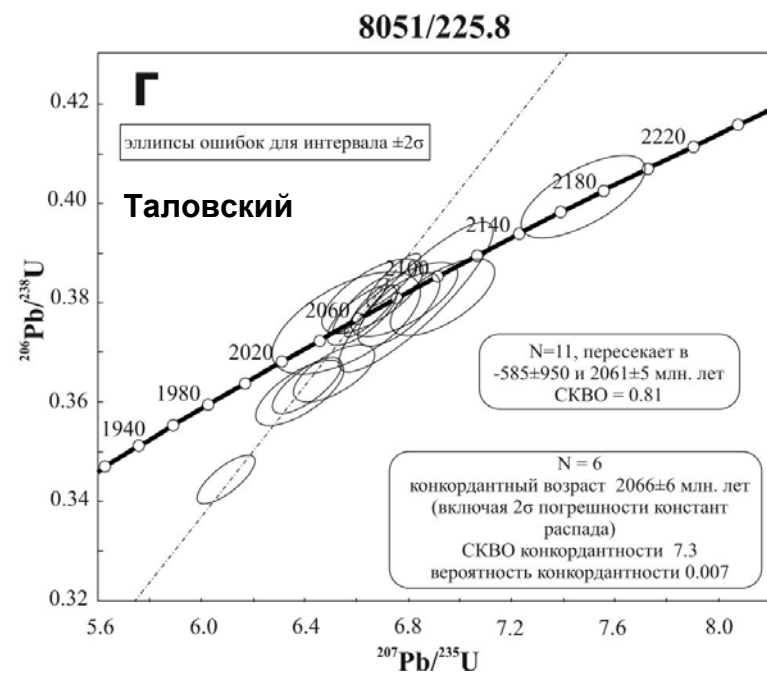
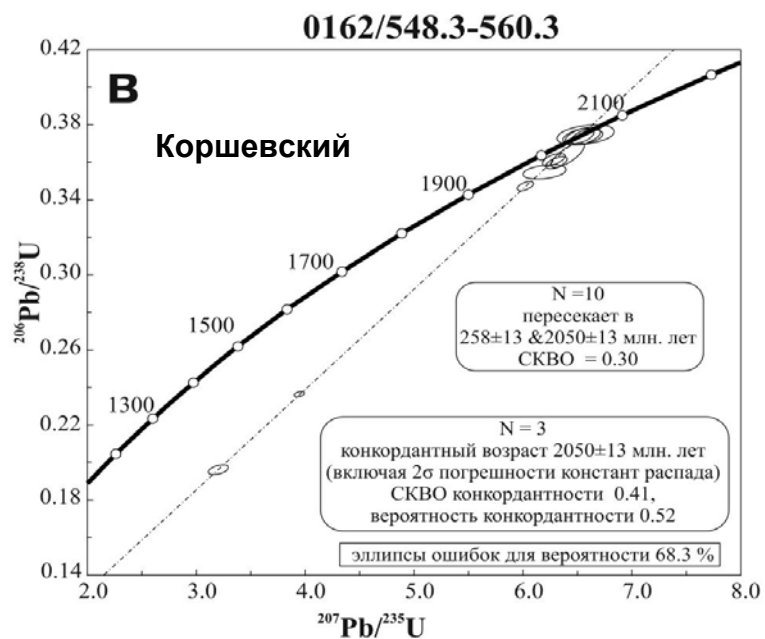
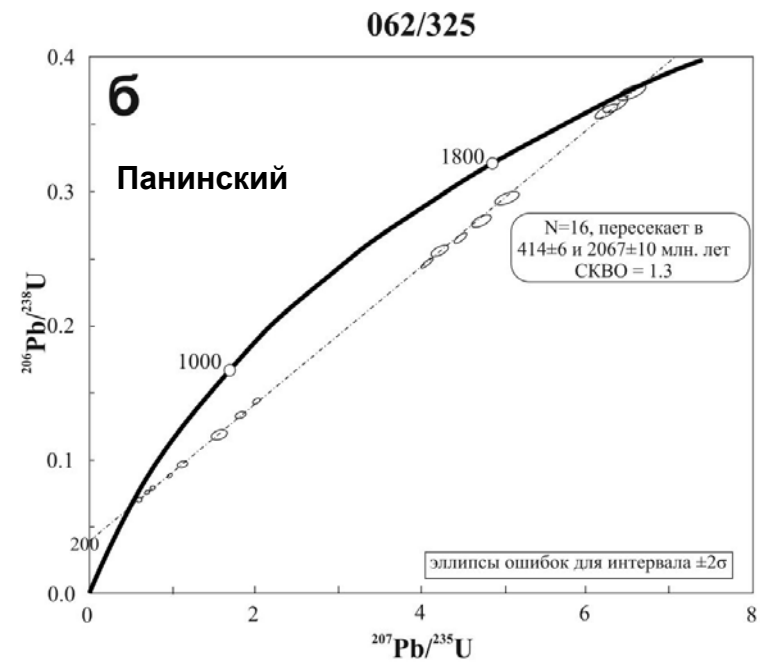
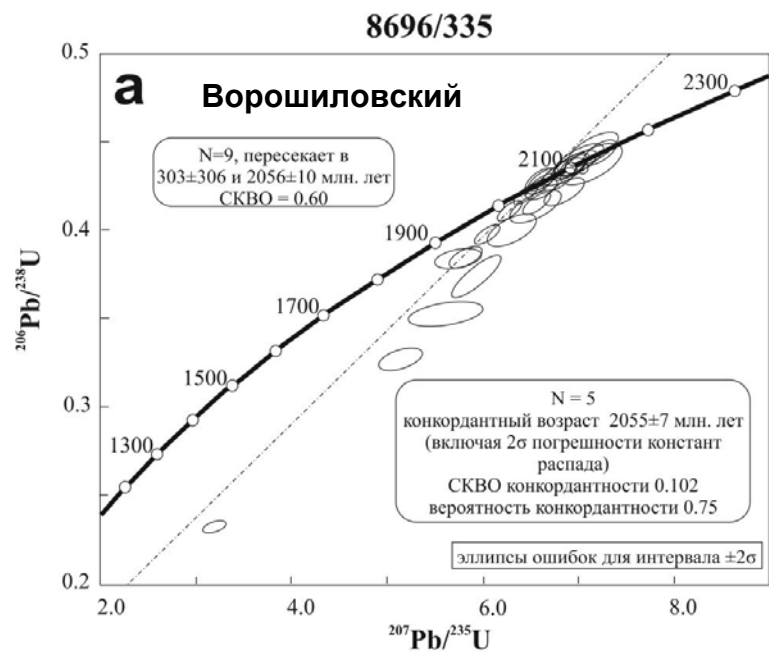
Повышенные содержания V (51-62 ppm), Sr (297-352 ppm), Nb (27-38 ppm), Ta (1.7-2.3 ppm). Близки к Романовскому и Таловскому массивам по Ba (668-1098 ppm), Zr (730-735 ppm), Y (47-53 ppm), REE (433-488 ppm).

Составы гранитоидов востока ВКМ на диаграмме A/NK–A/CNK (Maniar, Piccoli, 1989).

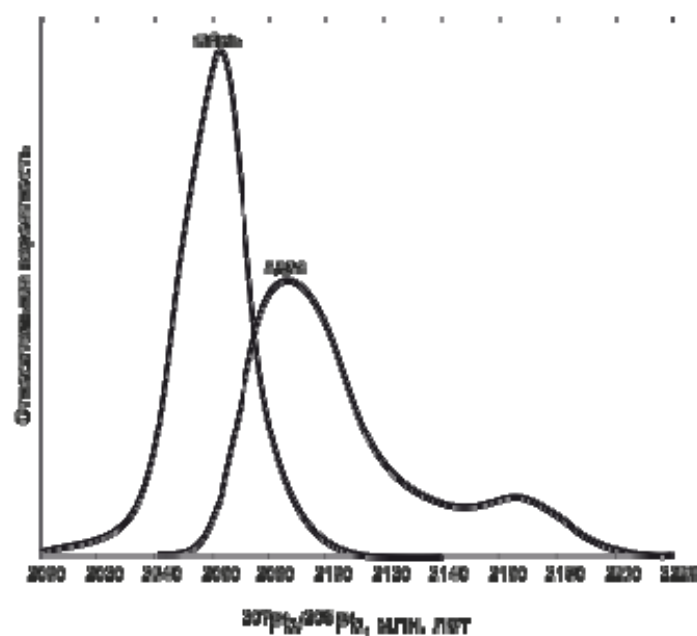
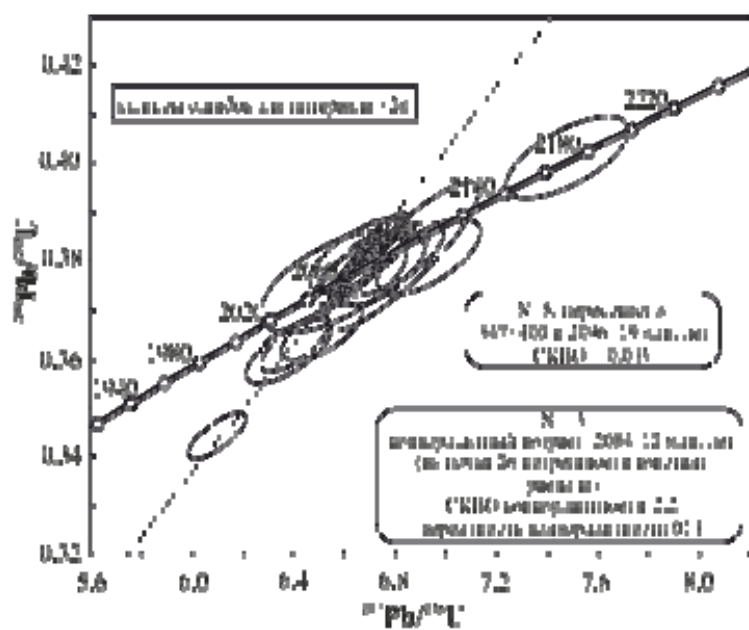


# Расположение точек анализа для определения возраста гранитоидов востока ВКМ по цирконам

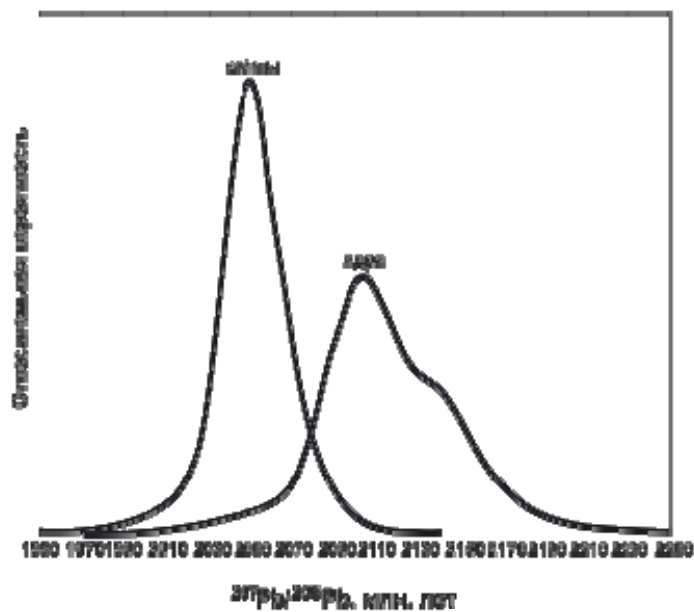
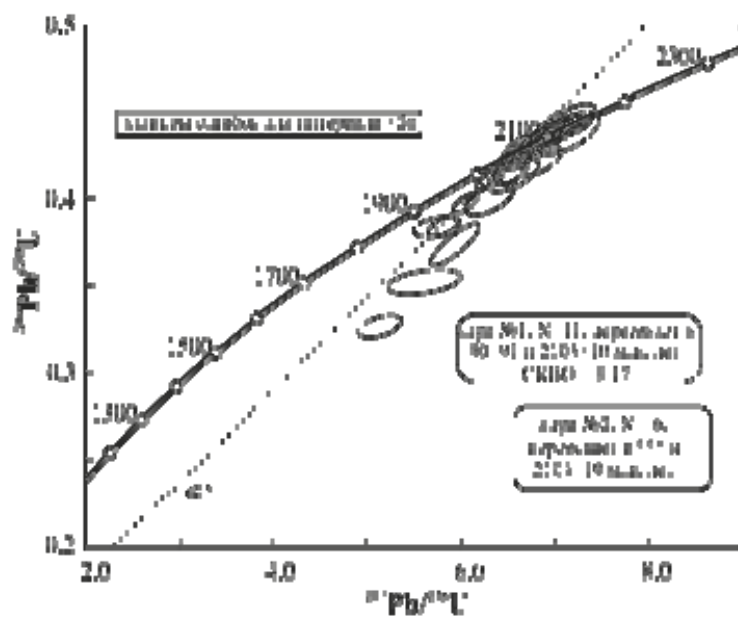




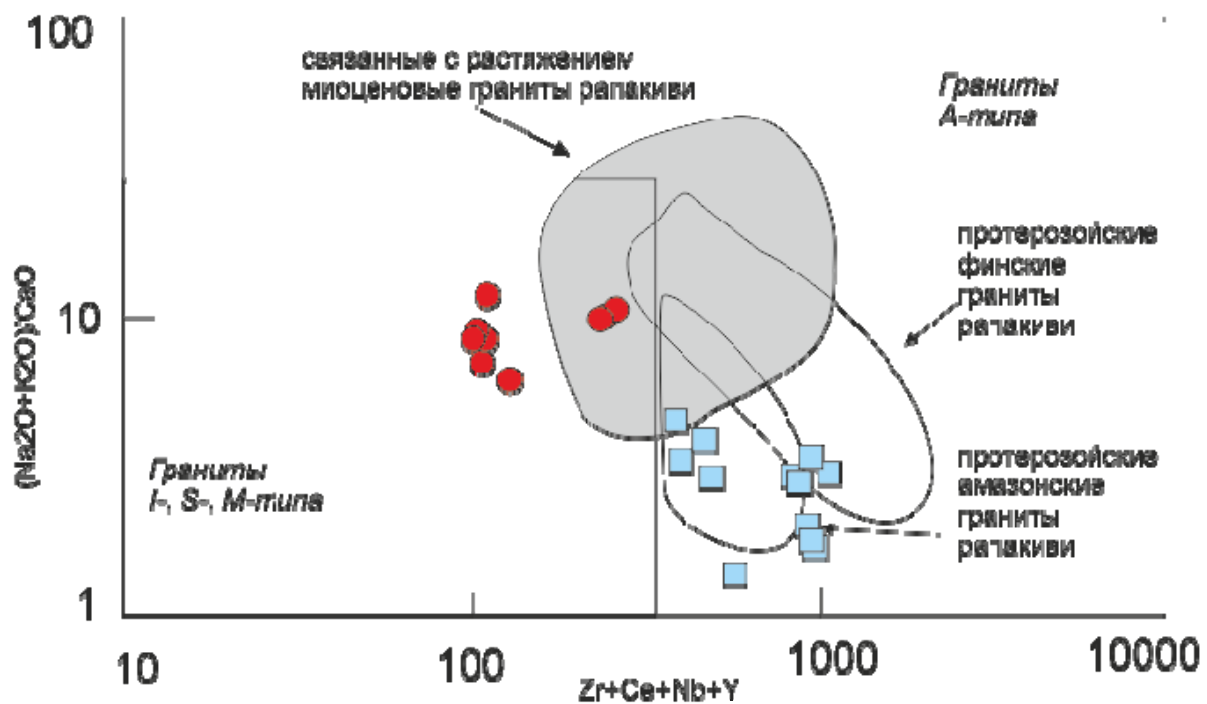
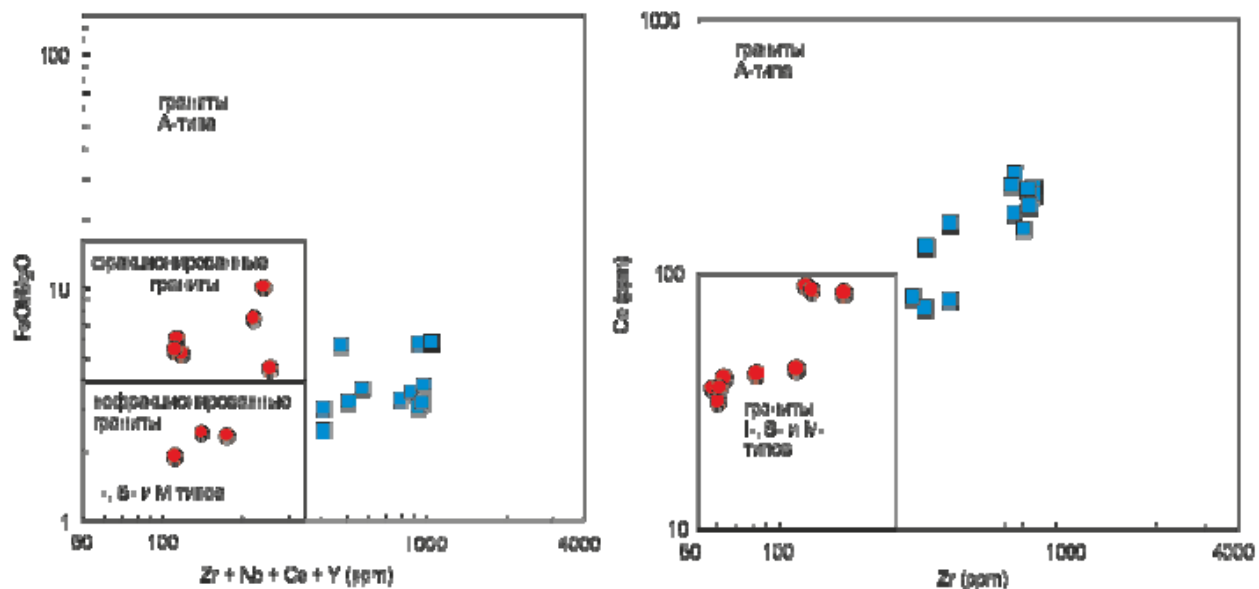
8051



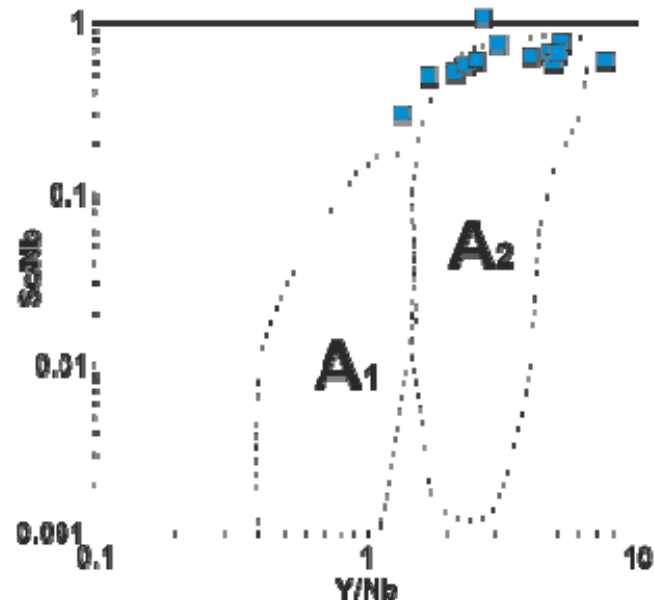
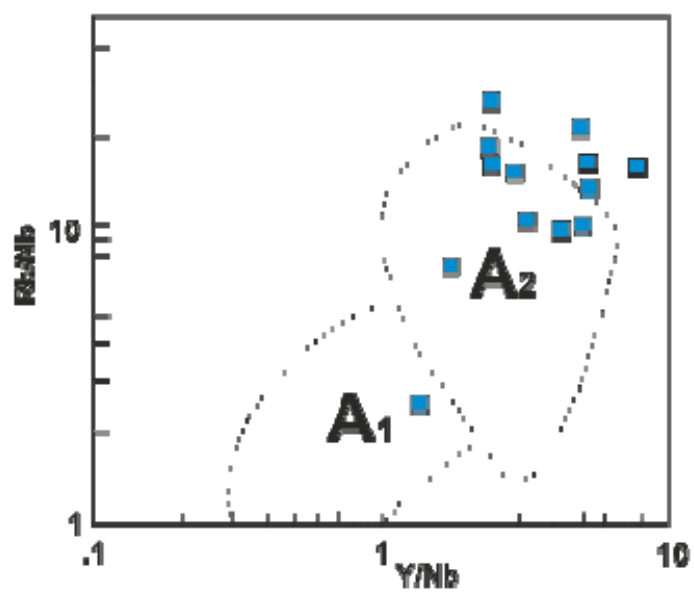
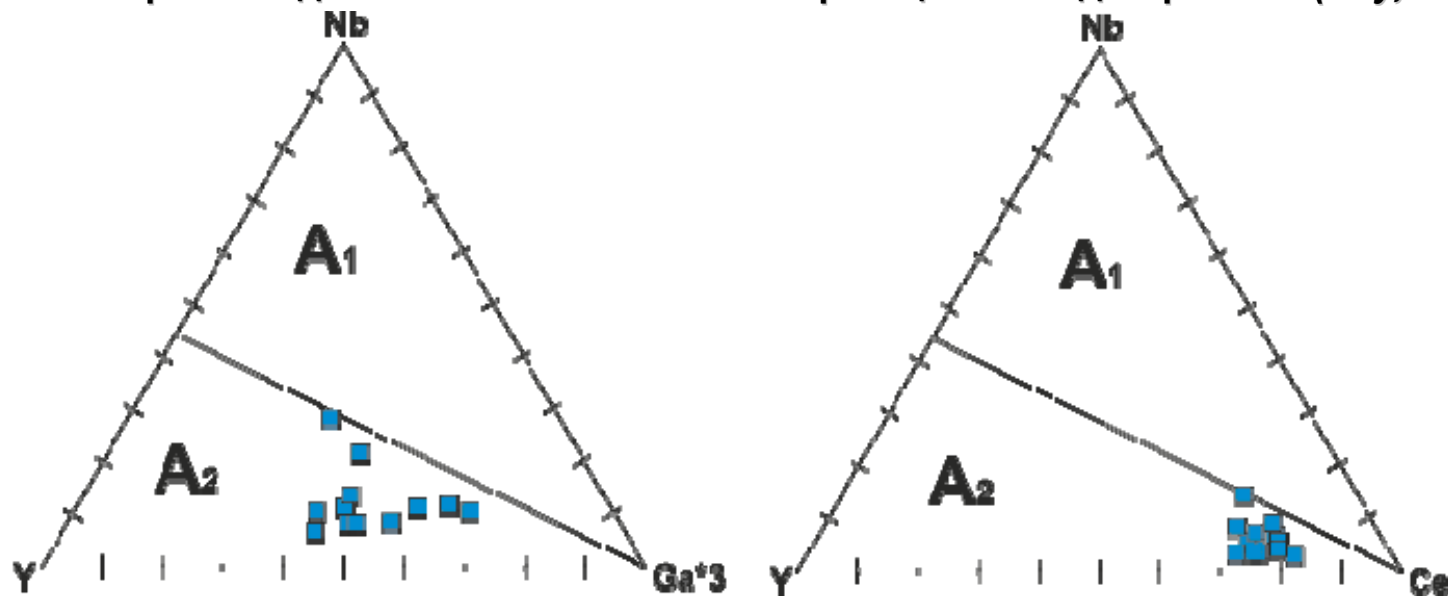
8696



# Составы гранитоидов востока ВКМ на классификационных диаграммах (Whalen et al., 1987)



Составы гранитоидов востока ВКМ на классификационных диаграммах (Eby, 1992)



**Спасибо за внимание!**

## **ПОРОДНЫЕ АССОЦИАЦИИ ВЯЗОВСКОГО МАССИВА И ИХ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

**Т.В. Белькова**

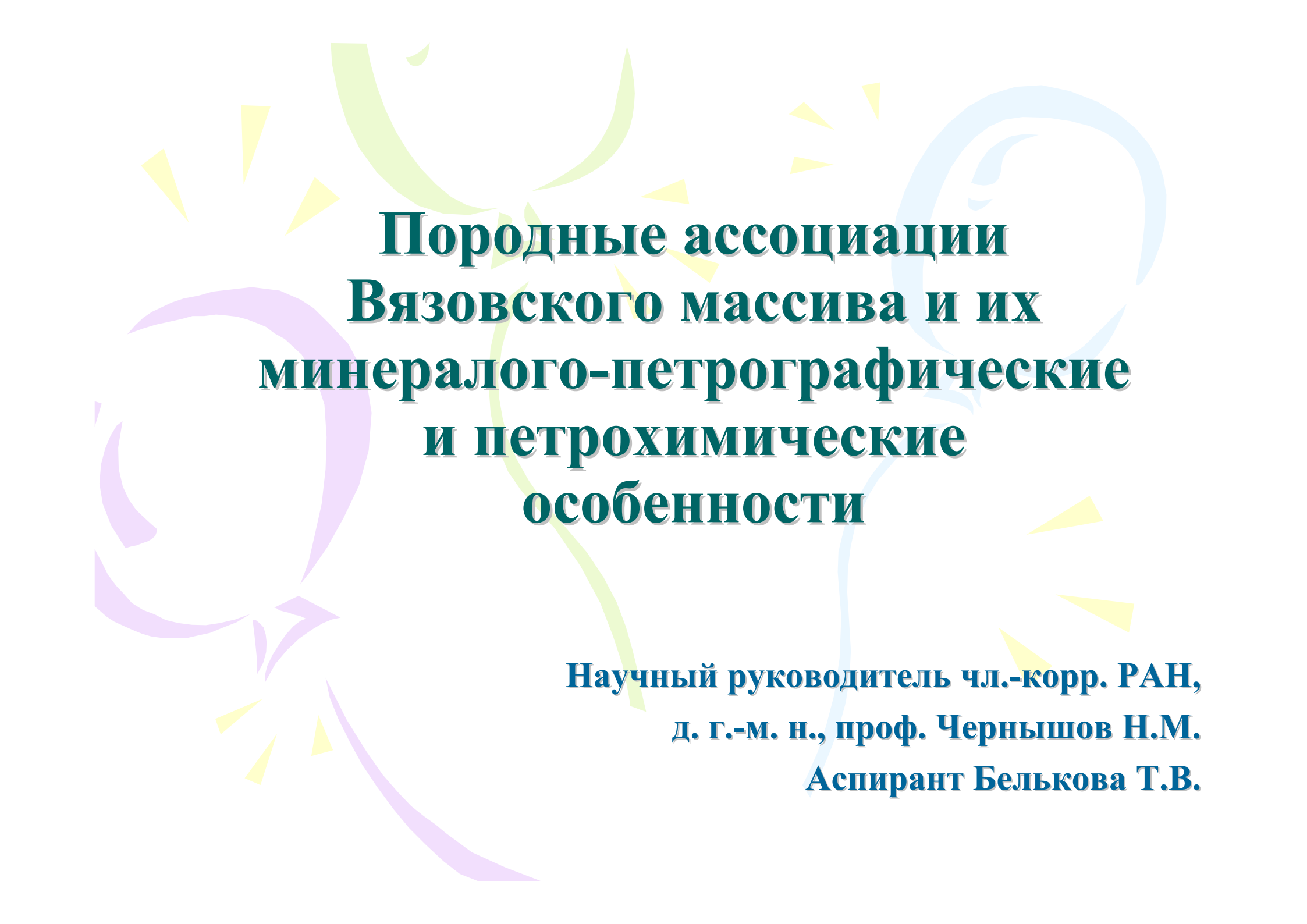
[gladneva\\_tv89@mail.ru](mailto:gladneva_tv89@mail.ru)

Приведены результаты исследования минералого-петрографических и геохимических особенностей породных ассоциаций палеопротерозойского Вязовского массива востока Воронежской области в связи с перспективами обнаружения в нем оруденения еланского типа. Установлено, что Вязовский массив характеризуется специфическим набором породных ассоциаций, принадлежащих к различным структурно-вещественным типам никеленосных мамонского и еланского комплексов. Предполагается, что широкое развитие и многообразие породных ассоциаций в Вязовском массиве обуславливают возможное наличие в его пределах разновозрастного платиноидно-сульфидно-медно-никелевого и малосульфидного платинометального (в расслоенных сериях) типов оруденения.

## **THE ROCKS ASSOCIATION OF VYAZOVSKIY MASSIF AND THEIR MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC AND PETROCHEMICAL FEATURES**

**T.V. Bel'kova**

The research results of mineralogical and petrographic and geochemical features of the rock associations of Paleoproterozoic Viazovsky massif east of the Voronezh region in connection with the prospects of finding it Elan type mineralization. Found that Viazovsky massif characterized by a specific set of rock associations belonging to different structural types of real nickel complexes Mamon and Elan . It is assumed that the widespread development and diversity of rock associations in Viazovsky massif cause the possible presence within it polykhronic PGE - sulfide copper-nickel and low-sulfide platinum ( in fiber series ) types of mineralization.




**Породные ассоциации  
Вязовского массива и их  
минералого-петрографические  
и петрохимические  
особенности**

**Научный руководитель чл.-корр. РАН,  
д. г.-м. н., проф. Чернышов Н.М.  
Аспирант Белькова Т.В.**



# АКТУАЛЬНОСТЬ:

В связи с начавшимся изучением Еланского сульфидно-платиноидно-медно-никелевого месторождения, расположенного в пределах Елань-Коленовского плутона, который по геофизическим данным на глубине порядка 20 км образует единый плутон с Вязовским массивом, и как следствие необходимость наращивания минерально-сырьевой базы стратегически важных металлов особый интерес представляет доизучение и установление критериев оценки рудоносности Вязовского массива на обнаружение в его пределах сульфидно-платиноидно-медно-никелевых месторождений.

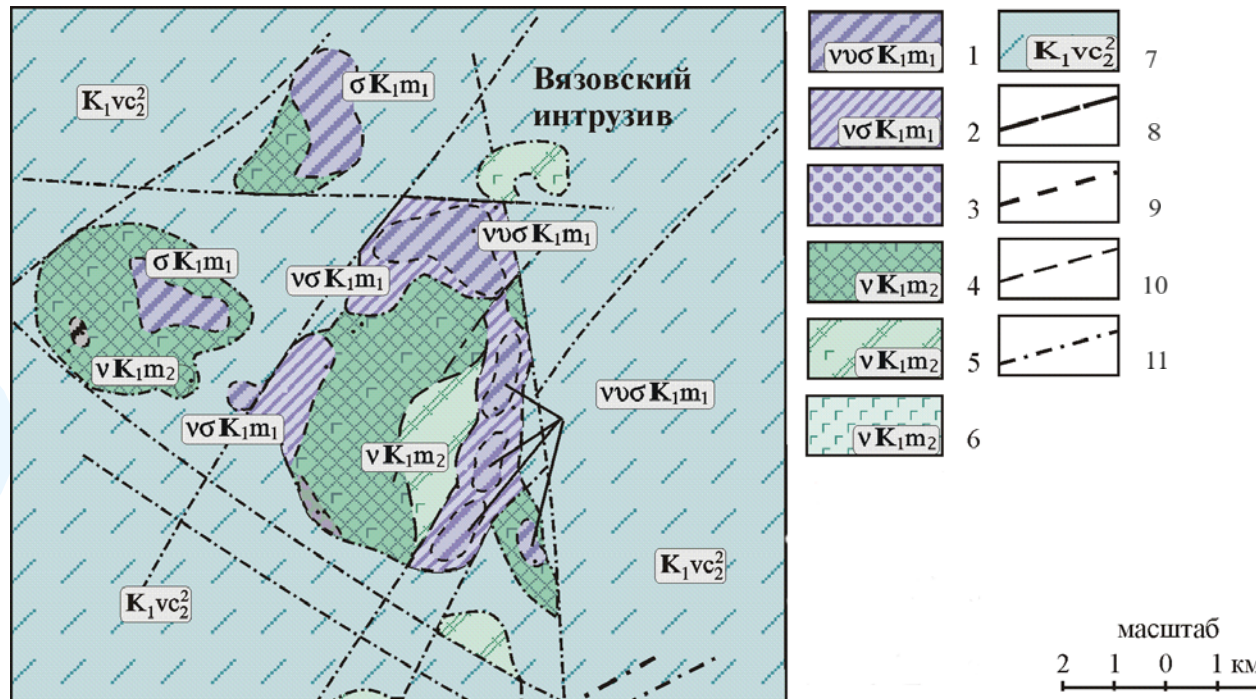




## Цели и задачи:

- Изучение минералого-петрографических и геохимических особенностей породных ассоциаций Вязовского массива
- Выяснение формационной принадлежности пород, т.е. возможное нахождение пород еланского комплекса

# Схема геологического строения Вязовского интрузива (по Н.М. Чернышову, 2004)

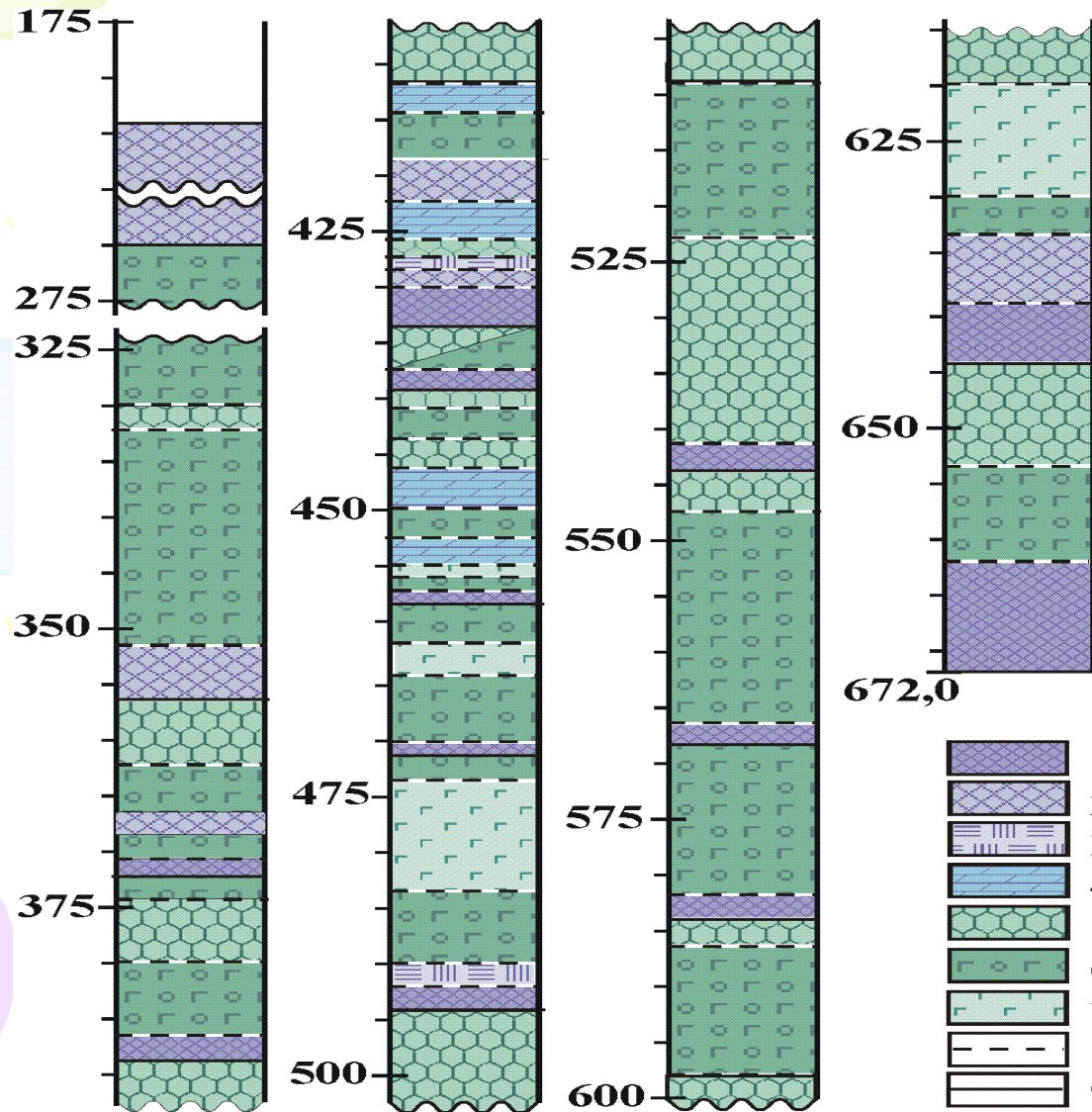


Условные обозначения: 1-2 - ультрамафит-мафитовые породы кумулятивной серии I интрузивной фазы: 1 - ритмичнорасслоенные серии перидотит - пироксенит- меланократовый габбронорит (троктолит) - габбронорит; 2 - чередование троктолитов и оливиновых габброноритов с редкими слоями перидотитов; 3 - ультрамафиты мамонского типа интрузий; 4-6 - мафитовые породы дифференцированной серии габброноритов II интрузивной фазы: 4 - оливиновые и оливин-ортоклазовые габбронориты, 5 - биотит-амфиболовый габбронорит, 6 - биотит-амфиболовый габбронорит и биотитовое габбро; 7- метапесчанники воронцовской серии, 8-11 - контакты интрузивных пород: 8 - интрузивные контакты с вмещающими метапесчанниками воронцовской серии, 9 - межфазовые интрузивные контакты, 10 - постепенные петрографические границы, 11 - тектонические разрывные нарушения.

# Состав структурно-вещественных комплексов Вязовского массива

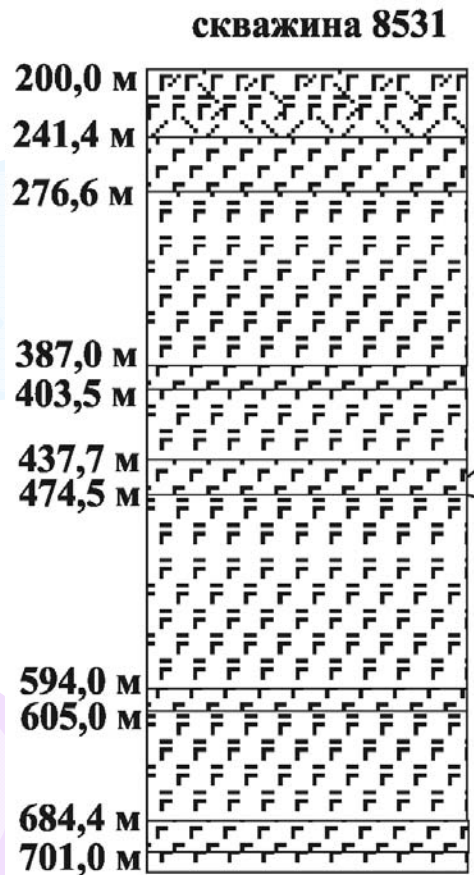
Структурно-вещественные типы интрузий	Состав ассоциаций пород
Мамонский комплекс (дунит-перидотит-габброноритовая формация)	
Ультрамафитовые высоко - и умеренно-магнезиальные в разной мере дифференцированные интрузии, безполевошпатовые (мамонский тип)	Аподунитовые рудные и апоперидотитовые серпентиниты
Ультрамафит (плагиоклазсодержащие)-мафитовые камернодифференцированные (расслоенные) интрузии (елань-вязовский тип)	<p>1. Ранняя ассоциация (фаза): плагиоклазовые перидотиты, оливин-плагиоклазовые вебстериты, оливиновые, оливинсодержащие и безоливиновые габбронориты, троктолиты, ортоклазовые оливинсодержащие габбронориты</p> <p>2. Поздняя ассоциация (фаза): роговообманковые и биотитовые габбронориты, беспироксеновые роговообманковые габбро. Дайковые породы ранней и поздней породных ассоциаций.</p>
Еланский комплекс (ортопироксенит-норит-диоритовая формация)	
	Преимущественно дайковые породы: ортопироксениты, нориты, норит-порфириты, диориты

# Разрез кумулятивной серии первой интрузивной фазы Вязовского массива (скв. № 7623; по [Фролову С.М.]

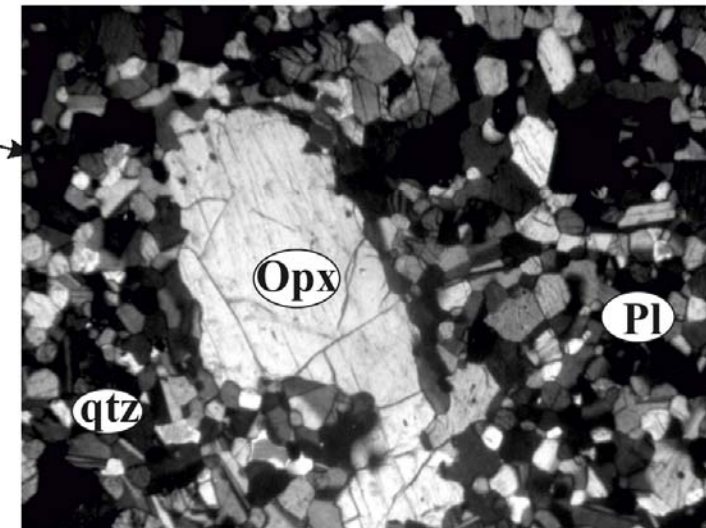
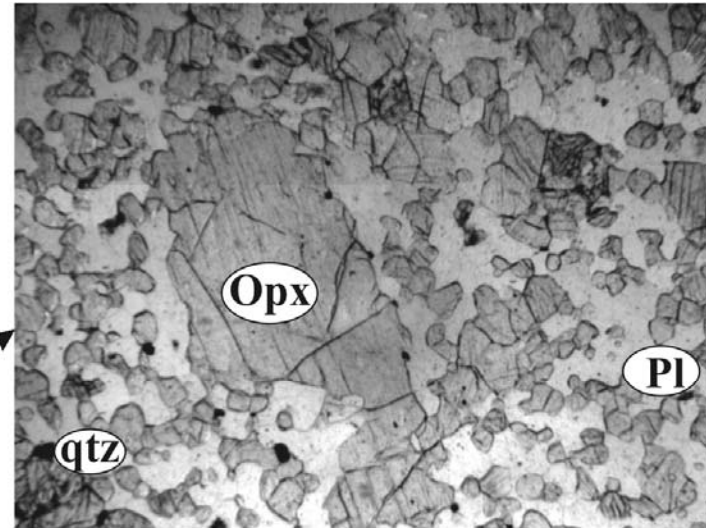


1 - перидотиты (±оливиниты); 2 - флогопитовые перидотиты; 3 - плагиоперидотиты; 4 - пироксениты; 5 - оливиновые (вебстериты); 6 - габбронориты оливиновые; 7 - габбронориты; 8 - постепенный петрографический контакт; 9 - контрастный петрографический контакт.

# Расположение норитов еланского комплекса в скважине 8531 (глубина 444,3м; норит в проходящем свете-вверху; в скрещенных николях-внизу. 1-габбронориты; 2-нориты)



1 2



## Средние химические составы (масс. %) породных ассоциаций Вязовского плутона

	1(11)	2(10)	3(3)	4(3)	5(8)	6(5)
SiO <sub>2</sub>	42,73	44,78	44,18	50,14	50,18	53,66
TiO <sub>2</sub>	0,68	0,21	0,81	0,28	0,49	0,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,81	6,44	3,44	11,43	6,59	14,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7	5,66	1,47	9,85	1,48	1,03
FeO	5,99	9,25	10,11	0	13,02	8,75
MnO	0,17	0,22	0,14	0,13	0,21	0,14
MgO	33,83	27,76	28,71	17,68	20,41	10,65
CaO	5,97	4,82	10,13	6,21	5,89	8,62
Na <sub>2</sub> O	0,23	0,38	0,48	2,34	0,65	1,74
K <sub>2</sub> O	0,23	0,39	0,24	1,8	0,7	0,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,37	0,08	0,3	0,15	0,37	0,16
СУММА	100	100	100	100	100	100
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0,46	0,77	0,71	4,13	1,35	2,5
Кф	27,73	34,93	28,74	35,77	41,53	47,86
Кщ	1,11	1,15	1,11	1,61	1,24	1,25

**Примечание:** 1- апоперидотитовые серпентиниты (мамонский тип); 2-5- породы елань-вязовского типа: 2- плагиоперидотиты; 3- оливиновые пироксениты; 4- троктолиты; 5- габбронориты, в том числе оливинсодержащие; 6- нориты еланского комплекса

Анализы взяты из журнала химических анализов, (аналитик Брюханчик В.Г.), пересчитаны на безводный состав и приведены к 100%

## Заключение:

- Вязовский массив характеризуется специфическим набором породных ассоциаций, принадлежащих к различным структурно-вещественным типам никеленосных мамонского и еланского комплексов
- Широкое развитие и многообразие породных ассоциаций в Вязовском массиве обуславливают возможное наличие в его пределах разновозрастного платиноидно-сульфидно-медно-никелевого и малосульфидного платинометального (в расслоенных сериях) типов оруденения



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**

## **ОРУДЕНЕНИЕ В УЛЬТРАОСНОВНЫХ-ОСНОВНЫХ МЕТАПОРОДАХ ЛЬГОВСКО-РАКИТНЯНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА КМА**

**Е.М. Боброва**

[samorodok2006@mail.ru](mailto:samorodok2006@mail.ru)

Исследованы характерные особенности распределения цветных и благородных металлов в метамородах коматиит-толеитовой ассоциации мезоархейского Льгшовско-Ракитнянского (Белгородско-Михайловского) зеленокаменного пояса Воронежского кристаллического массива. Установлено, что наибольшие концентрации хрома, никеля и кобальта характерны для метакоматиитов, тогда как повышенные концентрации меди наблюдаются в высокомагнезиальных metabasalts. Выделено три типа сульфидных ассоциаций. Показано, что ультраосновные-основные метамороды Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса характеризуются совмещением раннего собственно магматического мелкомасштабного сульфидного медно-никелевого с золотом и платиноидами оруденения, с последующими проявлениями благороднометалльного оруденения гидротермально-метасоматического генезиса.

## **ORE MINERALIZATION IN ULTRABASIC-BASIC METAMORPHIC ROCKS OF LGOVSKO- RAKITNYANSKY GREENSTONE BELT OF KMA**

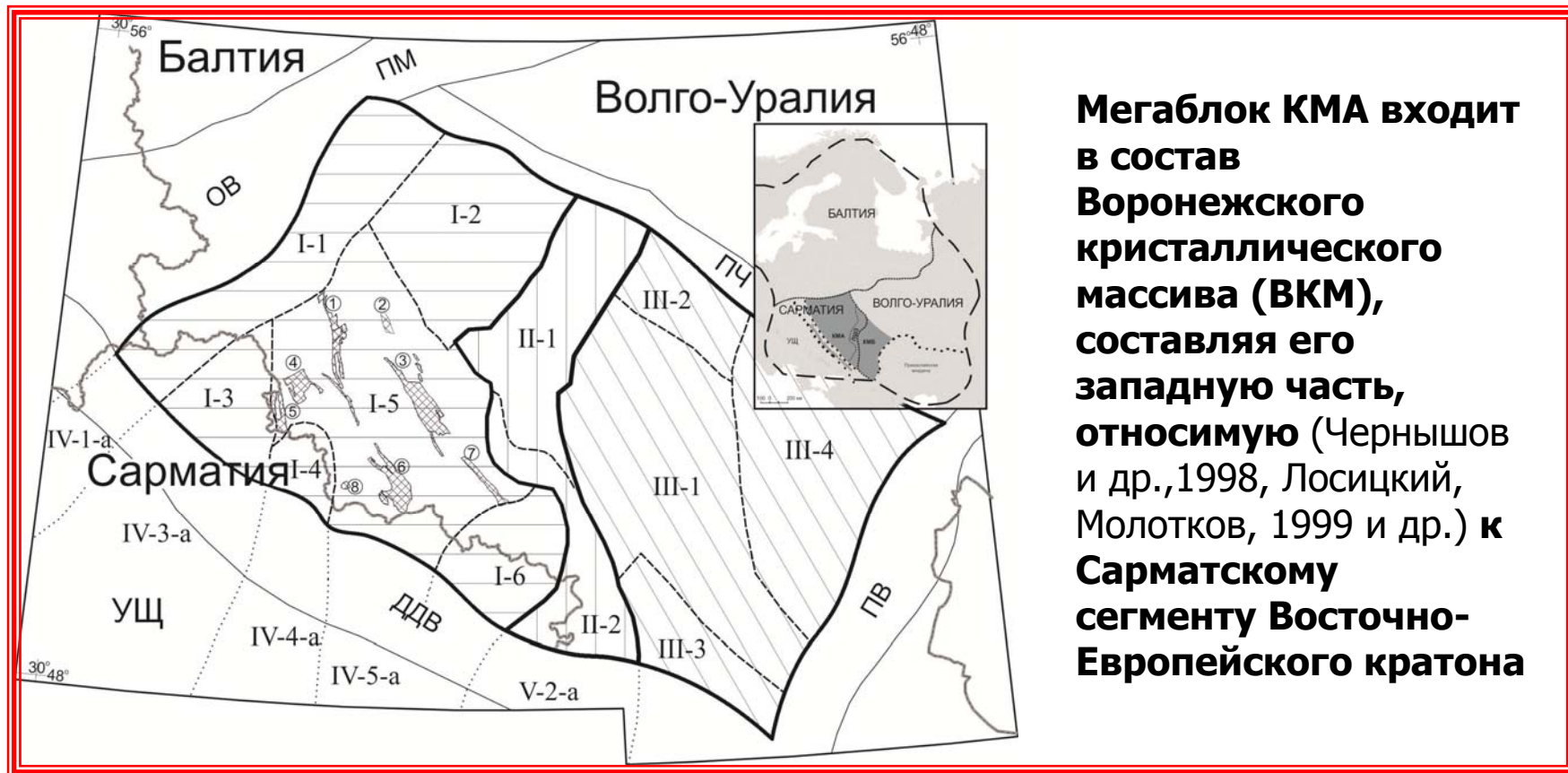
**E.M. Bobrova**

The characteristic features of the distribution of non-ferrous and precious metals in metamorphic rocks of komatiite- tholeiitic association of Mesoarchean Lgshovsko - Rakitnyansky (Belgorod-Mikhailovsky) greenstone belt of Voronezh crystalline massif. Found that the highest concentrations of chromium, nickel and cobalt are characteristic komatiit - association , whereas elevated copper concentrations observed in the high-Mg metabasalt . Three types of sulfide associations. It is shown that the basic - ultrabasic rocks of Lgovsko-Rakitnyansky - greenstone belt characterized by a combination of early small-scale magmatic actually sulphide copper - nickel with gold and PGE mineralization, followed by manifestations of noble-metal mineralization of hydrothermal-metasomatic origin.

**Оруденение в ультраосновных-  
основных метапородах  
Льговско-Ракитнянского  
зеленокаменного пояса КМА**

*Боброва Е.М.*

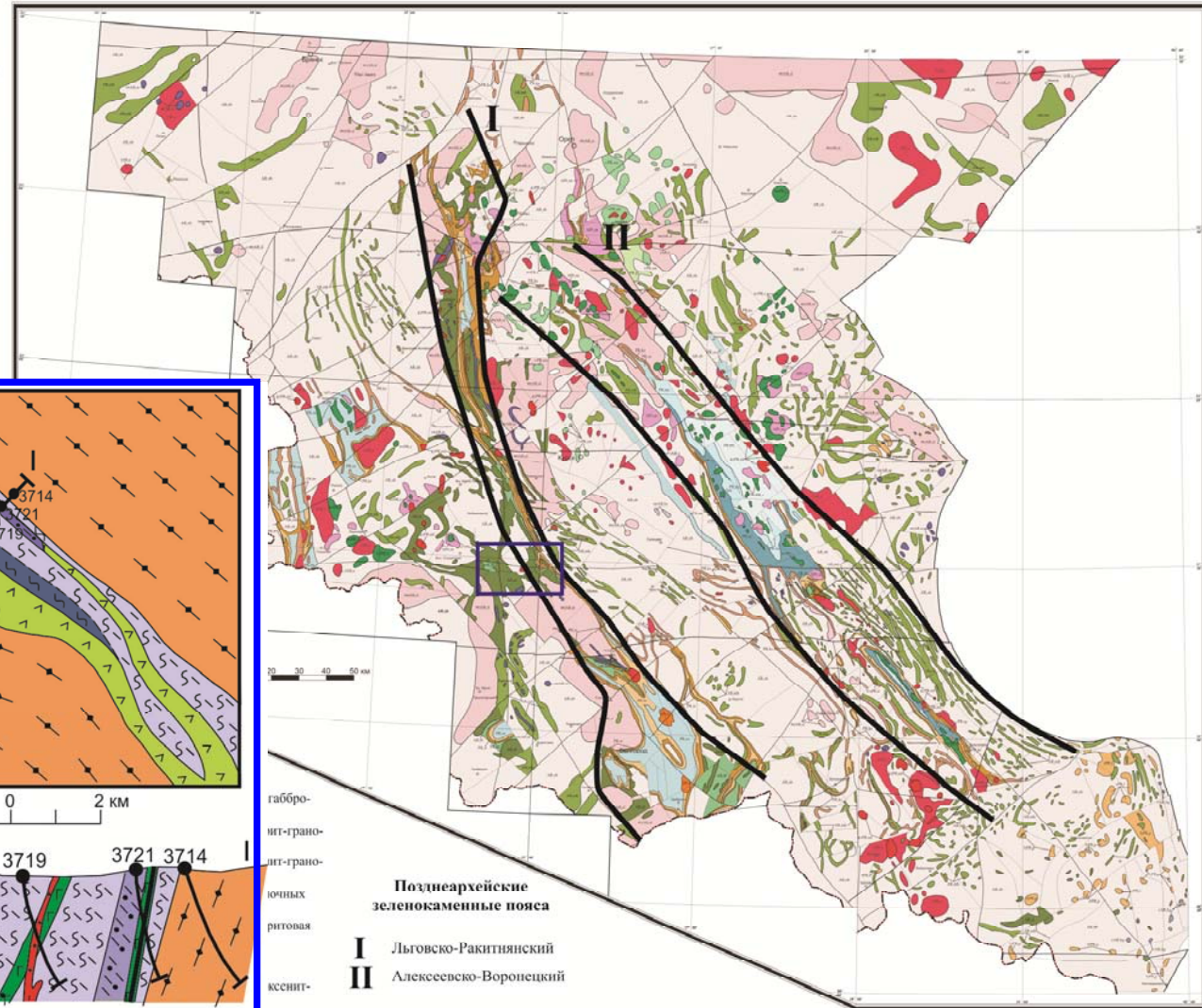
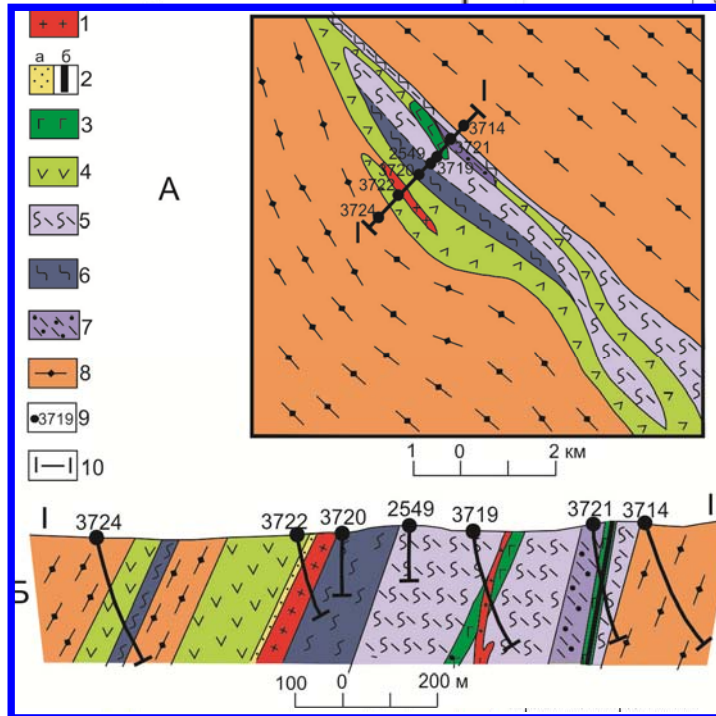
## Схема структурно-формационного районирования Воронежского кристаллического массива



# Геологическая карта КМА

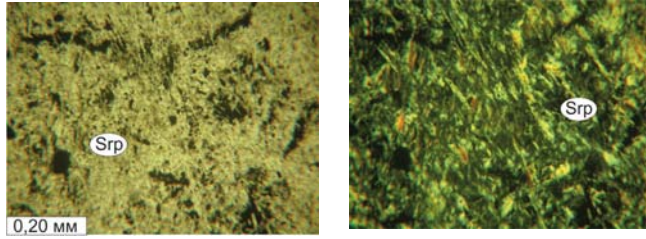
## Региональные стратиграфические подразделения Курского блока

- Нижний архей (саамий)**  
 Обоинская серия: метабазит-гранулит-гнейсовая, метатраувакковая, метатранодiorит-гнейсовая, железисто-кальцифер-копалитовая формации.
- Верхний архей (лопий)**  
 Михайловская серия  
 Михайловская серия нерасчленённая.
- Нижний лопий**  
 Алекадировская свита: коматинит-базальтовая формация с железистыми кварцитами.
- Средний и верхний лопий**  
 Лебединская свита: риодацит-андезит-бальтовая формация с кварцитами и метапесчаниками.
- Нижний протерозой (карелий)**  
 Нижний карелий  
 Курская серия  
 Курская серия нерасчленённая.

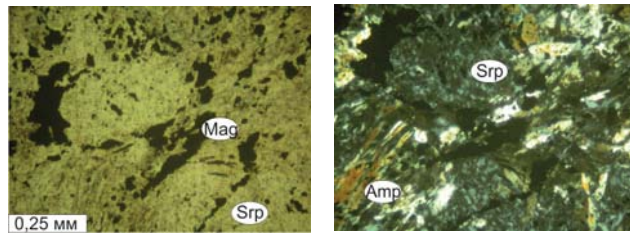


Составлена Молотков С.П. и др., 1999г. Под ред Чернышов Н.М.

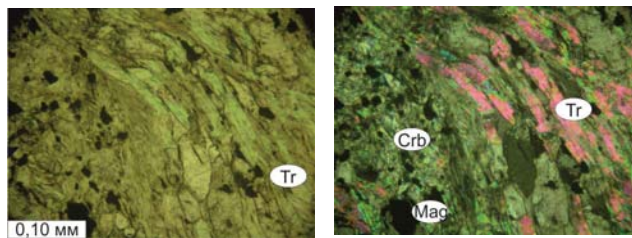
# Петрографический состав метаморфоз Львовско-Ракитнянского пояса



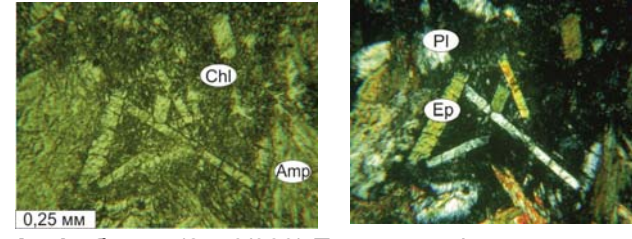
**Серпентинит** (3722/612,7) Структура петельчатая



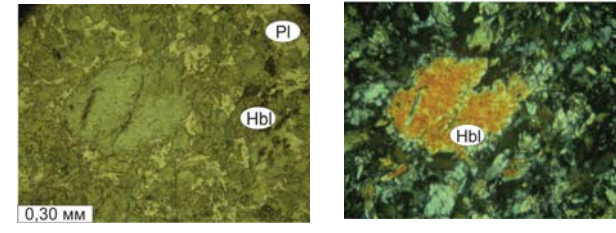
**Амфибол-серпентиновая порода** (3719/515-521). Структура нематобластовая, реликтовая порфировая. Псевдоморфозы серпентина по оливину



**Тремолит-карбонатная порода** (3721/499-503). Структура нематобластовая, фибробластовая



**Амфиболит** (2546/383) Псевдоморфозы эпидота по плагиоклазу образуют лучистую структуру

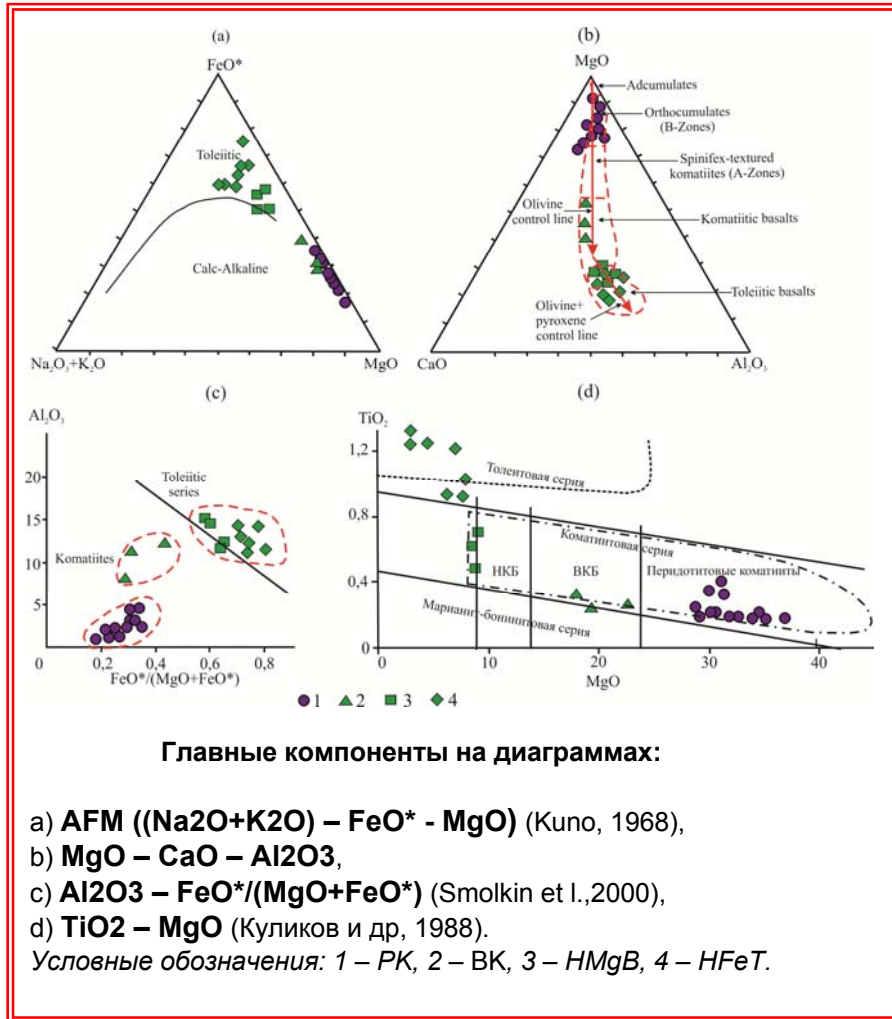


**Амфиболит** (2546/439,1) Структура порфиробластовая реликтовая порфирированная

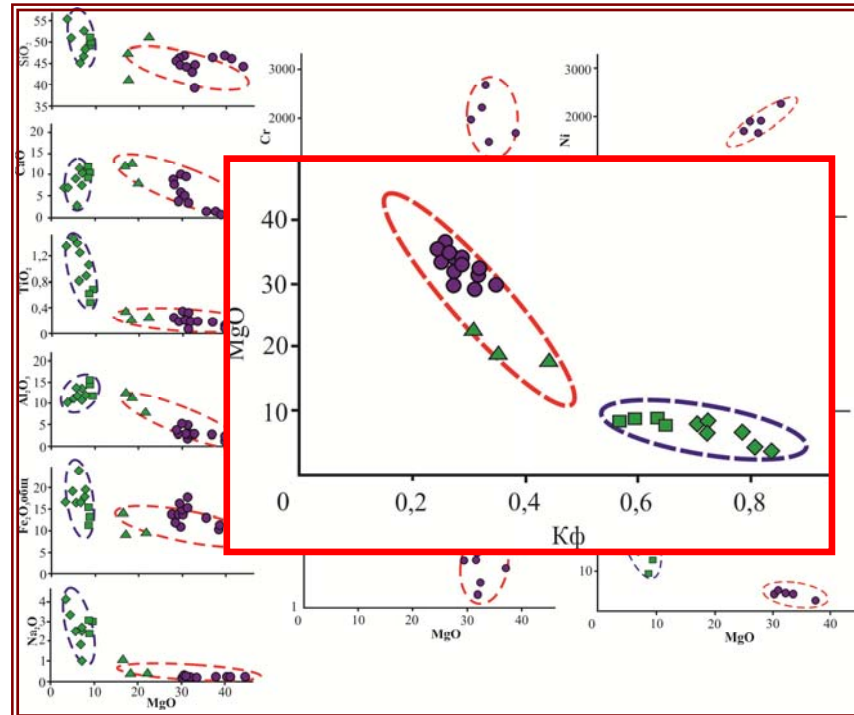
**Ультраосновные-основные породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций** (Крестин, 1980; Чернышов и др., 1981; Бочаров и др., 1993)



# Петрохимическая характеристика метапород Льговско-Ракитнянского пояса



Ультрамафит-мафитовые соответствуют двум магматическим сериям –  
**коматиитовой** (перидотитовые и базальтовые коматииты) и  
**толеитовой** (высокомagneзиальные базальты и высокожелезистые толеиты )



# Оруденение в метапородах коматиит-толеитовой ассоциации Льговско-Ракитнянского пояса

## Содержания (г/т) рудных компонентов

Породы	Cr	Ni	Co	Cu
Перидотитовые коматииты (n=6)	1528,6-2733,0	1683,0-2277,5	100,0-117,0	3,70-47,5
Высокомагнезиальные базальты (n=4)	147,0-416,0	94,8-147,0	50,70-70,0	149,0-509,0
Высокожелезистые толеиты (n=8)	7,4-218,0	32,4-166,0	39,20-91,80	29,6-228,0

## Содержания (мг/т) благородных металлов

( по Бочаров и др., 1985, Чернышов, 1994, 1998, 2004)

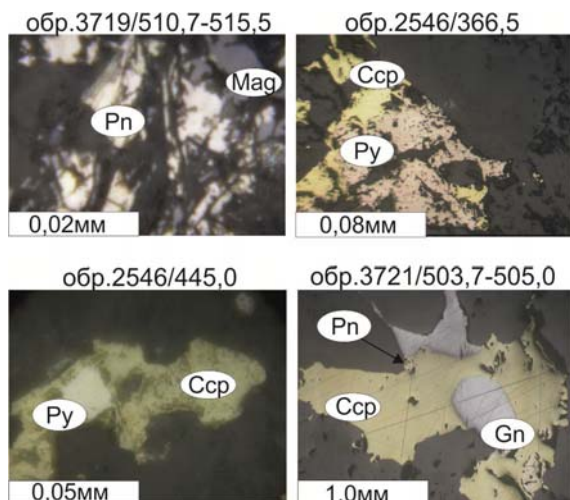
Породы	Pt	Pd	Au	Pd/Pt
Перидотитовые коматииты (n=6)	20	4,7	4,6	0,23
Перидотитовые коматииты с сульфидной минерализацией (n=1)	60	23,3	-	0,38
Пироксеновые коматииты (n=2)	14,5	5,3	2,5	0,36
Коматиитовые базальты (n=20)	9,0	4,0	-	0,44
Толеитовые базальты (n=5)	7,5	5,5	-	0,73

## Сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение

( по Бочаров и др., 1985, Чернышов, 1994, 1998, 2004)

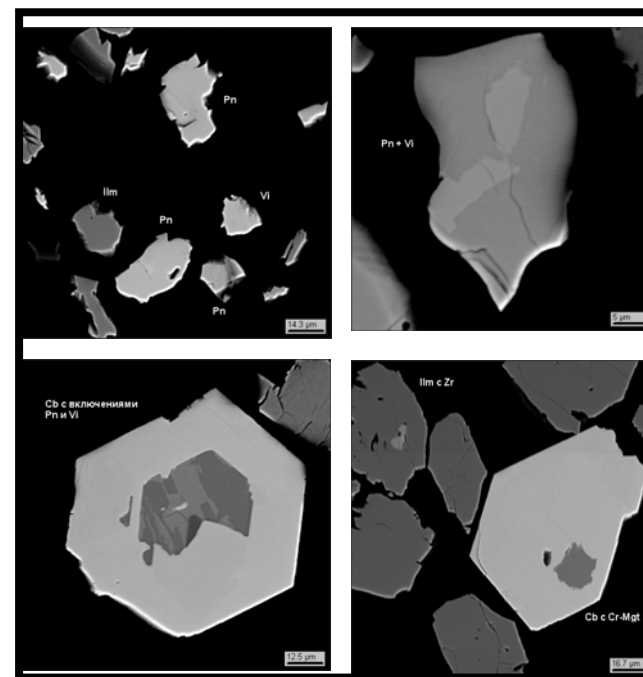
Сингенетичный	Эпигенетичный (гидротермально-метасоматический)	
	<i>полидимитовый</i>	<i>миллерит-пиритовый</i>
вкрапленные, прожилково-вкрапленные зоны	вкрапленные зоны	карбонатные прожилки зон дробления
троилит, гексагональный пирротин, пентландит, халькопирит, виоларит, никелин и др.	полидимит, миллерит, халькопирит, реликтовый пентландит	миллерит, пирит, пирротин, халькопирит

# Оруденение в метапородах коматиит-толеитовой ассоциации Льговско-Ракитнянского пояса



Ведущие сульфиды

**Халькопирит, Пентландит,  
Пирротин, Пирит**



**кобальтин, виоларит, ваэсит,  
кубанит, бравоит, миллерит**

Сульфидная ассоциация/ Минерал	Халькопирит	Пентландит	Пирротин	Пирит	Галенит
<b>Пирит-пирротин-пентландит-халькопиритовая</b> вкрапленного типа	<b>Cu (33,36-36,61)</b> <b>Fe(29,03-30,65)</b> <b>S (33,37-35,77)</b> <i>Ni (до 0,22)</i> <i>Co (до 0,22)</i> <i>As (до 0,40)</i> <i>Zn (до 1,12)</i> <b>Au (до 0,288)</b> <b>Pt (до 0,254)</b>	<b>Fe (29,40-31,85)</b> <b>Ni (33,29-36,00)</b> <b>S (32,06-32,34)</b> <i>Co (0,25 – 5,65)</i> <i>As (до 1,94)</i> <i>Zn (до 0,06)</i>	<b>Fe (58,47-60,82)</b> <b>S (38,16-39,73)</b> <i>Ni (0,06 – 1,02)</i> <i>Co (0,09 - 0,24)</i> <i>As (до 0,32)</i> <i>Zn (до 0,88)</i>	<b>Fe (45,36-46,35)</b> <b>S (52,61-54,83)</b> <i>Ni (0,06 – 1,03)</i> <i>Co (0,44 - 1,52)</i> <i>Pb (до 0,38)</i>	
<b>Пирит-халькопиритовая</b> (кварцевые прожилки)	<b>Cu (35,23-36,82)</b> <b>Fe (29,14-30,15)</b> <b>S (34,18-34,95)</b> <i>Co (до 0,11)</i> <i>Zn (0,16 – 0,25)</i> <b>Pt (до 0,245)</b>			<b>Fe (45,81-47,31)</b> <b>S (51,42-53,93)</b> <i>Ni (до 0,63)</i> <i>Co (0,11 – 1,09)</i> <i>Zn (0,11 – 0,19)</i> <i>Pb (до 0,42)</i>	
<b>Пентландит-пирротин-галенит-халькопиритовая</b> (карбонатные прожилки)	<b>Cu (29,21-31,75)</b> <b>Fe (33,85-34,95)</b> <b>S (34,01-35,48)</b> <i>Ni (до 0,20)</i> <i>Zn (0,05 – 0,08)</i>	<b>Fe (29,66-31,08)</b> <b>Ni (32,55-34,81)</b> <b>S (33,81-35,19)</b> <i>Co (0,04 – 2,47)</i>	<b>Fe (56,2-57,85)</b> <b>S (39,23-41,82)</b> <i>Ni (1,02 – 1,53)</i> <i>Co (до 0,15)</i>		<b>Pb (82,92-86,60)</b> <b>S (12,73-13,21)</b> <i>Ni (до 0,06)</i> <i>Bi (1,80 – 2,01)</i> <b>Ag (0,452 – 0,505)</b>

*Примечание: жирным шрифтом обозначены минералообразующие элементы, курсивом – примесные. Красным цветом выделены благородные металлы. Значения приведены в мас.%*

## Основные выводы

---

1. **Ультраосновные-основные метاپороды петрохимически относятся к коматиитовой – перидотитовые коматииты, коматиитовые базальты, и толеитовой сериям – высокомагнезиальные базальты и высокожелезистые толеиты.**
2. **Изучение распределения цветных и благородных металлов в метापородах коматиит-толеитовой ассоциации выявило наибольшие концентрации хрома, никеля и кобальта в метакоматиитах, тогда как повышенные концентрации меди наблюдаются в высокомагнезиальных метабазалятах. Впервые выделено три типа сульфидных ассоциаций. Показано, что ультраосновные-основные метापороды Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса характеризуются совмещением раннего собственно магматического мелкомасштабного сульфидного медно-никелевого с золотом и платиноидами оруденения, с последующими проявлениями благороднометалльного оруденения гидротермально-метасоматического генезиса.**



**Благодарю за внимание!**

***Боброва Е.М.***

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ПОКРОВНЫХ БАЗАЛЬТОВ ПОКРОВО-КИРЕЕВСКОГО МАССИВА  
(ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКИЙ АВЛАКОГЕН)**

**Е.А. Гурина**

[katgeolog@mail.ru](mailto:katgeolog@mail.ru)

Проведено исследование девонских покровных базальтов Покрово-Киреевского массива, было обнаружено, что изучаемый покров состоит из 6 потоков, средняя мощность которых варьируется от 10 до 30 м. Рассмотрены структурно-текстурные особенности различных частей потоков. Отмеченная во всех зонах покровных базальтов медная минерализация позволяет рассматривать Покрово-Киреевский комплекс как перспективный на обнаружение промышленно-значимых скоплений полезных ископаемых.

**GEOLOGICAL AND PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF FLOOD BASALTS  
OF POKROVO-KIREEVSKIY MASSIF (DNIEPER-DONETS AULACOGENS)**

**E.A. Gurina**

A study of the Devonian flood basalts Pokrovo-Kireyevski massif, it was found that the studied cover consists of 6 streams, the average power ranging from 10 to 30 m are considered structural and textural features of the various parts of the flows. Marked in all areas of flood basalts copper mineralization can be considered Pokrovo-Kireyevsky complex as promising for the detection of significant clusters of industrial minerals.

# Геологическое строение и петрографическая характеристика покровных базальтов Покрово- Киреевского массива (Днепровско- Донецкий авлакоген)

ВЫПОЛНИТЕЛЬ:

СТУДЕНТКА 4 КУРСА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА  
КАФЕДРЫ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОХИМИИ

ГУРИНА

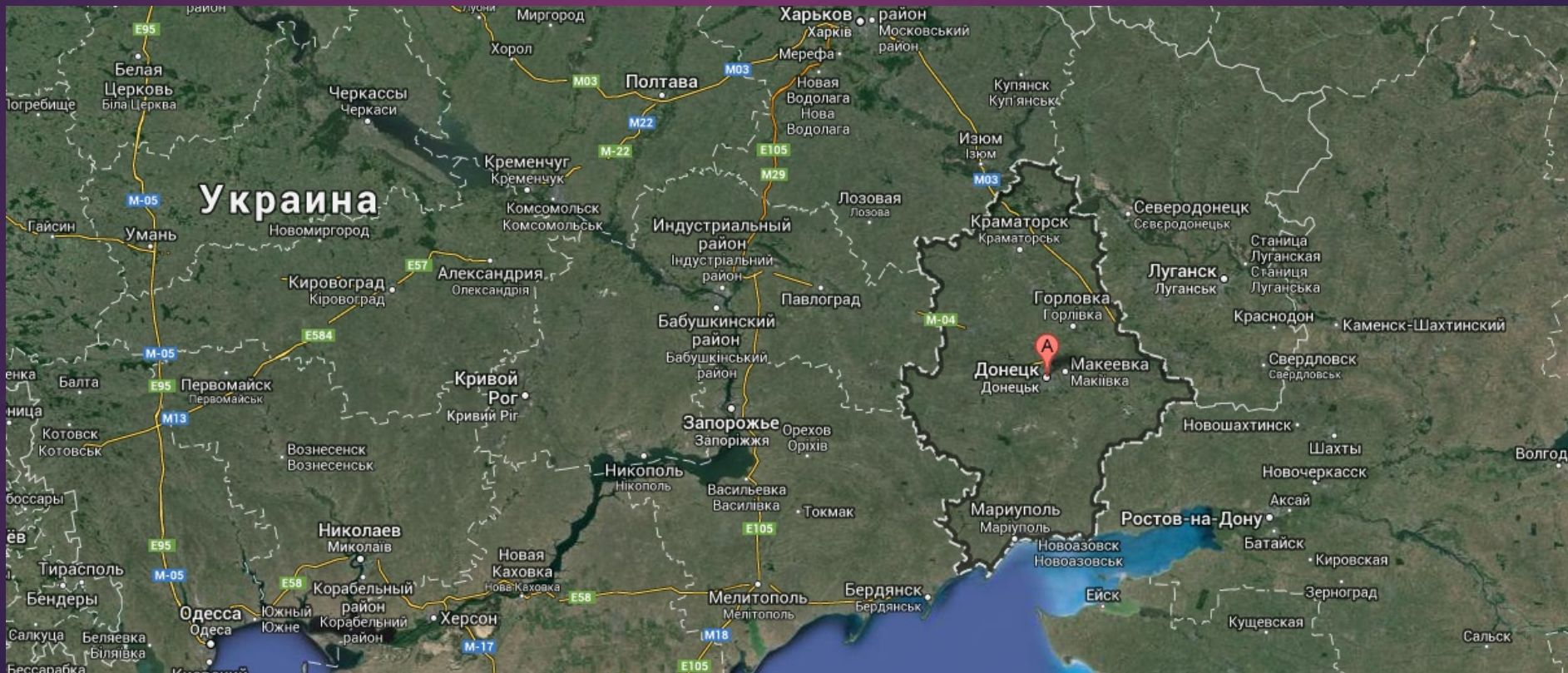
РУКОВОДИТЕЛЬ: ЧЕРНЫШОВА

ВОРОНЕЖ 2013

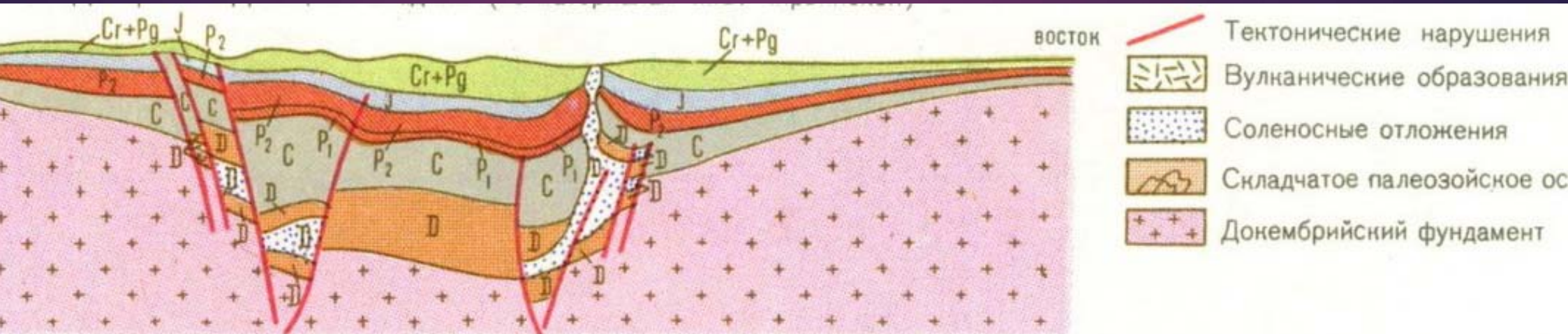
# Расположение массива

Масштаб 1 : 3000

Покрово-Киреевский массив находится в с. Кумачово Старобешевского района Донецкой области. В связи с чем, геологию района можно пронаблюдать, исходя из особенностей развития Днепровско-Донецкого авлакогена, расположенного на Восточно-Европейской платформе.



# Разрез Днепровско-Донецкого авлакогена (по материалам М. В. Чирвинской)



# Тектоническая карта Днепровско-Донецкого авлакогена и прилегающих территорий

В Днепровско-Донецком авлакогене под влиянием погружений в Средиземноморском поясе в позднем девоне возобновилось погружение, сопровождавшееся подвижками по продольным и более редким поперечным сбросам и вспышкам вулканизма. С тектонической перестройкой были связаны вспышки базальтового вулканизма, базитового и щелочно-ультрабазитового интрузивного магматизма.

На рубеже девона и карбона грабеобразование прекратилось и в течении карбона происходило общее, в целом компенсированное погружение. В последующее время в палеогеографическом отношении Днепровско-Донецкий авлакоген представлял собой глубоко вдавившийся с востока между поднятиями Украинского щита и Воронежской антеклизы залив, периодически осушавшийся и вновь затоплявшийся морскими водами



# Легенда к тектонической карте Днепровско-Донецкого авлакогена и прилегающих территорий

МЕЖДУНАРОДНАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ КАРТА ЕВРОПЫ, 1:5 000 000

ЛИСТ 5

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, СОБЫТИЯ И КОМПЛЕКСЫ ГОРНЫХ ПОРОД АКТИВНЫХ ОКРАИН ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ ПОЗДНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ - ФАНОЗОЯ									
К О Н В Е Р Г Е Н Т Н Ы Е О К Р А И Н Ы									
СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРВАЛ И ХАРАКТЕРНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ - ФАЗЫ, ЭПОХИ	ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ - ДЕЛЕНИЕ ПО ВОЗРАСТУ (цифрами указан радиовирическая возраст границ комплексов, млн. лет)	ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВНИХ КОМПЛЕКСОВ	ОФИОЛИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ (по времени метаморфического сплавания)	СУТУРЫ	ВУЛКАНЫ ИБЕОГО ТИПА (тип, датировка и метаморфизм) - вулканические особые комплексы	МОЛЛАСА	ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННЫХ АКТИВНЫХ ОКРАИН	ДИФФЕРЕНТНЫЕ ОКРАИНЫ (ГРАНИЦЫ)	ТРАНСФОРМНЫЕ ГРАНИЦЫ
Н О Т И Н Е Н Т Ы									
ПЛАТФОРМЕННЫЕ И "ПРОТОПЛАТФОРМЕННЫЕ" ЧЕЛЫ*									
ДЕФОРМИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЕННЫЕ ЧЕЛЫ									
О К Р А И Н Ы									
$N_0$ (тортон) - $N_1-Q$	$C_2$	$C_2$	Нерасчлененный		$IV_1^1$	$IV_1^1$	Вулканические островные дуги	5 10	Антиклинальные разломы
$P_2-N_1$	$C_2$	$C_2$			$IV_2^1$	$IV_2^1$	Невулканические островные дуги (экстензионные разломы)	13 38-40	Антиклинальные разломы
$P_2$ - низы $P_3$	$C_2$	$C_2$			$IV_3^1$	$IV_3^1$	Глубоководные ямочки	25 53-58	Омываемые и древние разломы
(сантон) - южная - маастрихт - $P_1$	$LM_2$	$LM_2$			$IV_4^1$	$IV_4^1$	Междубочья	34 84	
(ап) - альб - когельм - (сантон), островная фаза	$LM_2$	$LM_2$			$IV_5^1$	$IV_5^1$	Забужские ямочки и крутые склоны	MI 110-120	
$J-N_1$ (южком), поздние номера	$EM_2$	$EM_2$			$IV_6^1$	$IV_6^1$	Линейные магнитные осадки и их нагромождение	MIО 190-200	
(ап) - альб - когельм - (сантон), островная фаза	$EM_2$	$EM_2$			$IV_7^1$	$IV_7^1$	Базальты		
$T$ - низы $J_1$ , ранние номера	$EM_2$	$EM_2$			$IV_8^1$	$IV_8^1$	Щелочные вулканы		
$P_1$ (пальмская (пальмская) фаза)	$LP_2$	$LP_2$			$IV_9^1$	$IV_9^1$	Граниты современной океанической и континентальной коры		
$C_{2,3}$ (астурская фаза)	$LP_2$	$LP_2$			$IV_{10}^1$	$IV_{10}^1$	Изогипсы слоя осадков на океанической коре (м)		
$C_1$ (турне-серпуховский), судетская фаза	$LP_2$	$LP_2$			$IV_{11}^1$	$IV_{11}^1$	Олистокрылы		
$EP_3$ - эокарические фазы (лигерская, молдавская)	$EP_2$	$EP_2$			$IV_{12}^1$	$IV_{12}^1$	Ультрасовые		
$EP_2$ - позднелигурийские фазы (сильбарская и др.)	$EP_2$	$EP_2$			$IV_{13}^1$	$IV_{13}^1$	Основае (габбро и пр.)		
$S$ - (низы $V$ ), поздние номера	$EP_2$	$EP_2$			$IV_{14}^1$	$IV_{14}^1$	Щелочные гранитоиды		
$(V_1)-V_{2,3}$	$EP_2$	$EP_2$			$IV_{15}^1$	$IV_{15}^1$	Афгитовый метаролит		
$S$ - низы $V$ , ранние номера (финишерская) складчатость	$EP_2$	$EP_2$			$IV_{16}^1$	$IV_{16}^1$	Вулканические нерасчлененные		
Поздний рифей - оев	$P_2$	$P_2$			$IV_{17}^1$	$IV_{17}^1$	Ультрасовые		
Поздний рифей	$P_2$	$P_2$			$IV_{18}^1$	$IV_{18}^1$	Основае (габбро и пр.)		
Средний рифей	$P_2$	$P_2$			$IV_{19}^1$	$IV_{19}^1$	Щелочные гранитоиды		
Ранний рифей, кибарды (Африна)	$P_2$	$P_2$			$IV_{20}^1$	$IV_{20}^1$	Афгитовый метаролит		
Сенокфенская эпоха	$P_2$	$P_2$			$IV_{21}^1$	$IV_{21}^1$	Вулканические нерасчлененные		
Нарельская, вбурнейская (Африна) эпохи	$P_2$	$P_2$			$IV_{22}^1$	$IV_{22}^1$	Ультрасовые		
Поздний архей	$P_2$	$P_2$			$IV_{23}^1$	$IV_{23}^1$	Основае (габбро и пр.)		
Ранний архей	$P_2$	$P_2$			$IV_{24}^1$	$IV_{24}^1$	Щелочные гранитоиды		
Древнейшие комплексы архей	$P_2$	$P_2$			$IV_{25}^1$	$IV_{25}^1$	Афгитовый метаролит		

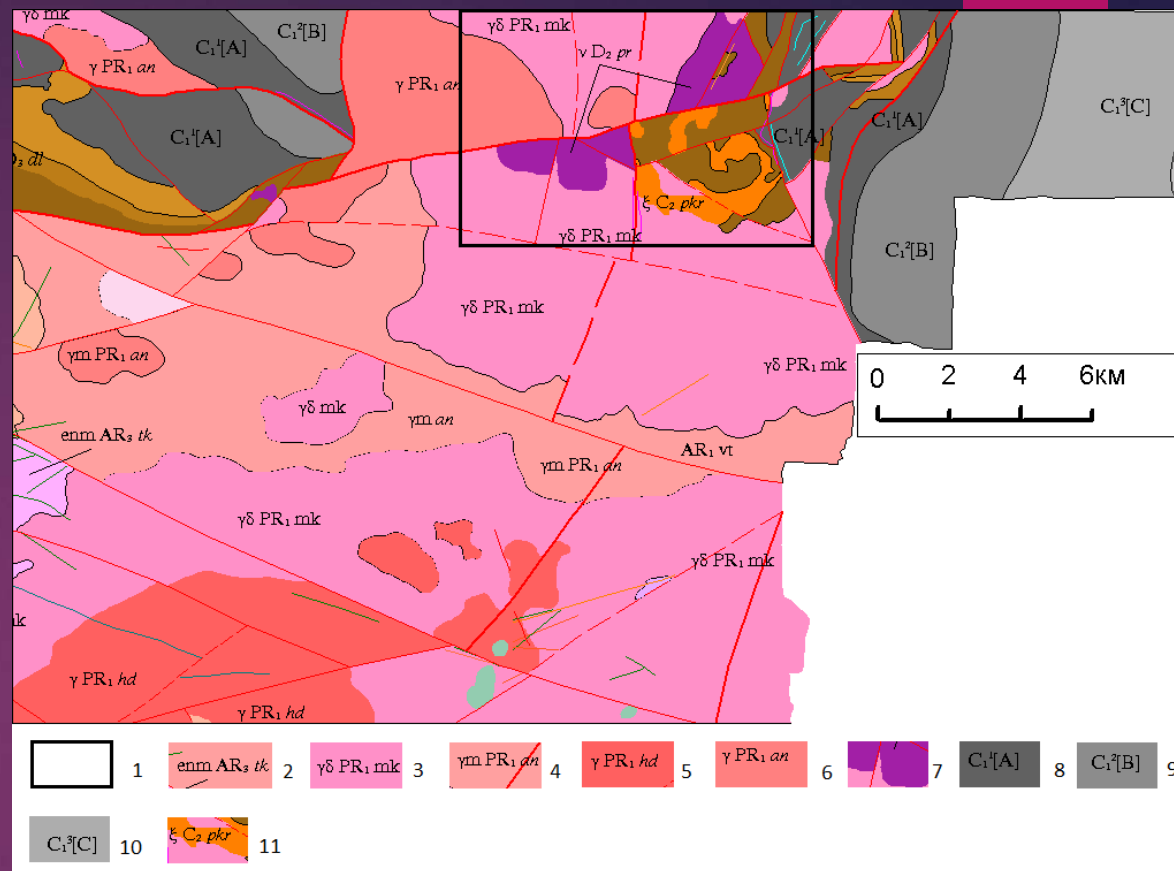
Примечания: 1. Расчленение чехлов дано по изолитам (суммарной мощности). Цвет при этом выбирается с соответствии с возрастом верхних комплексов чехла и каждой провинции и соответствует с легендой. При мощности верхних комплексов менее 1 км, как правило, они цветом не выделяются и обозначаются лишь контуром их распространения. 2. Вулканические образования (граниты и др.) на платформах в зависимости от их возраста находят отражение в фоне верхнего чехла.

# Тектоническая схема Днепровско-Донецкого авлакогена



1 – рифейские грабены; 2- среднепалеозойские грабены и их краевые сбросы; 3 – позднепалеозойская Донецкая складчатая зона; 4 - ее краевые надвижки и Преддонецкий краевой прогиб; 5 – Украинский щит; 6 – палеозойский чехол антеклиз, седловин, склонов щита; 7 – мезокайнозойский платформенный чехол; 8 – линия профилей. [1]

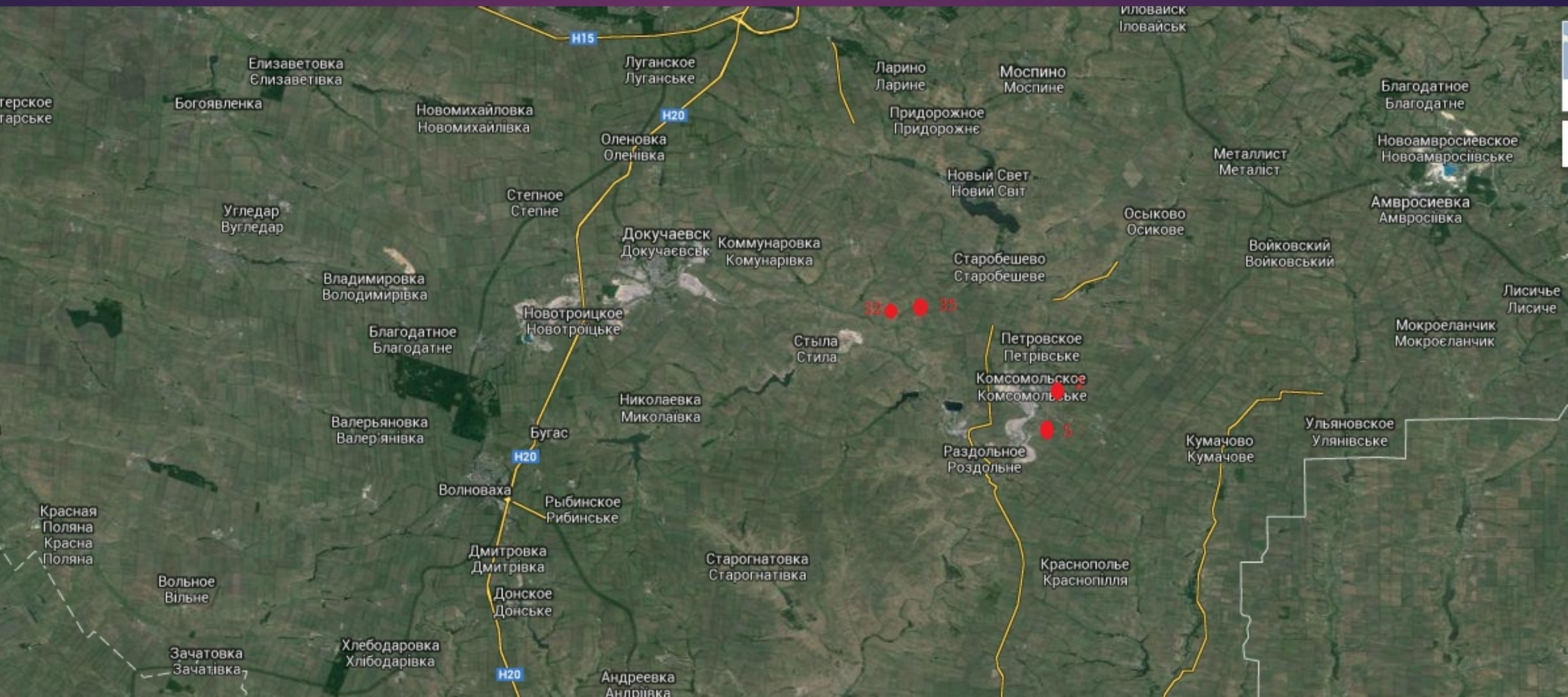
Покрово-Киреевский интрузивный комплекс выявлен на небольшой площади в верховьях реки Грузский Еланчик в сложном тектоническом узле. Массив имеет неоднородное строение, обусловленное наличием среди пород останцев девонских эффузивных пород толеитового и щелочного состава и докембрийских граносиенитов. Большинство мелких массивов являются трещинными интрузиями, значительно удалёнными от крупного тела у с. Кумачово



Позиция Покрово-Киреевского массива на геологической схеме  
 1 – контур участка Покрово-Киреевского массива; 2 – метаморфические образования позднеархейского возраста; 3 – гранодиориты амфиболовые и биотитовые; 4 – граниты анадольского комплекса раннего протерозоя; 5 – граниты хлебодаровского комплекса раннего протерозоя; 6 – граниты анадольского комплекса раннего протерозоя; 7 – ультраосновные и основные породы Покрово-Киреевского комплекса; 8 – осадочные образования нижнего карбона (свита А);  
 9 – осадочные образования нижнего карбона (свита В); 10 – осадочные образования нижнего карбона (свита С); 11 – щелочные породы Покрово-Киреевского комплекса.

# Расположение скважин

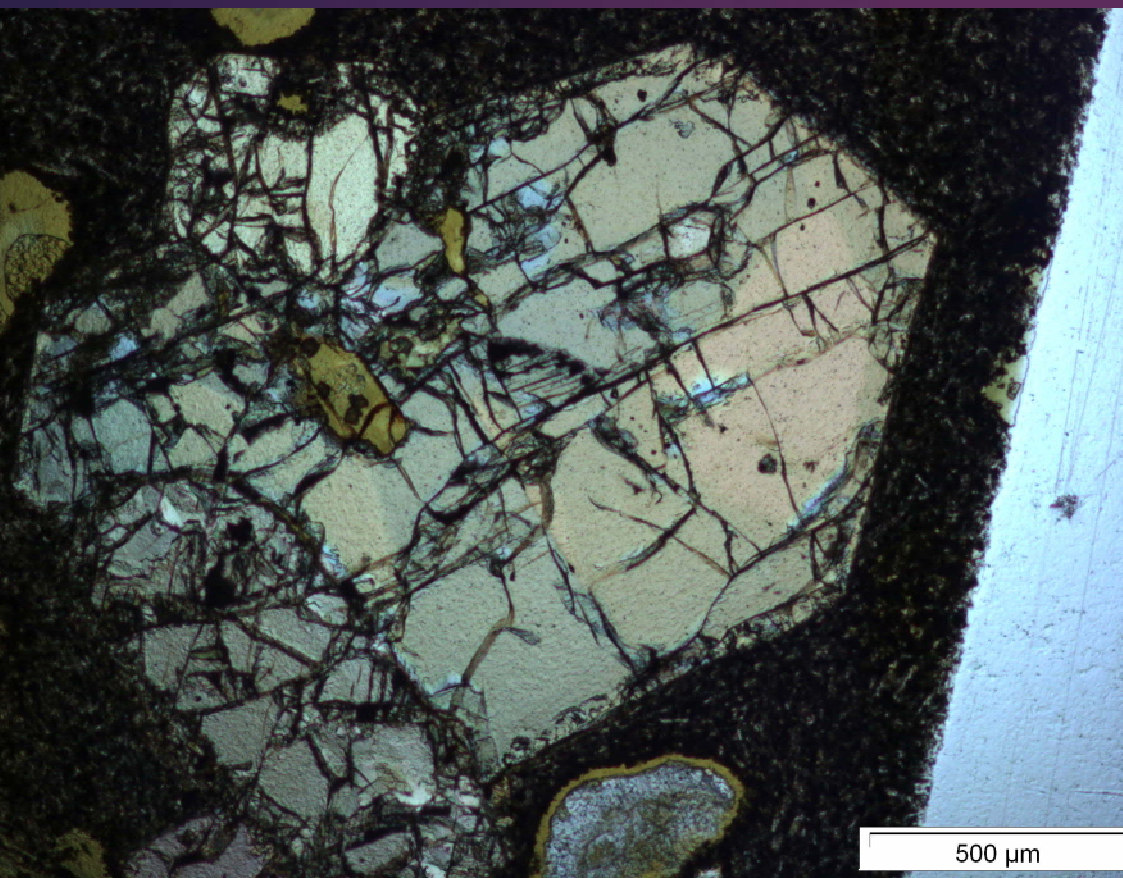
Масштаб 1:250



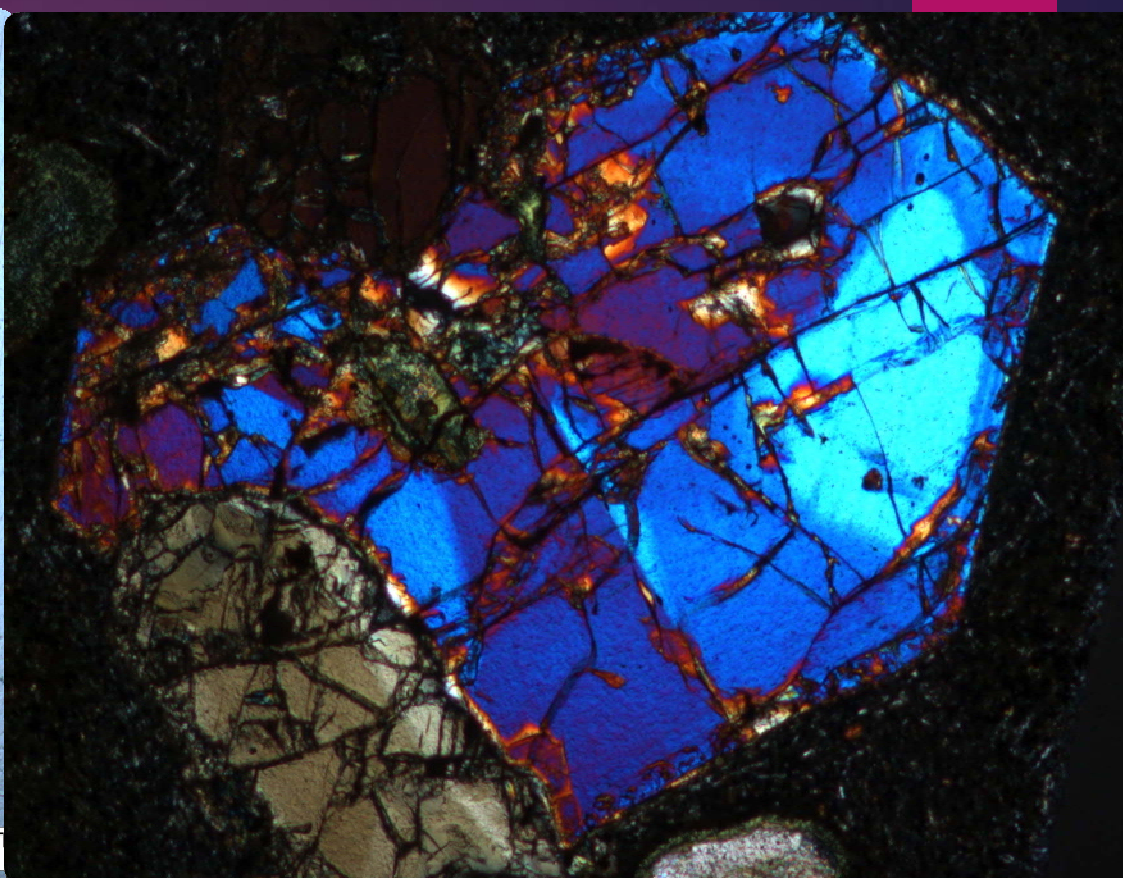
## Петрографические особенности базальтов массива

скважине №2, глубина которой составляет по контрольному замеру 396м, базальты вскрыты, начиная с отметки 162,7м и до забоя. Визуально снизу вверх прослеживается определенная закономерность чередования базальтов различного цвета, структуры и текстуры. Это позволяет выделить среди них стратифицированные потоки, которые имеют следующие признаки: наличие корочек закаливания на границах потоков; изменение форм, размеров и количества миндалов в нижних, средних и верхних зонах потоков; наличие плитчатой отдельности базальтов, характерной для верхних зон; изменение окраски и характера раскристаллизации базальтов в различных зонах; наличие зон выветривания в верхних частях нижних потоков. Все потоки имеют ассиметрично-зональное строение, однотипное с трапповыми базальтовыми покровами Сибири. Макроскопически в скважине отмечается чередование темно-серых, розо-зеленых и бурых базальтов. По-видимому, в отдельных слоях покрова происходили процессы окисления, давшие характерную бурю окраску породе. Ожелезнение, как правило, приурочено к основанию и апикальной части слоя.

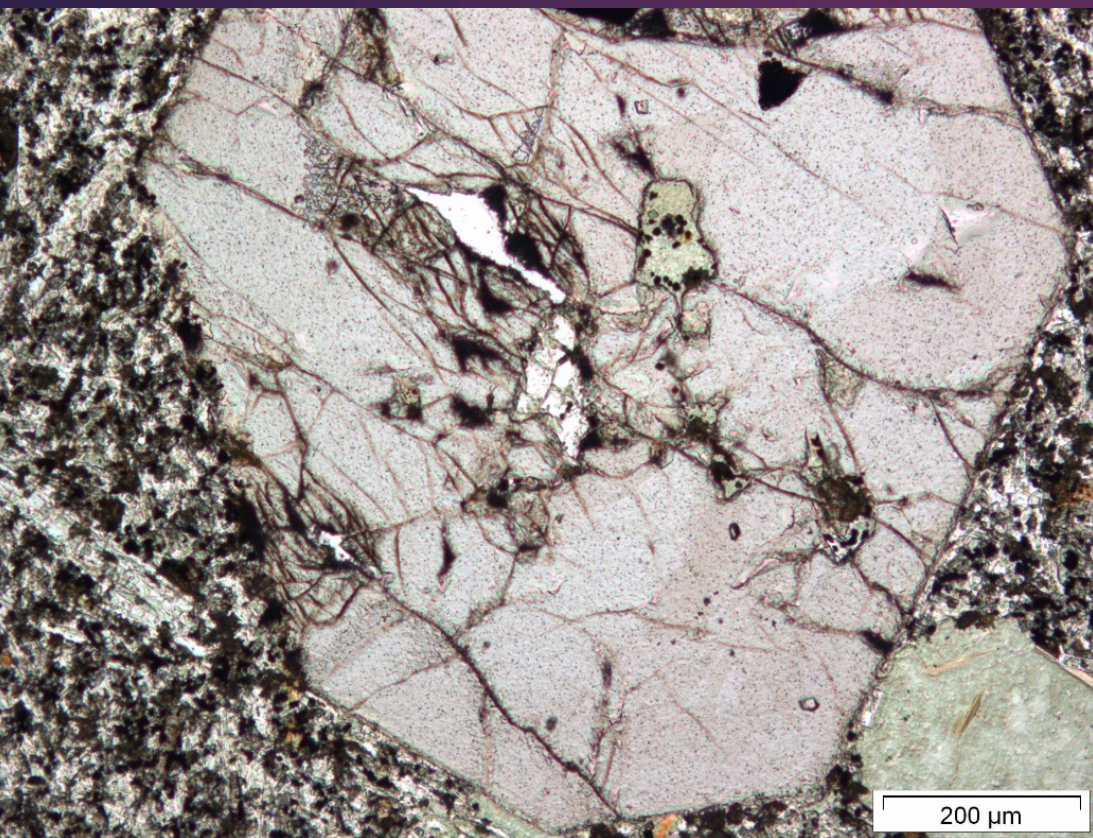




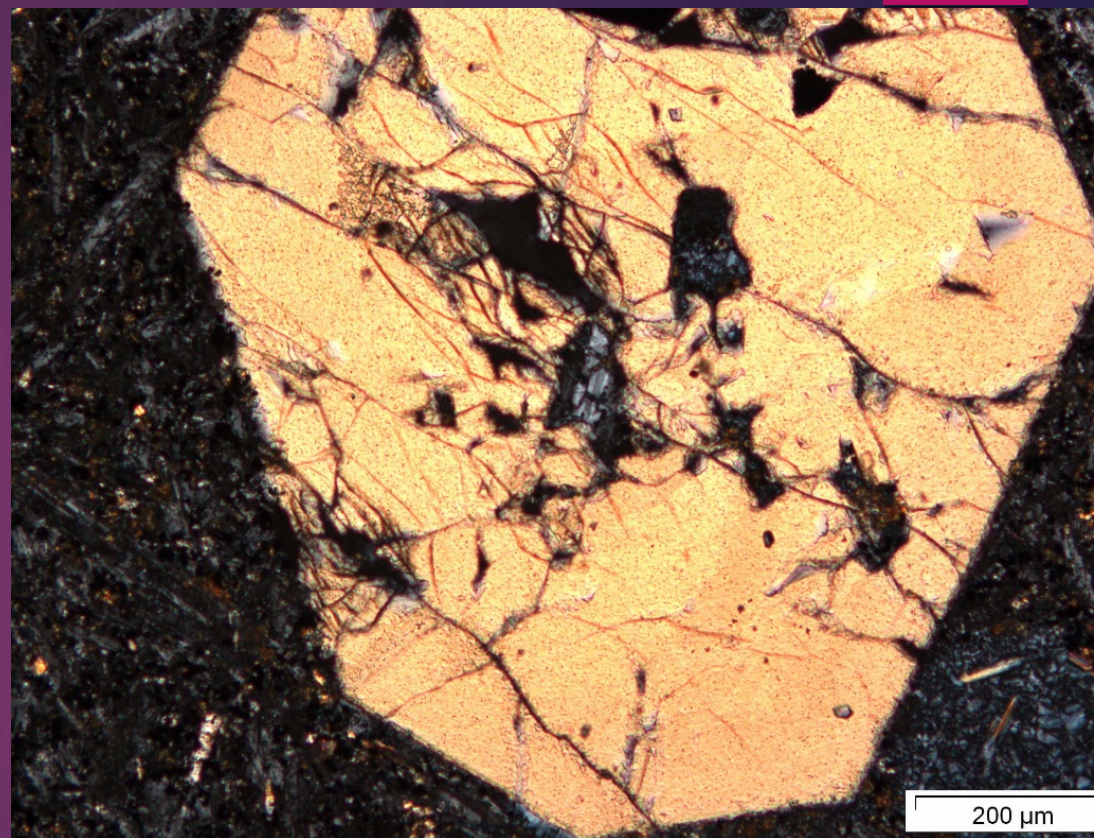
а) оливин в базальте (проходящий свет)



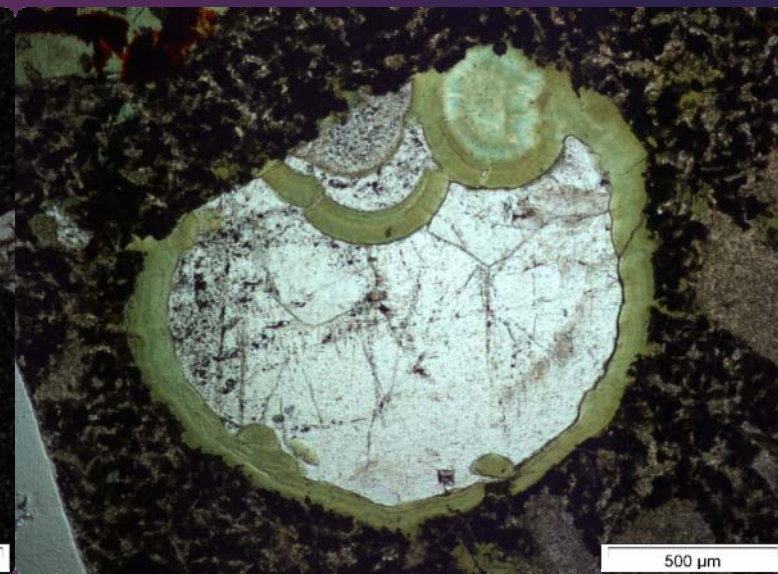
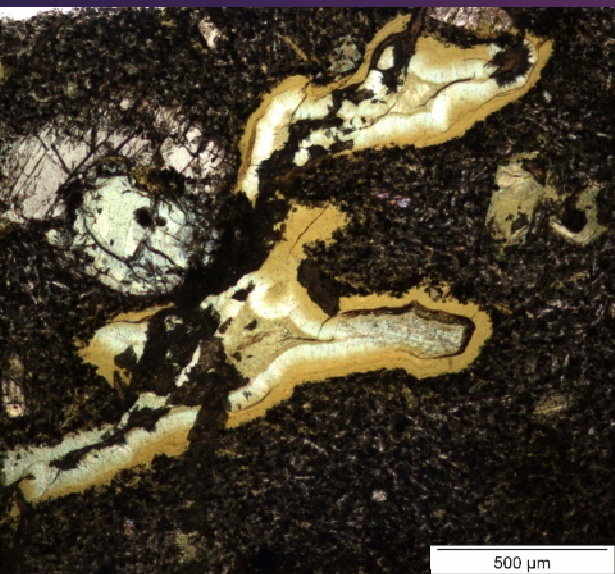
б) оливин в базальте (николи скрещены)



а) моноклинный пироксен в проходящем свете

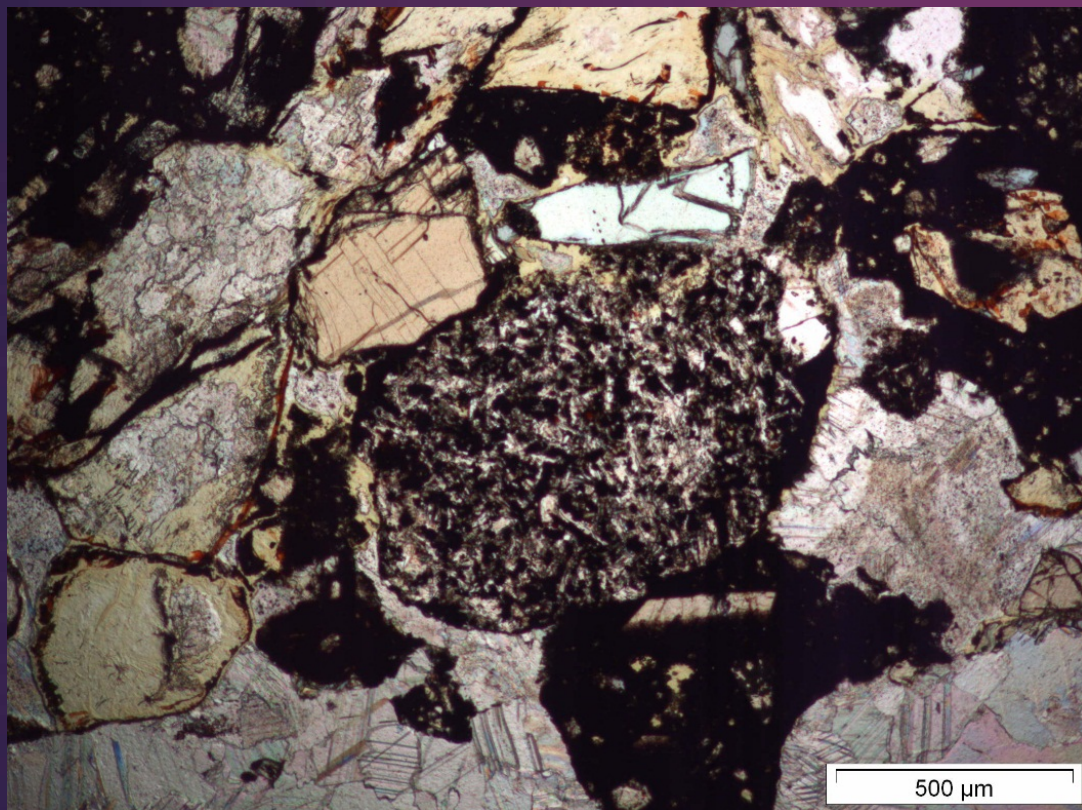


б) моноклинный пироксен в скрещенных николях

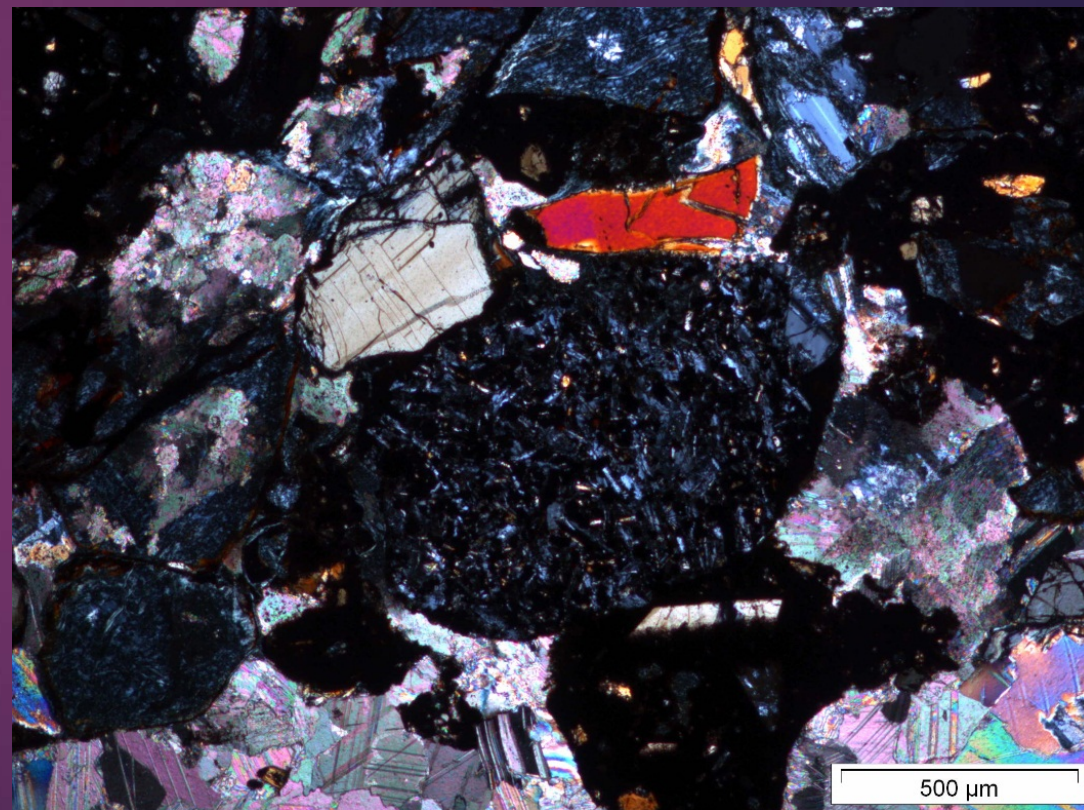


Миндалины в базальте (свет проходящий)

Базальт в проходящем свете,  
структура порфировая



Базальт в скрещенных николях



## Заключение

Проведя исследование девонских покровных базальтов Покрово-Киреевского массива, было обнаружено, что изучаемый покров состоит из 6 потоков, средняя мощность которых варьируется от 10 до 30 м. Каждый слой обладает четко закономерным строением, повторяющимся на протяжении всего разреза.

В верхних зонах наблюдается порфировый базальт с большим количеством вкрапленников, круглых миндалин, хлоритизированных кристаллов плагиоклаза и мелкими зернами оливина. Порода имеет высокое содержание пор. В средних зонах уменьшается количество миндалин, они приобретают овальную, реже неправильную форму, порода становится более однородной. В нижних зонах базальт равномерно раскристаллизован, вкрапленников и миндалин почти нет. Наличие включений может быть объяснено тем, что при движении магмы по дневной поверхности, она захватывала за собой ксенолиты своей подошвой.

И конечно же присутствие во всех зонах покровных базальтов медной минерализации заставляет обратить внимание на Покрово-Киреевский комплекс, как на потенциальный источник рудного полезного ископаемого, и продолжить его детальное исследование

Благодарю за внимание!

## **БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА**

**М.М. Понамарева**  
[marichka15@mail.ru](mailto:marichka15@mail.ru)

Изучена минералогия благородных металлов в коре выветривания Михайловского, Стойленского и Лебединского железорудных месторождений КМА. Установлены собственные минеральные формы благородных металлов (самородное золото, сперрилит, осмирид (невьянскит), иридоосмин (сысертскит), рутенистый платосмирид, рутениридоосмин, платиносодержащий рутениридоосмин), а также другие минералы: герсдорфит, лёллинит, неназванный минерал (сульфоарсенид родия и иридия), ирарсит, арсенид золота, которые существенно дополнили данные по минералогии железистых кварцитов. Для коры выветривания характерно: возрастание пробы золота от материнских пород до богатых руд, это отчетливо проявлено на Лебединском месторождении; золото относится к типу мелкого, но в целом значительно превосходит по размеру золотины коренных пород; золото приобретает более изометричные формы зерен; на золотины из коры выветривания присутствуют формы травления, растворения; для некоторых золотины отмечается наличие каемок более чистого золота.

## **NOBLE-METAL MINERALIZATION WEATHERING CRUST OF FERRUGINOUS QUARTZITE OF KURSK MAGNETIC ANOMALY**

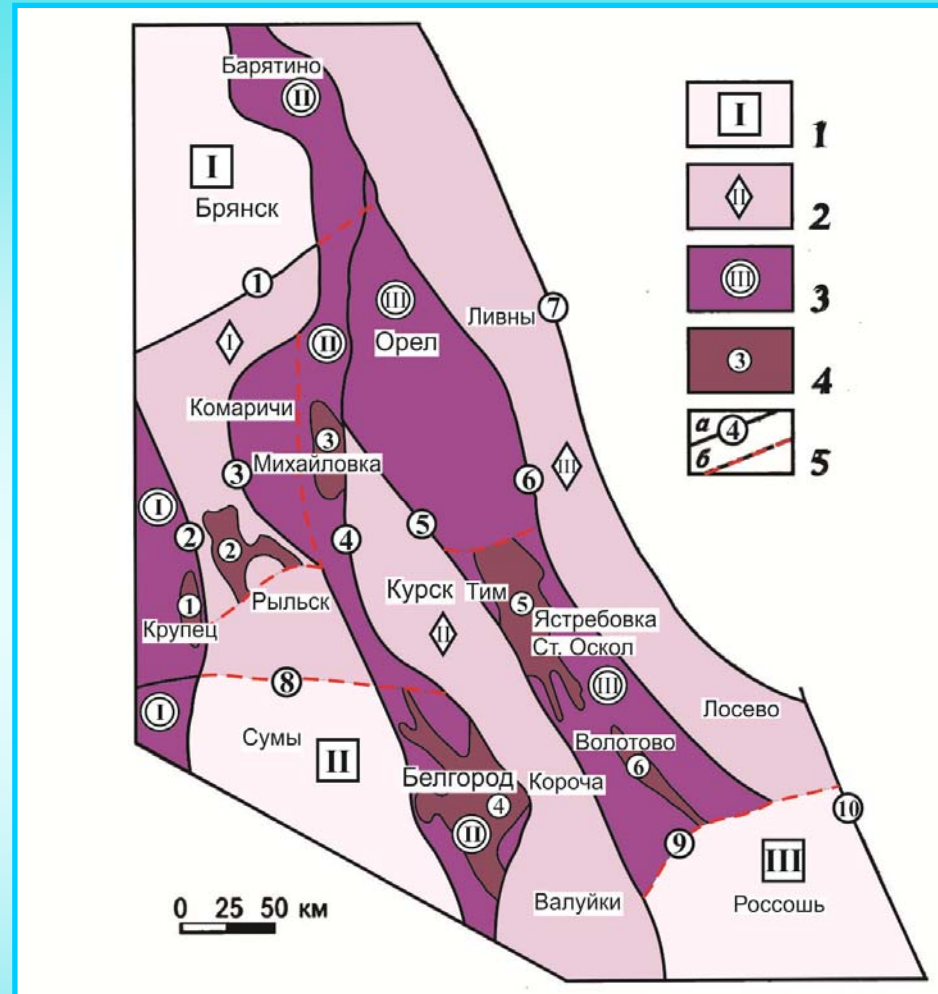
**M.M. Ponomareva**

Studied mineralogy of precious metals in the weathering crust of Mikhailovsky, Stojlenskiy, Lebedinskiy iron ore deposits of KMA. Set their own mineral forms of precious metals ( gold nugget , sperrylite , osmirid (nevyanskite) iridosmine ( sysertskit) rutenisty platosmirid, ruteniridosmine, platinised ruteniridosmine) , as well as other minerals gersdorffite, loellingite, an unnamed mineral (sulphoarsenides rhodium and iridium) irarsite arsenide gold, which have transformed the data on the mineralogy of ferruginous quartzite. For the weathering crust is characterized by: an increase in the gold grade of the source rocks to the rich ore is clearly evidenced Lebedinsky mine and the gold is a type of small , but on the whole much greater than the size of gold particles bedrock , gold becomes more isometric shape of grains , gold particles on the bark weathering present form etching dissolution , some gold particles indicated the presence of a pure gold rims .

***БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ  
КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ  
КВАРЦИТОВ КМА***

**Пономарёва М.М.**

# Структурная схема железорудной провинции КМА (Голивкин, 2001)



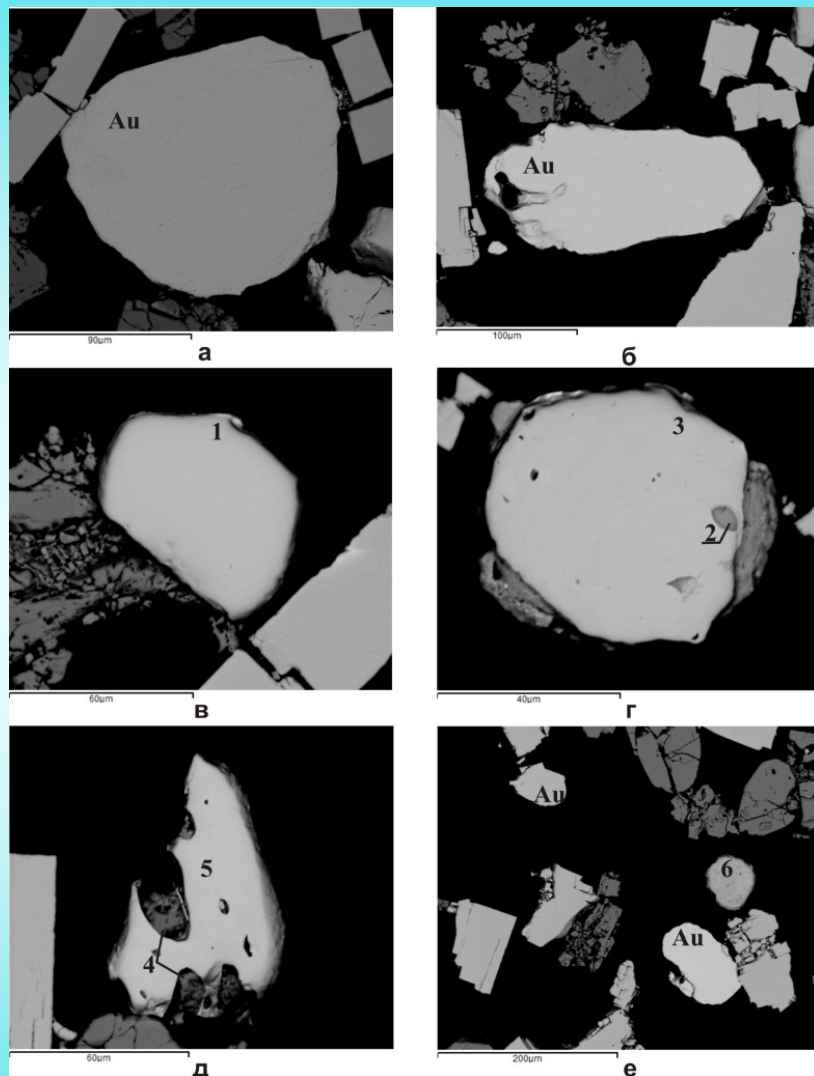
1 – нижнеархейские жесткие массивы (I-Брянский, II- Сумский, III-Россошанский); 2 – горст-антиклинории (I- Львовский, II-Курско-Корочанский, III-Посевско-Ливенский); 3 – грабен-синклинии (I-Крупецкий,II- Михайловско-Белгородский, III-Орловско-Оскольский); 4 – грабен-синклинали (1-Крупецкая, 2-Рыльская, 3-Михайловская, 4-Белгородская, 5-Тим-Ястребовская, 6-Волотовская); 5-разрывные нарушения: а – разломы, расчленяющие территорию КМА на блоки второго порядка: 1-Трубчевский, 2-Белопольский, 3-Волчанско-Шаблыкинский, 4-Большетроицко-Землянковский, 5-Новооскольско-Воронецкий, 6-Алексеевско-Жилыевский, 7-Суджанский, 8-Платовско-Варваринский, 9-Коденцовский, 10-Посевско-Мамонская зона разломов; б) разломы более высоких порядков

## Химический состав минералов ЭПГ из коры выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения (Пономарева, 2012)

Минералы металлов платиновой группы										
Элемент	Содержание, мас. %									
	1 (4)	2 (1)	3 (1)	4 (4)	5 (7)	6 (1)	7 (2)	8 (5)	9 (2)	10 (1)
<b>Fe</b>	0,00	0,33	0,90	0,67	3,30	1,62	0,87	0,34	0,35	0,31
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,89	0,34	0,09	0,00	1,12	0,00	0,46	0,00
<b>Bi</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>As</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cu</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ru</b>	6,38	8,69	0,00	0,00	2,38	26,71	23,04	17,53	24,83	44,56
<b>Rh</b>	0,00	0,00	0,00	0,22	0,20	0,00	4,53	0,00	0,00	2,92
<b>Os</b>	57,42	58,92	57,07	43,66	30,08	23,84	13,38	40,66	34,61	17,70
<b>Ir</b>	36,20	32,06	41,15	55,12	63,82	26,39	17,96	41,47	33,61	27,79
<b>Pt</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	39,11	0,00	5,68	6,72
Кристаллохимические формулы										
<b>1-3 сысертскит</b>	$Os_{0,55}Ir_{0,34} (Ru_{0,11})$ $Os_{0,54}Ir_{0,29} (Ru_{0,15}, Fe_{0,01})$ $Os_{0,55}Ir_{0,39} (Fe_{0,03}, Ni_{0,03})$									
<b>4-5 невьянскит</b>	$Ir_{0,53}Os_{0,43} (Fe_{0,02}, Ni_{0,01}, Rh_{0,004})$ $Ir_{0,58}Os_{0,27} (Fe_{0,1}, Ru_{0,04}, Rh_{0,003}, Ni_{0,003})$									
<b>6-7 рутенистый платосмирид</b>	$Ir_{0,21}Os_{0,19}Pt_{0,16} (Fe_{0,04}, Ru_{0,003})$ $Ru_{0,34}Pt_{0,3}Ir_{0,14}Os_{0,1} (Rh_{0,07}, Ni_{0,03}, Fe_{0,02})$									
<b>8 рутениридосмин</b>	$Os_{0,35}Ir_{0,35}Ru_{0,28}Fe_{0,01}$									
<b>9 платиносодержащий рутениридосмин</b>	$Ru_{0,38}Os_{0,28}Ir_{0,27}Pt_{0,04} (Fe_{0,01}, Ni_{0,01})$									
<b>10 рутений, иридий, осмий (незванный минерал)</b>	$Ru_{0,59}Ir_{0,19}Os_{0,12}Pt_{0,05}Rh_{0,04} (Fe_{0,01})$									

**Примечание:** анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит» (аналитик А. Антонов). В скобках – количество анализов, использованных для расчета среднего состава

## Формы выделения минералов МПГ и золота из коры выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения (Понамарева, 2012)



Средний химический состав золота из коры выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения (Чернышов, Понамарева, 2012)

Элемент	Содержание, мас.%			
	1 (4)	2 (3)	3 (7)	4 (3)
<b>Au</b>	74,73	89,36	94,18	98,56
<b>Ag</b>	25,28	10,64	5,82	1,44
Кристаллохимические формулы				
<b>1</b>	$Ag_{0,38}Au_{0,62}$			
<b>2</b>	$Ag_{0,18}Au_{0,82}$			
<b>3</b>	$Ag_{0,1}Au_{0,9}$			
<b>4</b>	$Ag_{0,03}Au_{0,97}$			

**Примечание:** анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит» (аналитик А. Антонов). В скобках – количество анализов, использованных для расчета среднего состава. Нумерация строк соответствует номерам столбцов

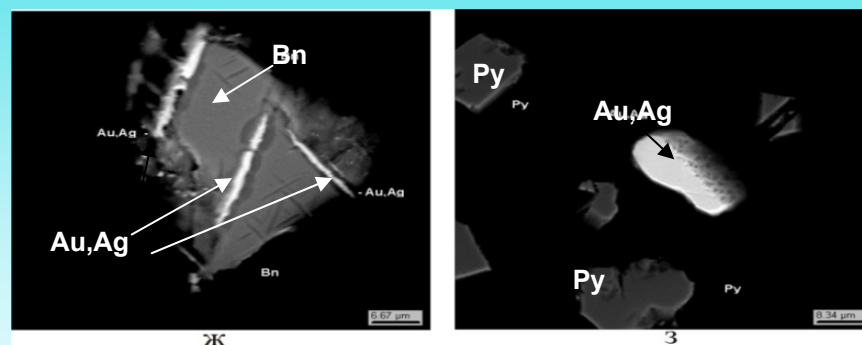
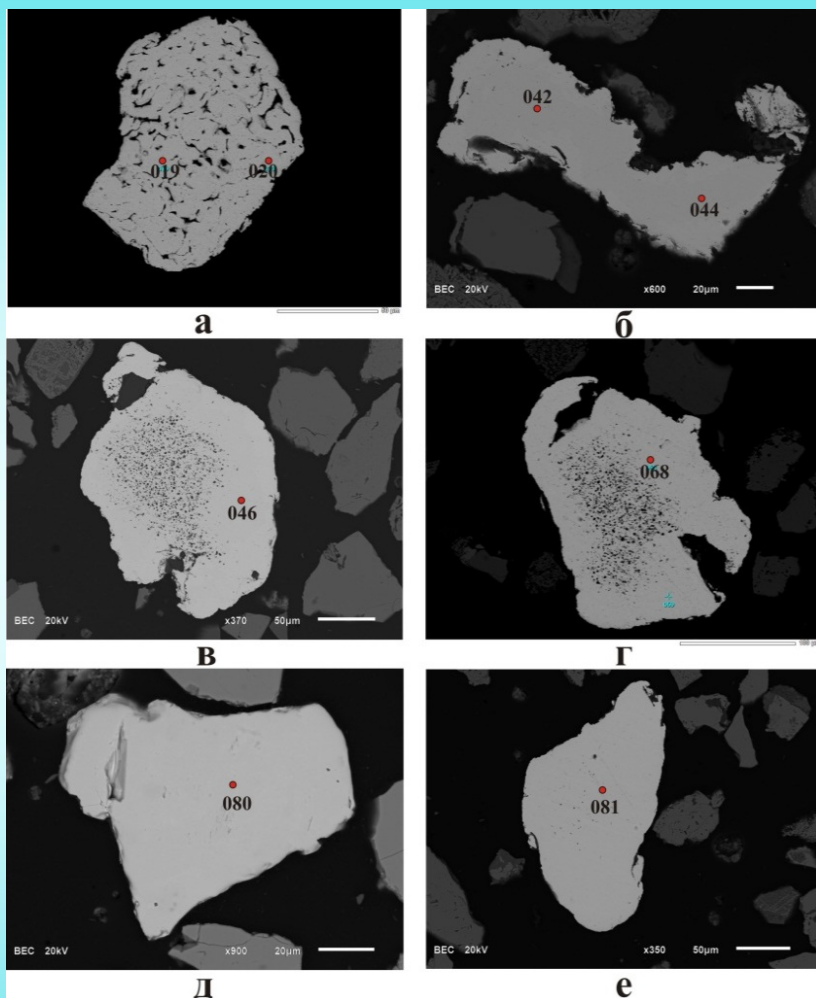
**Примечание:** а, б – золото самородное; в – сысертскит (1); г – невьянскит (3), ирарсит (2); д – невьянскит (5), неназванный сульфоарсенид (4); е – золото, платиносодержащий рутениридосмин (6)

## **Химический состав золота из коры выветривания железистых кварцитов Лебединского месторождения**

Самородное золото										
Элемент	Содержание, мас. %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Cr</b>	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe</b>	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cu</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ag</b>	0,00	0,00	8,46	9,02	6,51	3,77	6,25	8,82	6,10	4,30
<b>Au</b>	100,00	99,12	91,54	90,98	93,49	96,23	93,75	91,18	93,40	95,30
<b>Сумма</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,50	99,60
Кристаллохимические формулы										
<b>1</b>	Au									
<b>2</b>	Cr <sub>0,01</sub> Fe <sub>0,02</sub> Au <sub>0,97</sub>									
<b>3</b>	Ag <sub>0,14</sub> Au <sub>0,86</sub>									
<b>4</b>	Ag <sub>0,15</sub> Au <sub>0,85</sub>									
<b>5</b>	Ag <sub>0,11</sub> Au <sub>0,89</sub>									
<b>6</b>	Ag <sub>0,07</sub> Au <sub>0,93</sub>									
<b>7</b>	Ag <sub>0,11</sub> Au <sub>0,89</sub>									
<b>8</b>	Ag <sub>0,15</sub> Au <sub>0,85</sub>									
<b>9</b>	Ag <sub>0,11</sub> Au <sub>0,89</sub>									
<b>10</b>	Ag <sub>0,08</sub> Au <sub>0,92</sub>									

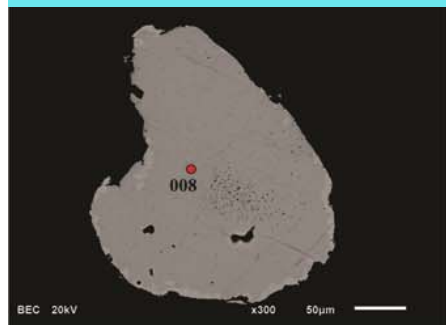
**Примечание:** 1-точки 019, 020; 2- точки 042, 044; 3- точка 046; 4- точка 068; 5- точка 080; 6-точка 081; \*7-9 (ж), \*10 (з) анализы выполнены в ЗАО «НАТИ» (аналитик к.г.-м.н. В.В. Кнауф)

## Формы выделения золота из коры выветривания железистых кварцитов Лебединского месторождения



Примечание: а - е золото, ж - золото, Bn - борнит; з - золото, Py – пирит. Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механообр-Инжиниринг Аналит» (аналитик к.г.-м.н. С.В. Петров) и ЗАО «НАТИ» (аналитик к.г.-м.н. В.В. Кнауф).

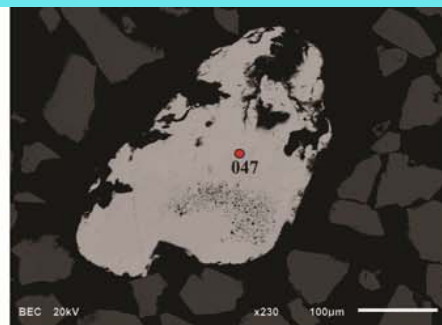
## Формы выделения и химический состав золота из коры



а



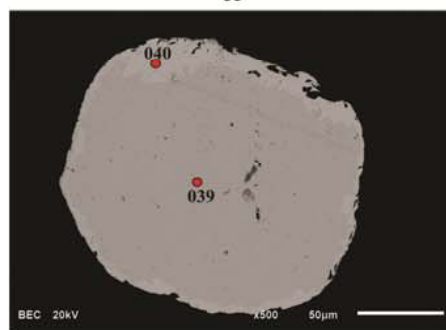
б



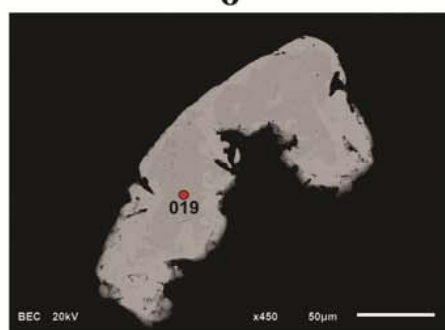
д



е



в



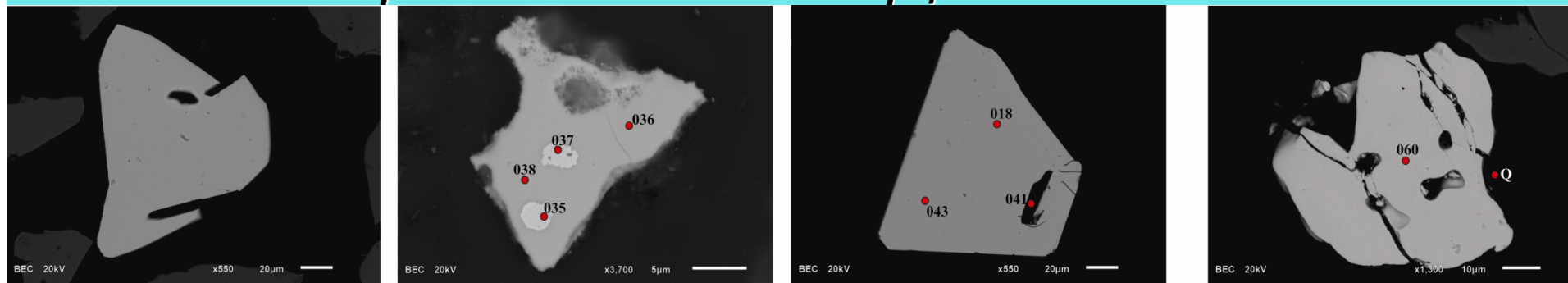
г

а) зерно золота со следами выветривания и каемкой из чистого золота (008); б) вкрапленник золота (028, 029) в породообразующем минерале (030-032); в) изометричной формы золото с каемкой из чистого (039-040); г) корродированное зерно золота по периферии с оторочкой чистого (019); д) пористое зерно золота (047); е) золото в кварце (064). Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит» (аналитик к.г.-м.н. С.В. Петров)

Элемент	Содержание, мас. %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ag	16,00	16,18	0,69	18,87	0,16	17,76	8,88	16,30
Au	84,00	83,82	99,31	81,13	99,84	82,24	91,12	83,70
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Кристаллохимические формулы</b>								
1	$Ag_{0,26}Au_{0,74}$							
2	$Ag_{0,26}Au_{0,74}$							
3	$Ag_{0,02}Au_{0,98}$							
4	$Ag_{0,22}Au_{0,71}$							
5	$Ag_{0,001}Au_{0,998}$							
6	$Ag_{0,28}Au_{0,72}$							
7	$Ag_{0,15}Au_{0,85}$							
8	$Ag_{0,15}Au_{0,85}$							

**Примечание:** 1-точки 008, 028 (а, б); 2- точки 029 (б); 3- точка 039, 040 (в); 4- точка 019 (г); 5- точка 047 (д); 6-точка 064 (е).

## Формы выделения и химический состав минералов МПГ из коры выветривания железистых кварцитов Стойленского



**а**

**б**

**в**

**г**

а) зерно сперрилита в феррожедрите; б) зерно сперрилита с включениями самородного золота; в) изометричной формы кристалл сперрилита; г) зерно сысертскита в кварце. Анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит» (аналитик к.г.-м.н. С.В. Петров)

№ п/п	Ag	Au	As	Rh	Pt	Te	Ni	Fe	Ir	Os	Ru	Сумма
	Содержание, мас.%											
1	0,00	0,00	43,88	0,16	55,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,00	0,00	39,26	2,97	51,72	2,46	1,51	2,08	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,00	0,00	39,68	4,33	50,15	2,41	1,59	1,84	0,00	0,00	0,00	100,00
	8,39	90,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,26	0,00	0,00	0,00	100,00
	7,75	91,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00	100,00
3	0,00	0,00	42,41	0,74	56,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,00	0,00	42,77	0,63	56,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,92	58,70	0,38	100,00
<b>Кристаллохимические формулы</b>												
<b>1 сперрилит с включением феррожедрита (010)</b>								Pt <sub>0,98</sub> Rh <sub>0,01</sub> As <sub>2</sub>				
<b>2 сперрилит (038, 036) с включением самородного золота (035, 037)</b>								Pt <sub>1,01</sub> Fe <sub>0,14</sub> Rh <sub>0,11</sub> Ni <sub>0,1</sub> As <sub>2</sub> Pt <sub>0,97</sub> Rh <sub>0,16</sub> Fe <sub>0,12</sub> Ni <sub>0,1</sub> Te <sub>0,07</sub> As <sub>2</sub> Au <sub>0,82</sub> Ag <sub>0,14</sub> Fe <sub>0,04</sub> Au <sub>0,83</sub> Ag <sub>0,13</sub> Fe <sub>0,04</sub>				
<b>3 сперрилит (018, 043), феррожедрит (041)</b>								Pt <sub>1,03</sub> Rh <sub>0,03</sub> As <sub>2</sub> Pt <sub>1,02</sub> Rh <sub>0,02</sub> As <sub>2</sub>				
<b>4 сысертскит (060)</b>								Os <sub>0,59</sub> Ir <sub>0,4</sub> Ru <sub>0,01</sub>				

## **Выводы**

Впервые в коре выветривания установлены собственные минеральные формы благородных металлов (самородное золото, сперрит, осмирид (невьянскит), иридосмин (сысертскит), рутенистый платосмирид, рутениридосмин, платиносодержащий рутениридосмин), а также другие минералы: герсдорфит, лёллинит, неназванный минерал (сульфоарсенид родия и иридия), ирарсит, арсенид золота, которые существенно дополнили данные по минералогии железистых кварцитов.

Для коры выветривания характерно: а) возрастание пробы золота от материнских пород до богатых руд, это отчетливо проявлено на Лебединском месторождении; б) золото относится к типу мелкого, но в целом значительно превосходит по размеру золотины коренных пород; в) золото приобретает более изометричные формы зерен; г) на золотилах из коры выветривания присутствуют формы травления, растворения; для некоторых золотин отмечается наличие каемок более чистого золота.

**ГЕОХИМИЯ ДАТИРОВАННЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ МЕЗОАРХЕЙСКИХ  
МЕТАПОРОД ЛЬГОВСКО-РАКИТНЯНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА  
КУРСКОГО БЛОКА САРМАТСКОГО СЕГМЕНТА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ  
ПЛАТФОРМЫ ПО ДАННЫМ ВТОРИЧНО-ИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ**

**М.В. Рыборак, А.Ю. Альбеков**

[maximm.r@gmail.com](mailto:maximm.r@gmail.com)

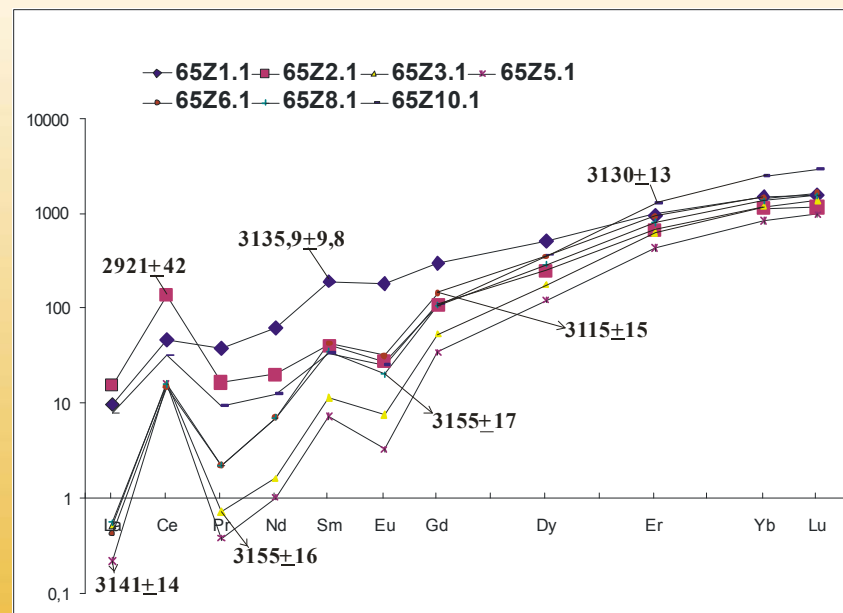
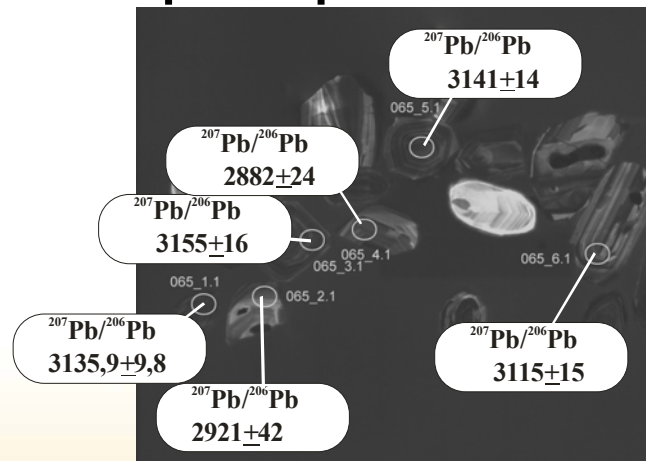
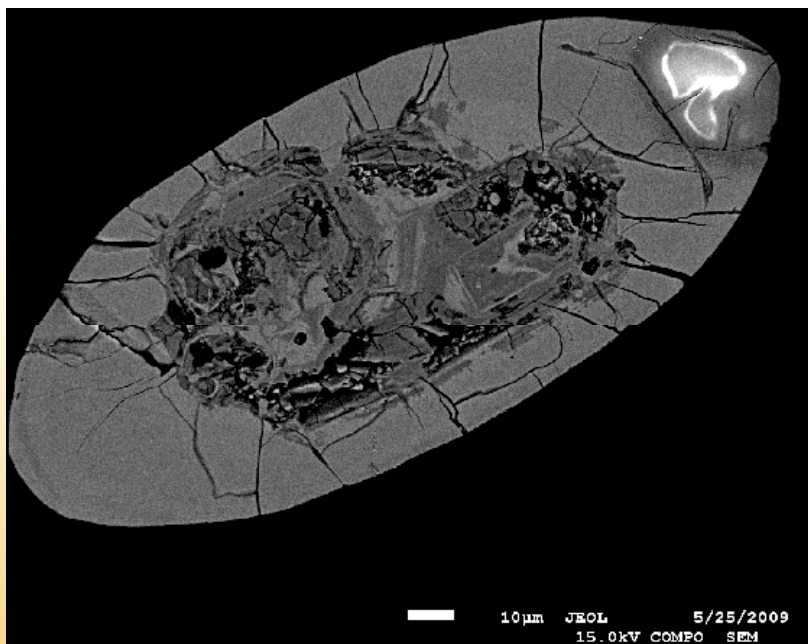
Изучено внутреннее строение и химический состав цирконов из метаморфизованных ультраосновных и средних-кислых пород Льговско-Ракитнянского пояса. Полученные данные не противоречат тому, что цирконы ультраосновных пород были захвачены из пород формировавшейся близко одновременно базальт-риолитовой серии лебединской свиты. Распределение REE в цирконах метаяультрабазитов указывает на их магматическое происхождение с незначительными метаморфическими изменениями. Содержания U, Th, Th/U отношения, относительно низкие содержания РЗЭ не противоречат принадлежности цирконов к мафической породе. Морфология и особенности внутреннего строения цирконов из метариодацитов позволяют предположить их нексеногенную природу. Цирконы метариодацитов характеризуются относительно низкими содержаниями Th и U, распределение РЗЭ свидетельствуют об их магматической природе с незначительными метаморфическими преобразованиями. В целом концентрации и характер распределения РЗЭ в цирконах метаперидотитов и метариодацитов близки. Также близки возраста этих цирконов – 3136±10 в метаперидотитах и 3152±10 в метариодацитах.

**GEOCHEMICAL FEATURES OF DATING ZIRCONS OF MESOARCHEAN  
METAMORPHIC ROCKS OF LGOVSKO-RAKITNYANSKY GREENSTONE BELT  
OF KURSK BLOCK SARMATIAN SEGMENT EAST EUROPEAN PLATFORM FOR  
THIS SECONDARY-ION MASS SPECTROMETRY**

**M.V. Ryborak, A.Yu. Al'bekov**

Studied the internal structure and chemical composition of zircons from metamorphosed ultramafic and felsic rocks of Lgovsko - Rakitnyansky belt. These data do not contradict the fact that zircons ultramafic rocks were taken from the rocks at the same time to form close basalt - rhyolite series lebedinskaya suite. REE distribution in zircons metaultrabazitov indicating their magmatic origin with minor metamorphic changes. Content of U, Th, Th / U ratio , relatively low REE contents are not contrary to the accessory zircon mafic rock. Morphology and characteristics of the internal structure of zircons from metariodatsit not xenogenic suggest their nature. Metariodatsites zircons are characterized by relatively low concentrations of Th and U, REE distribution indicate their magmatic nature with minor metamorphic transformations. In general, the concentration and nature of the REE distribution in zircons and metaperidotites metariodatsitov close. Also close to the age of these zircons - 3136 + / -10 for metaperidotites and 3152 + / -10 for metariodatsites.

# Геохимия датированных цирконов из мезоархейских метапород Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса Курского блока Сарматского сегмента Восточно-Европейского кратона по данным вторично-ионной масс-спектрометрии



Авторы

В настоящее время, в связи с развитием новых методов исследования вещества, интенсивное развитие получила «Цирконология» - новая область знаний XXI века на стыке минералогии, геохимии и геохронологии (Kinny, 2008).

Геохимические исследования цирконов методом вторично-ионной масс-спектрометрии (ионного зонда) позволяют решить некоторые вопросы, связанные с их происхождением, например различать по спектрам РЗЭ и U-Th соотношения магматический, метаморфический и гидротермально-метасоматический типы.



Исследования последних лет (Grimes 2007, 2009 и др.) выявили геохимические особенности распределения ряда редких и редкоземельных элементов, позволяющие разделять океанические и континентальные обстановки происхождения расплавов из которых формировался циркон



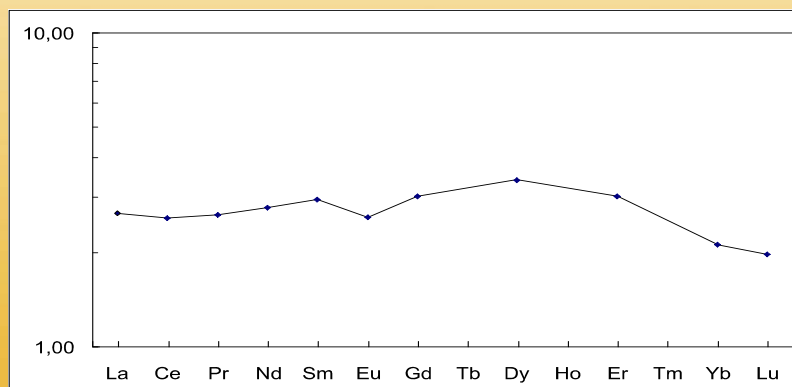
## Были изучены цирконы, выделенные из:

**Серпентинитов** магнетит-лизардитовых (метаперидотиты), вскрытых скважиной 3581 в пределах Жидеевского массива, южной части Новоялтинско-Михайловской структуры Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса



SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п
37,20	0,12	2,56	7,93	3,48	0,16	35,80	0,51	<.05	0,06	<.05	10,70

Особенности химизма заключаются в преобладании магния над железом, никеля над медью ( $Ni/Cu=10-4$ ), хрома над титаном ( $Ti/Cr=0.25$ ), а так же низком содержании SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O. По совокупности петрологических параметров порода низкоглиноземистая ( $Al'=0,05$ ), **высокохромистая** известково-щелочного (нормального) ряда, калинатровой серии, принадлежит семейству метаперидотитов, виду – метаперидотит, разновидности - **серпентинит магнетит-лизардитовый (апогарцбургитовый)**.

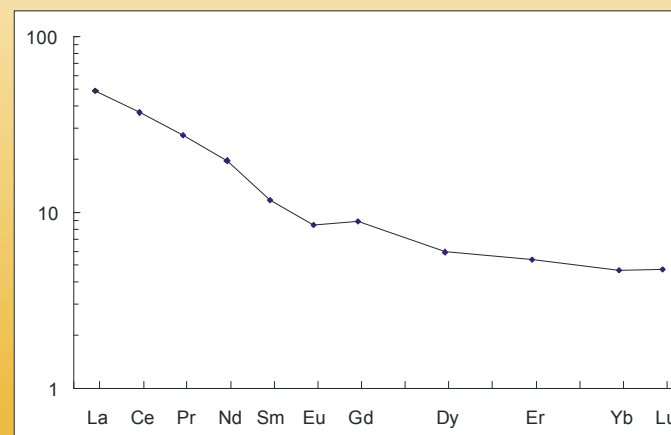


**Сланцев** хлорит-кварц-серицитовых (метариодациты), вскрытых скважиной 3747 в 0,7 км к западу от скважины 3581

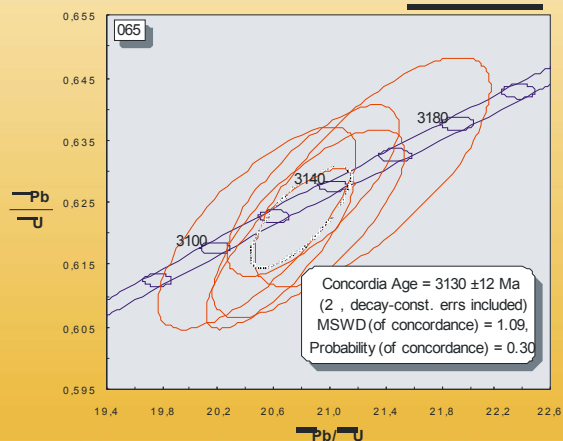
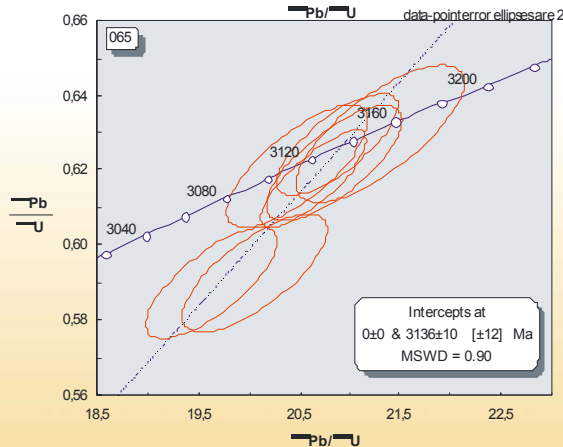
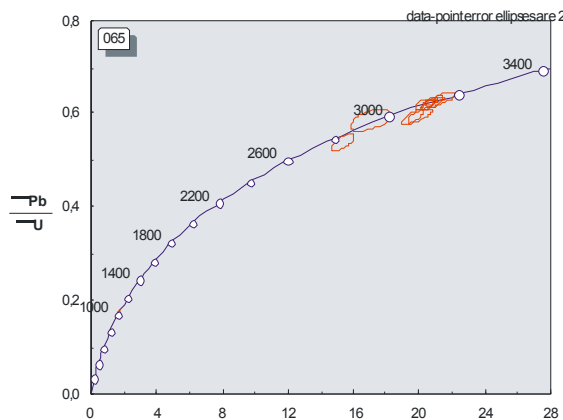
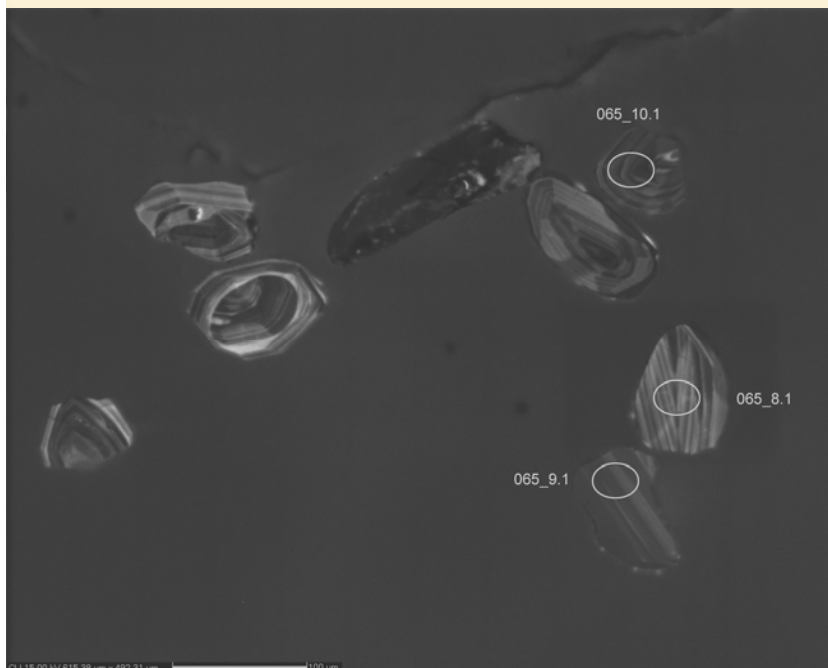


SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п
73,80	0,54	16,00	1,06	1,18	0,02	0,41	0,30	0,36	3,46	0,19	2,56

По петрохимическим особенностям это метаморфизованная вулканическая кислая высокоглиноземистая ( $Al'=6,04$ ), порода известково-щелочного (нормального) ряда, калиевой серии, принадлежит к семейству сланцев (метариодацитов), виду – сланец (метариодацит), разновидности – **апорриодацитовый сланец хлорит-кварц-серицитовый (метариодацит)**.



# Возраста по цирконам из апогарцбургитовых серпентинитов Жидеевского массива



Цирконы разнообразны по форме, внутреннему строению, интенсивности люминесценции.

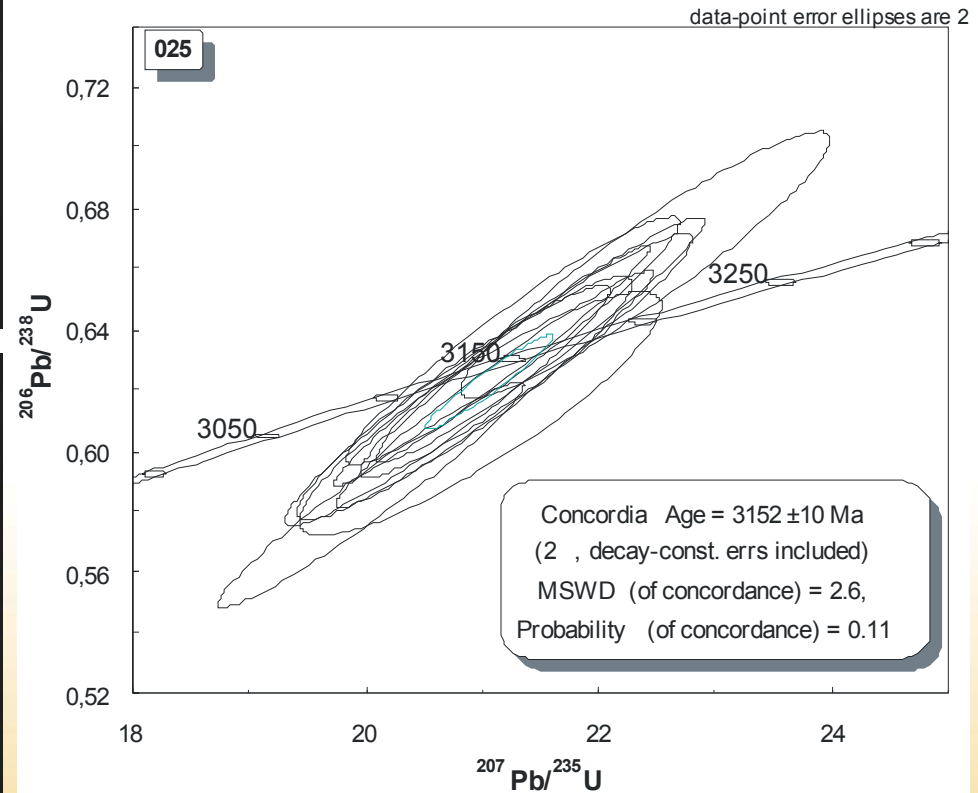
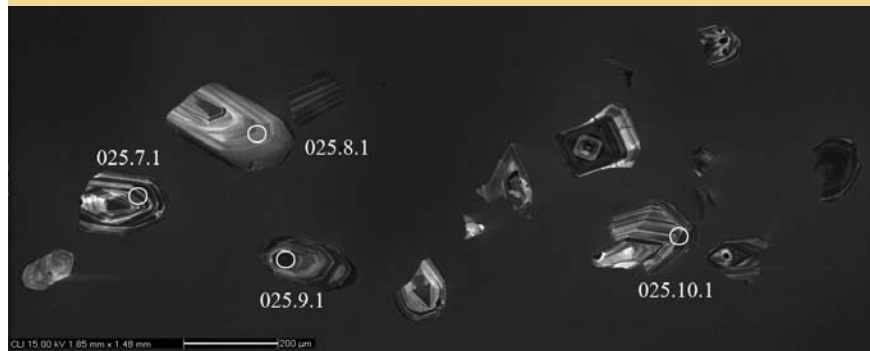
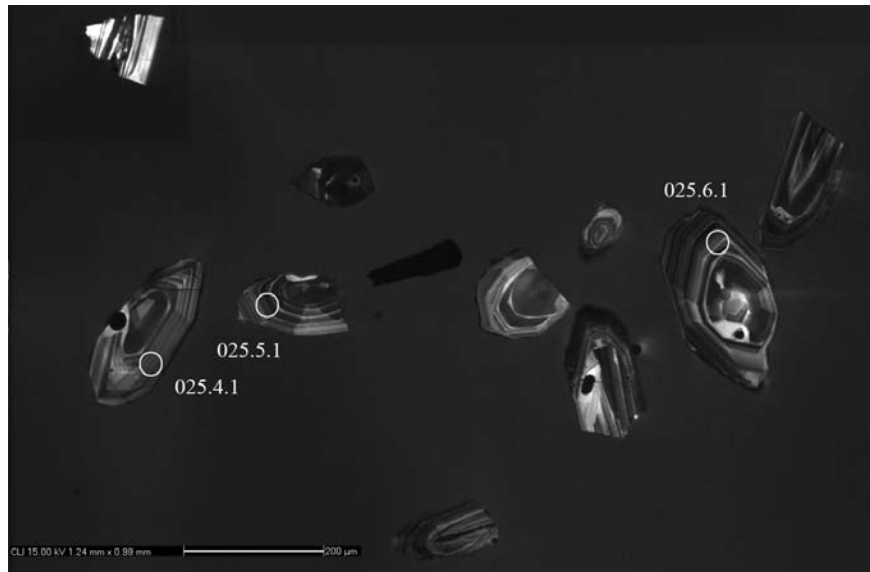
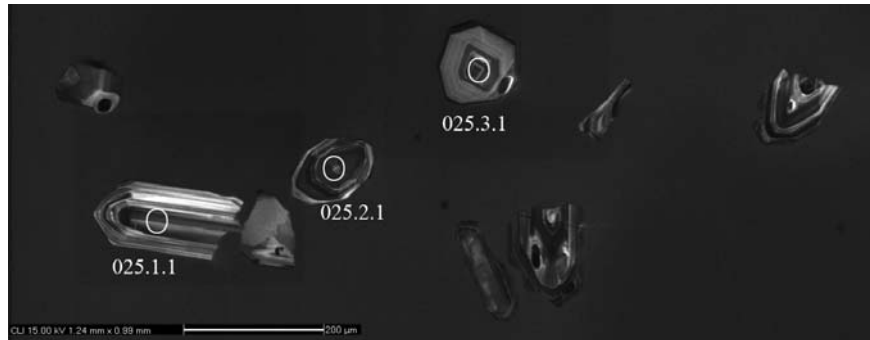
Содержания U, Th, Th/U отношения, низкие концентрации REE не противоречат принадлежности цирконов к мафической породе.

Возраст по пересечению дискордией конкордии отвечает 3136 +/-10 млн лет и 0+/-0, MSWD=0,9. Таким образом, с точки зрения изотопной геохимии полученное значение возраста вполне удовлетворительно.

Вопрос об отношении цирконов и породы: учитывая высокомагнезиальный состав метаперидотитов (35,0 MgO), разнообразие форм, внутреннего строения, интенсивности люминесценции, можно с большой долей уверенности предполагать их ксеногенную природу.

**3136 +/-10 млн лет и 0+/-0, MSWD=0,9.**

# Возраста по цирконам из метариодацитов западного окаймления Жидеевского массива

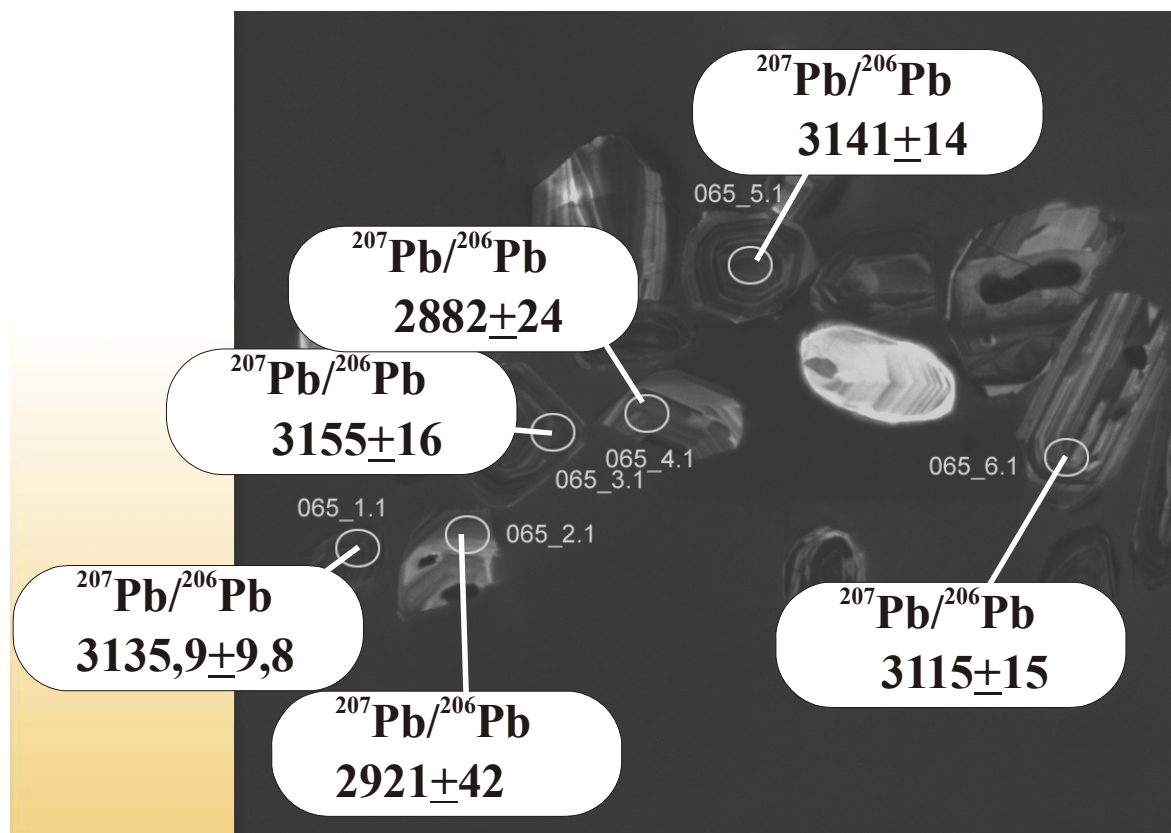


Цирконы обр.025 относительно мелкие (100\*200 мкм), удлиненные и изометричные, ограненные, с хорошей осцилляторной зональностью. Характеризуются низким содержаниями U и Th: средние содержания U и Th , 72 и 55 ppm, соответственно, Th/U отношение -0.62. Все 10 измеренных зерен – субконкорданты

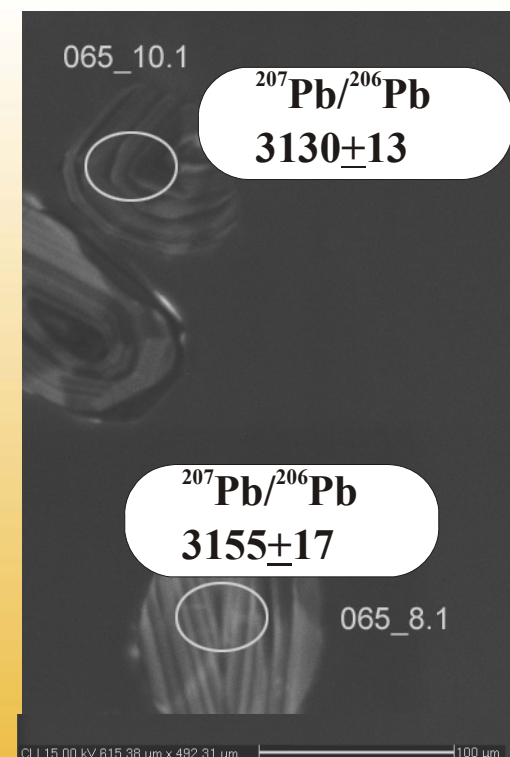
Конкордантный  
возраст равен  
3152+/-10 млн  
лет, MSWD=2,6

Для изучения геохимических особенностей датированных цирконов нами были проведены исследования REE и TE методом вторично-ионной масс-спектрометрии (ионного зонда) (Cameca IMS-4F, ЯФ ФТИАН, г. Ярославль).

Точки ионного зондирования по цирконам из апогарцбургитовых серпентинитов



3136 +/-10 млн лет и 0+/-0, MSWD=0,9.

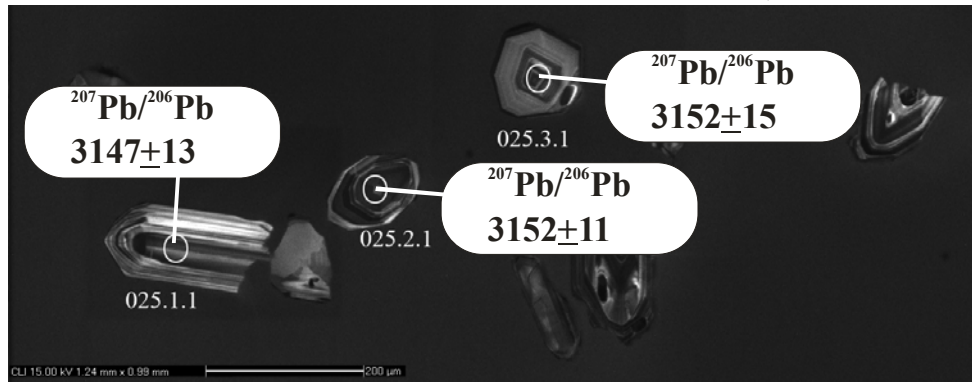


Цирконы из серпентинитов разнообразны по форме, внутреннему строению, интенсивности люминесценции.

Возраста проанализированных точек варьируют от 2882±24 до 3155±16.

Явной зависимости величины возраста от положения ядро – край не отмечается

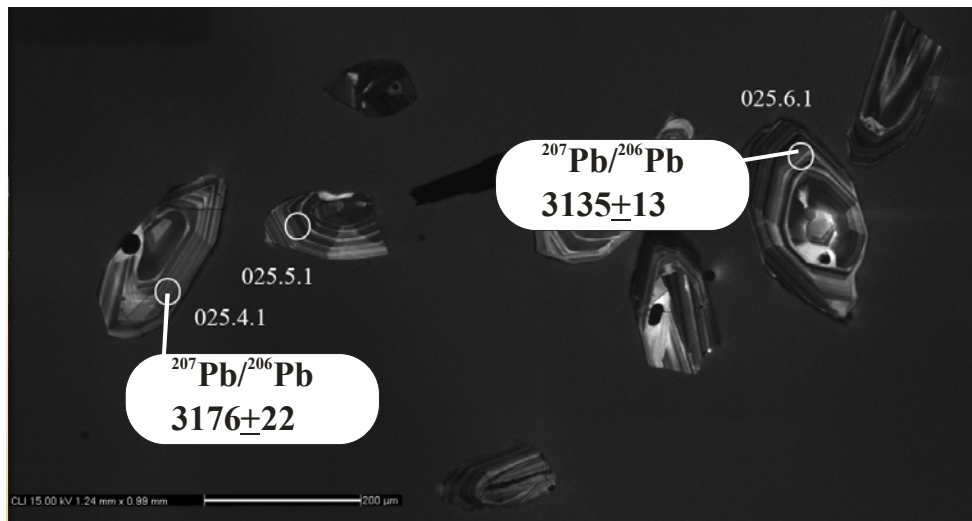
## Точки ионного зондирования по цирконам из метариодацитов (сланцы хлорит-кварц-серицитовые)



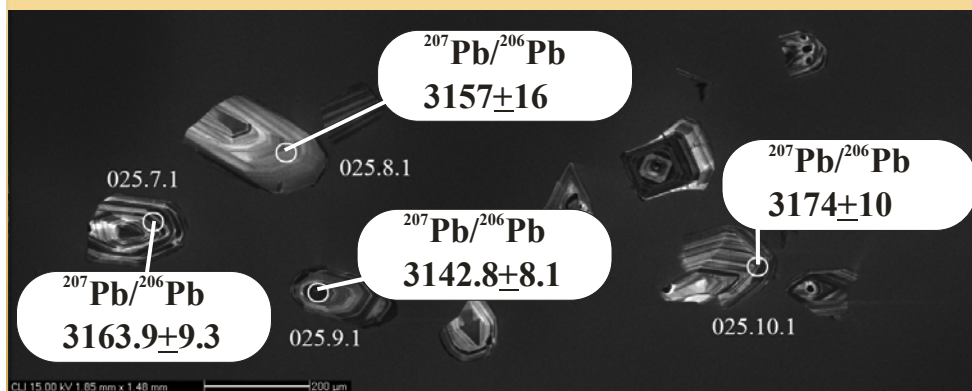
Цирконы обр.025 относительно мелкие (100\*200 мкм), удлиненные и изометричные, огранные, с хорошей осцилляторной зональностью. Все 10 измеренных зерен – субконкордатны.

Возраста проанализированных точек варьируют от  $3135 \pm 13$  до  $3163,9 \pm 9,3$ .

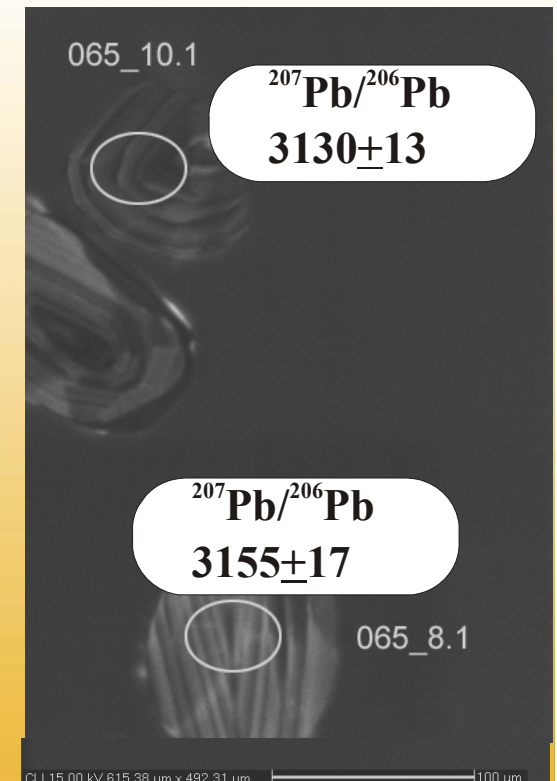
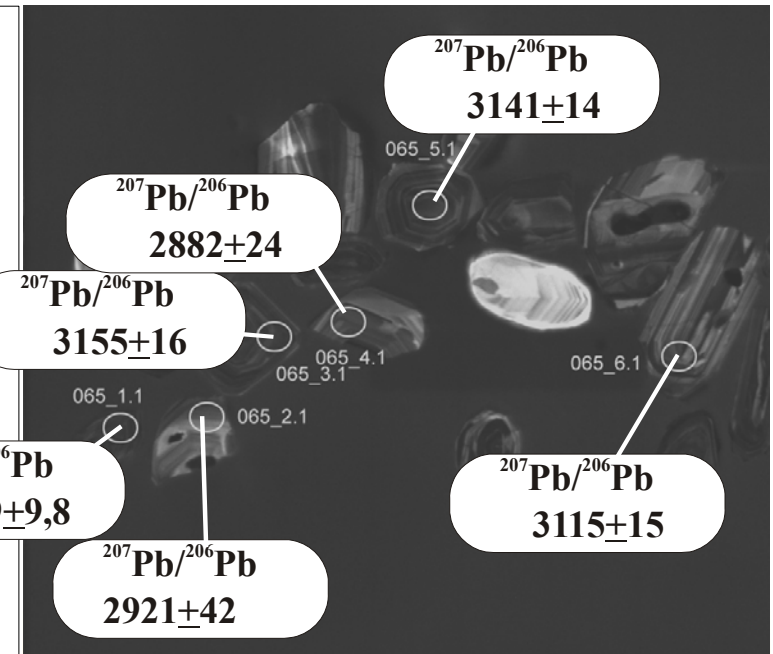
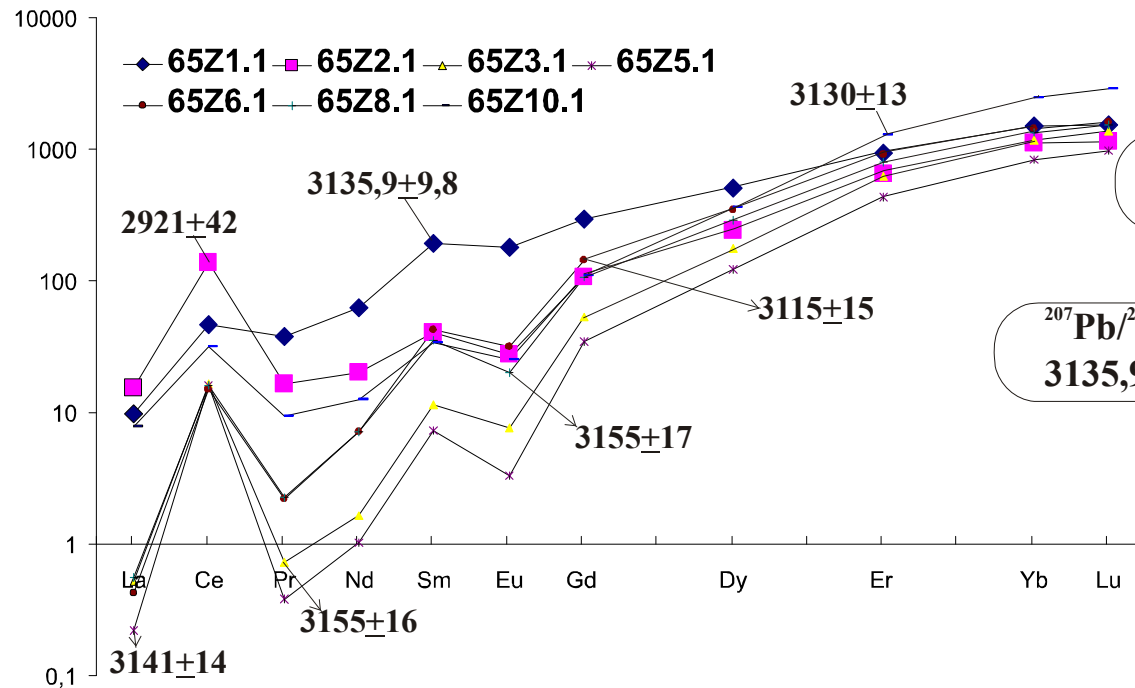
Явной зависимости величины возраста от положения ядро – край не отмечается



Конкордантный  
возраст равен  
 $3152 \pm 10$  млн  
лет, MSWD=2,6



## РЗЭ в цирконах из серпентинитов Жидеевского массива скв. 3581

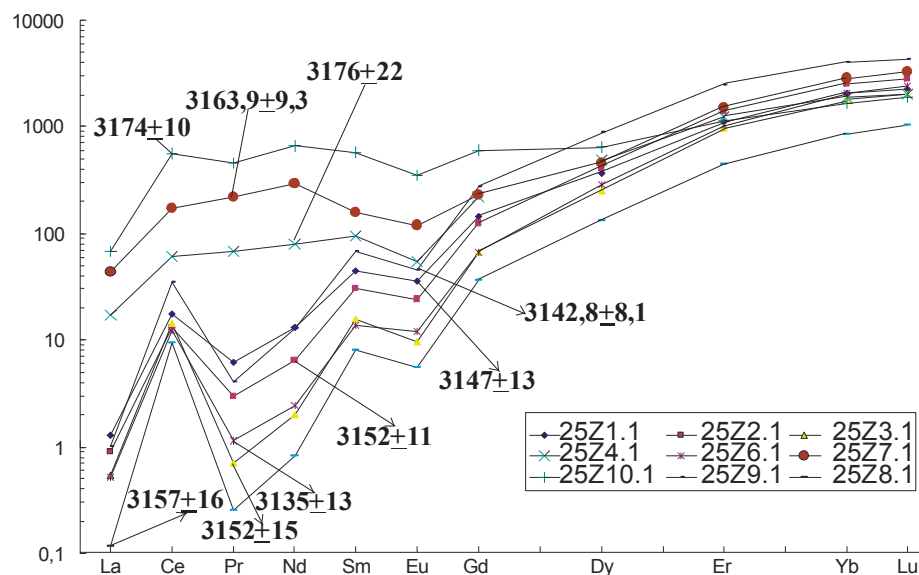


По характеру распределения REE в цирконах из серпентинитов выделяются две группы, отличающиеся содержанием и соотношением LREE.

Первая – точки: 1.1, 2.1, 10.1, располагающиеся ближе к краевым частям кристаллов и характеризующиеся обогащением LREE и выполаживанием Ce и Eu аномалий, что характерно для спектров метаморфогенных цирконов.

Вторая – точки: 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 8.1, располагающиеся как в краевых так и центральных частях кристаллов и характеризующихся типичным для магматических цирконов спектром - четко выражены положительная Ce- и отрицательная Eu- аномалии, спектр дифференцирован от LREE к HREE.

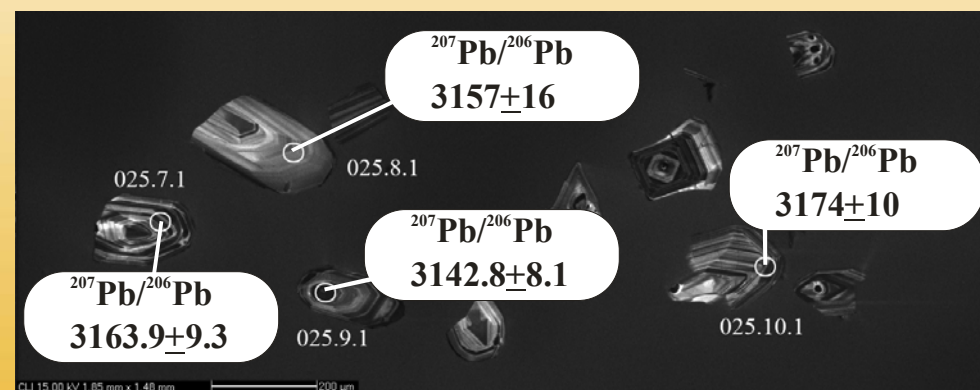
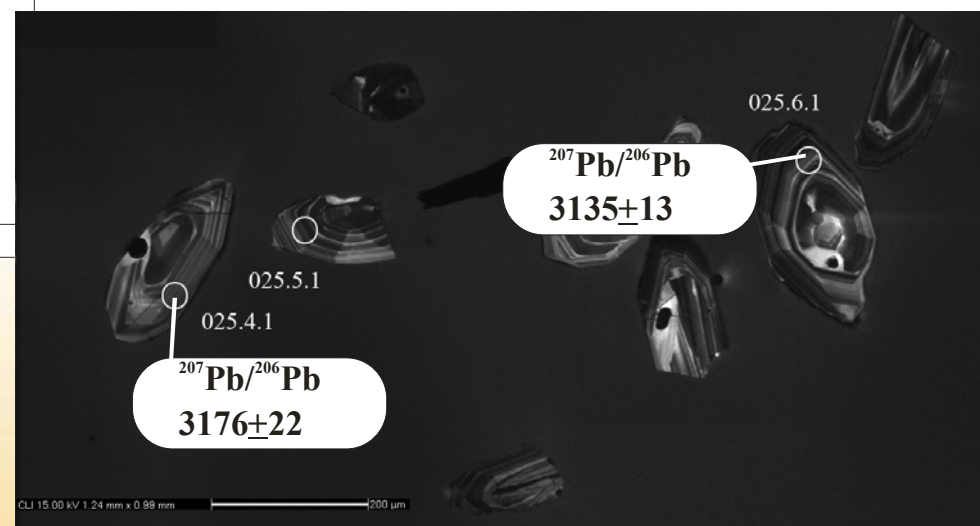
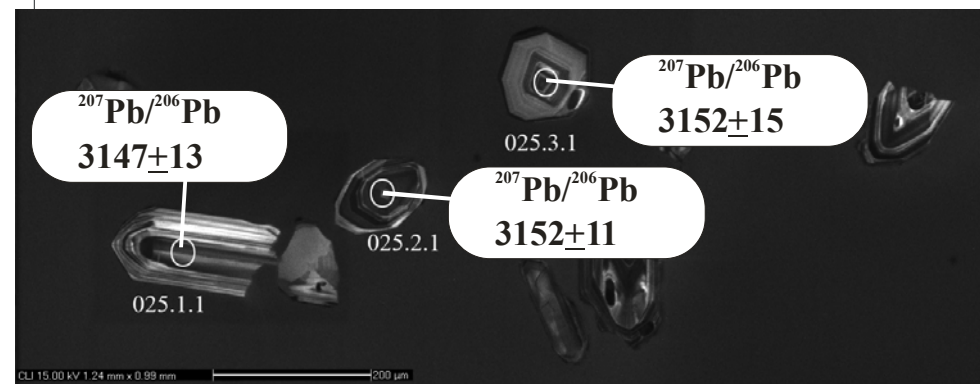
## РЗЭ в цирконах из метариодацитов скв. 3747



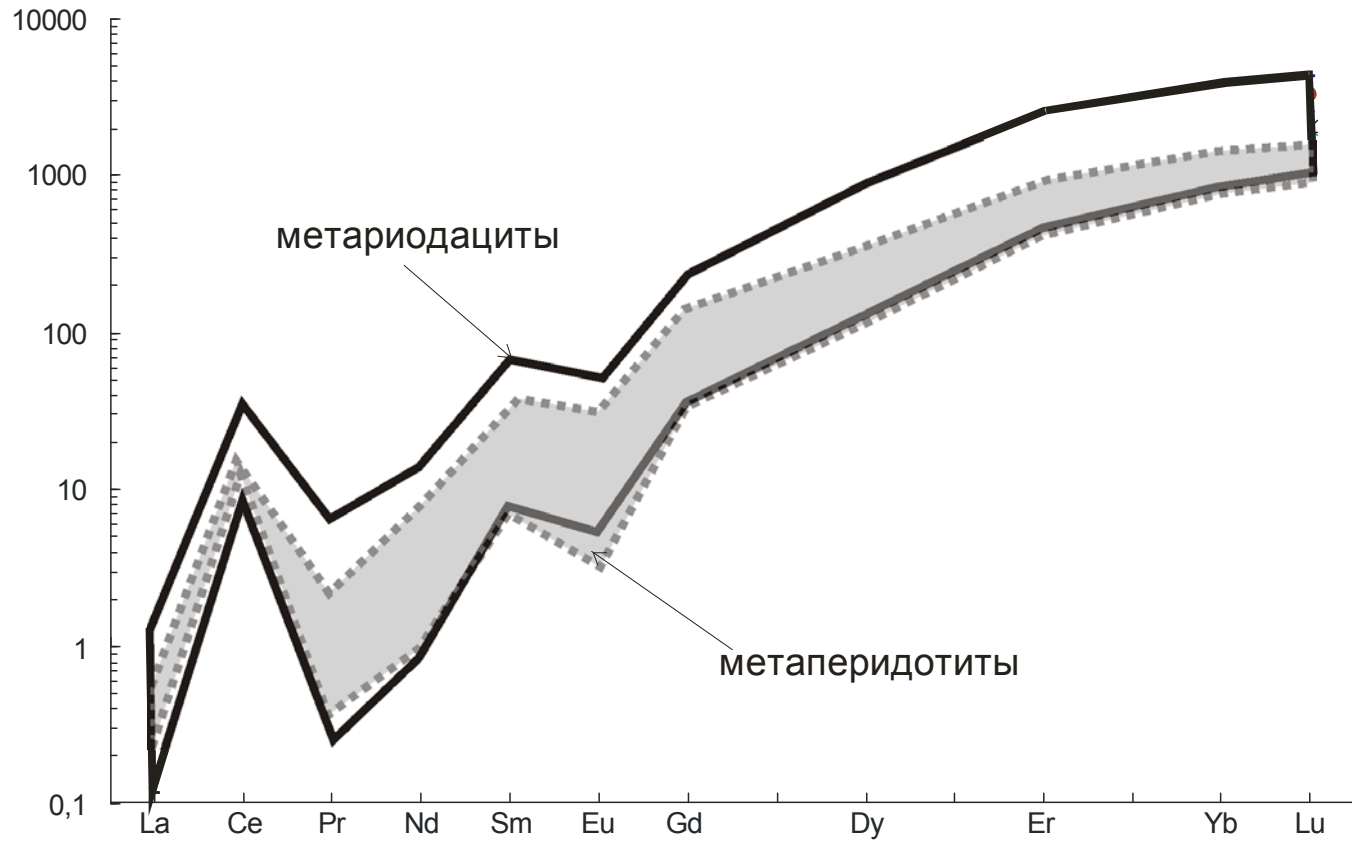
По характеру распределения REE в цирконах из метариодацитов также выделяются две группы, отличающиеся содержанием и соотношением LREE.

Первая – точки: 4.1, 7.1, 10.1, характеризуются обогащением LREE и выполаживанием Ce и Eu аномалий значительно в более выраженной степени, чем в первой группе цирконов из серпентенитов, что указывает на явное метаморфическое преобразование.

Вторая – точки: 1.1, 2.1., 3.1, 6.1, 8.1, 9.1, характеризуются типичным для магматических цирконов спектром - четко выражены положительная Ce- и отрицательная Eu-аномалии, спектр отчетливо дифференцирован от LREE к HREE.

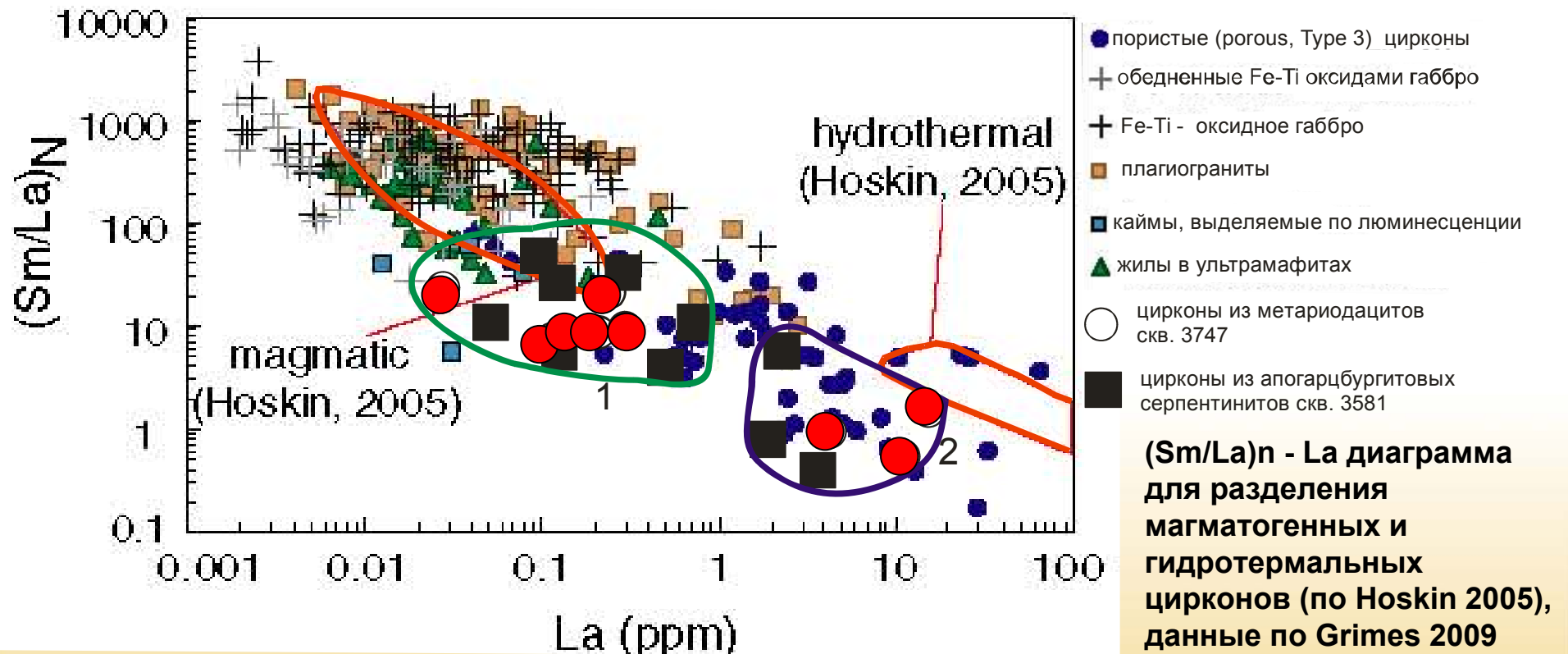


## Поля спектров распределения РЗЭ в “магматогенных” составах цирконов метариодацитов и метапериодитов



Обращает на себя внимание близость содержаний и характера распределения РЗЭ в цирконах, не несущих признаков метаморфических преобразований, как для метапериодитов, так и метариодацитов

Также особенности распределения РЗЭ в цирконах используются для разделения гидротермального и магматогенного их генезиса.



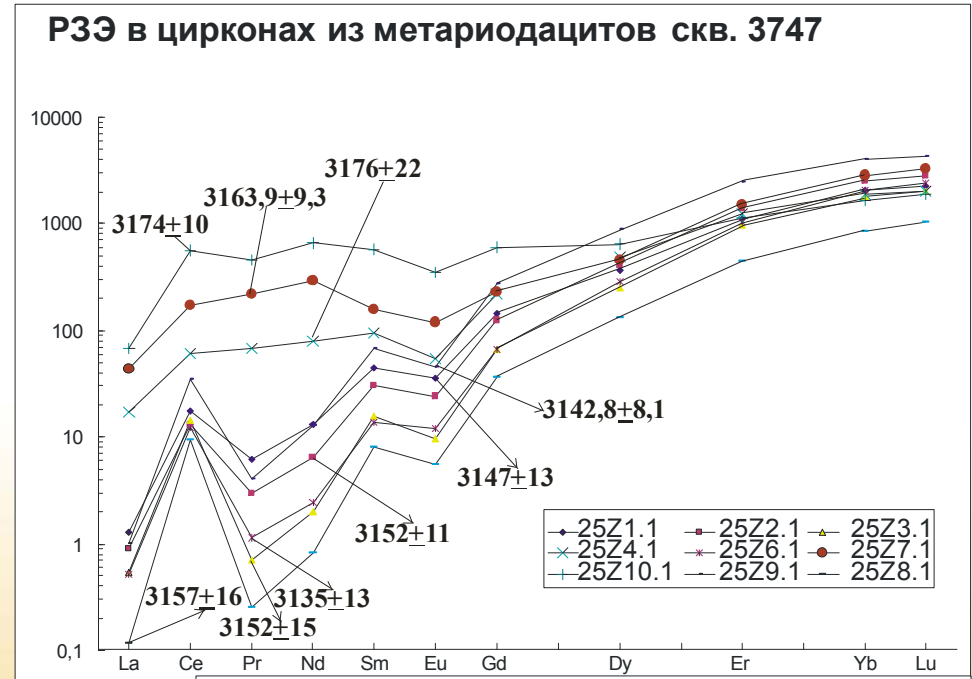
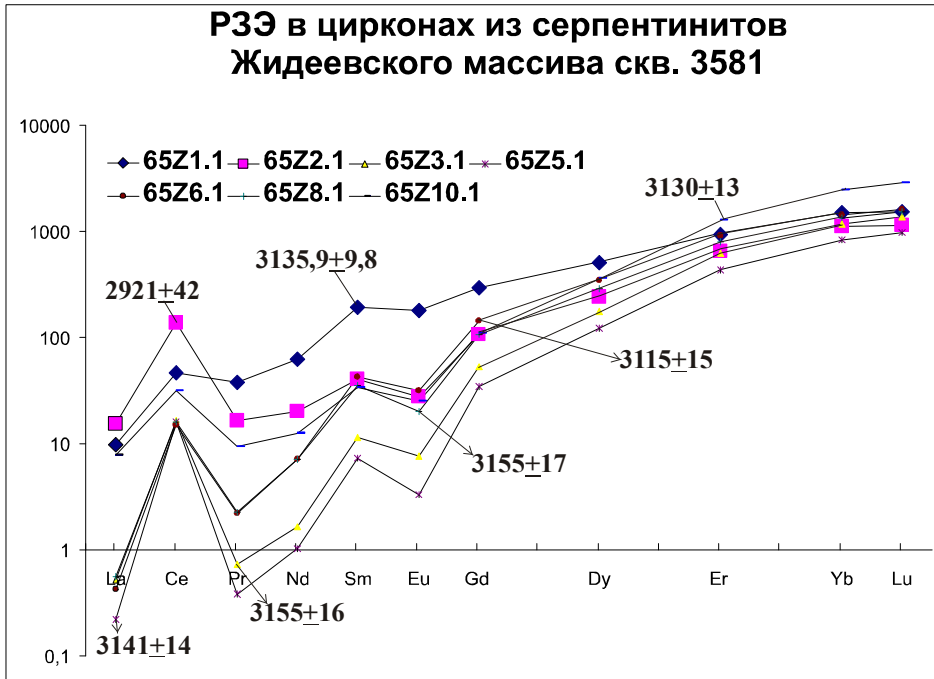
На предложенной Hoskin (2005) (Sm/La)<sub>n</sub> – La дискриминационной диаграмме фигуративные точки составов исследованных цирконов лежат преимущественно между полей магматогенных и гидротермальных составов, во многом совпадая с полем распространения так называемых «пористых», «губчатых» (porous Type 3, по Grimes 2009), цирконов, с хаотичной (по катодолюминесценции) текстурой, где пористые участки резко обогащены La, Fe, Ca, Al, Cl, и S, и характеризуются аномально низкими (Sm/La)<sub>n</sub> отношениями.

Их генезис связывается с изменением (растворением-переосаждением) нормальных магматических цирконов в результате гидротермальной проработки.

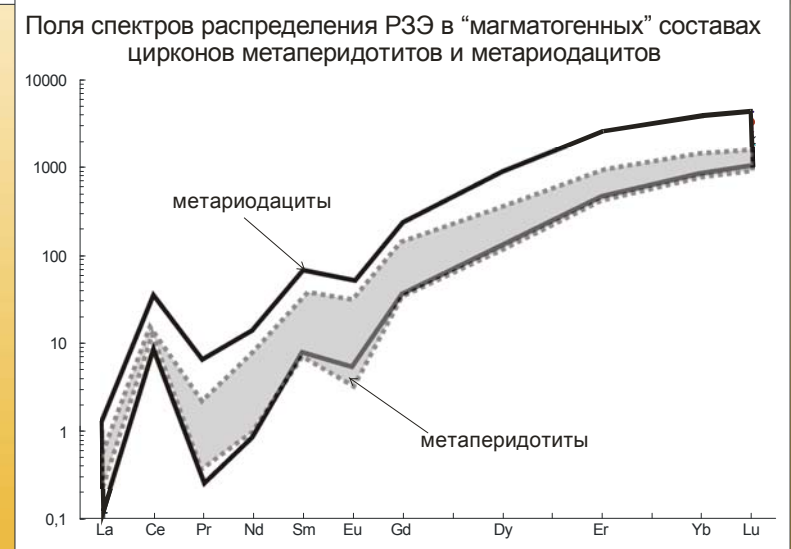
Однако исследованные нами цирконы характеризуются «нормальной» зональностью и отсутствием подобных пористых текстур.

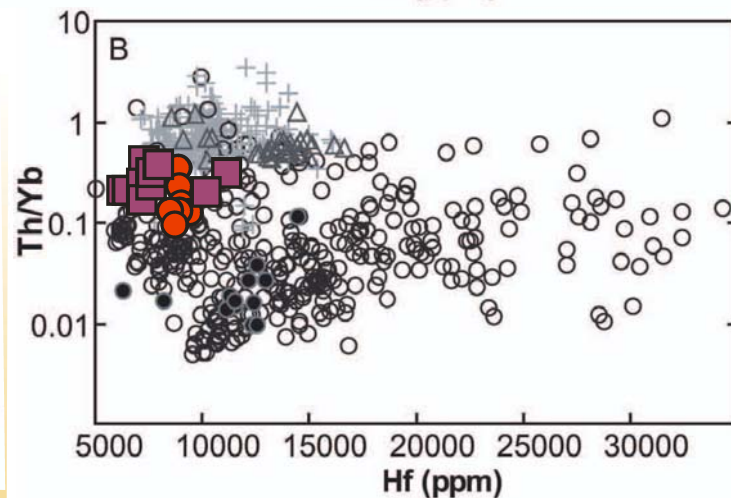
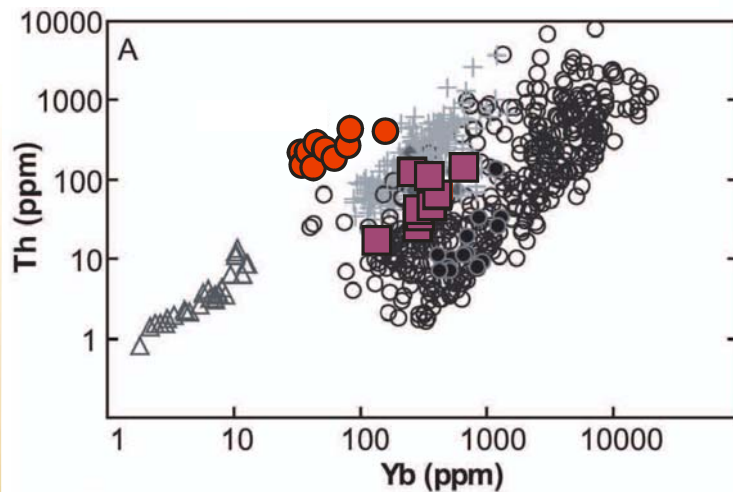
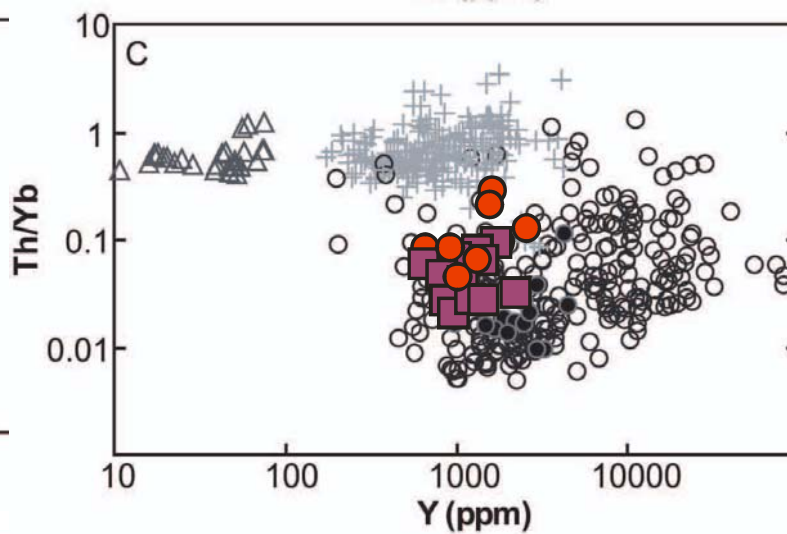
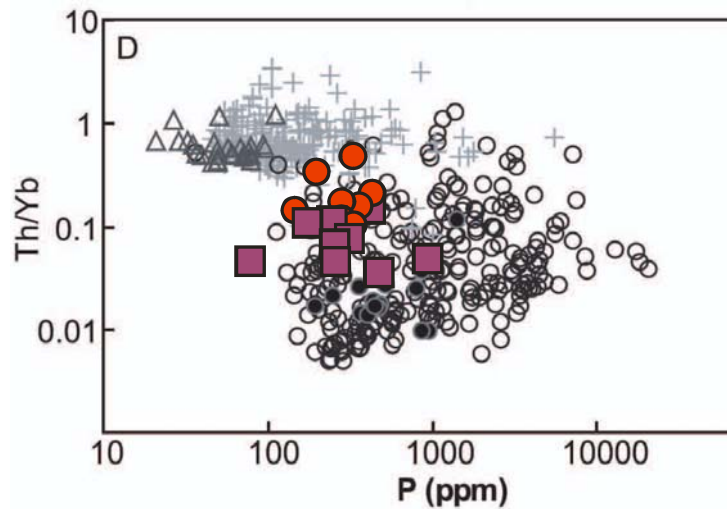
Также следует отметить, что фигуративные точки составов цирконов из изученных нами метаперидотитов и метариодацитов образуют два общих поля 1 – с составами цирконов типично магматогенных цирконов и 2 – с составами цирконов, несущими следы метаморфогенного воздействия

Таким образом, анализ распределения РЗЭ в исследованных нами цирконах показывает, что при существенных отличиях по форме и внутреннему строению, цирконы и метаперидотитов и метариодацитов являются магматогенными и несут признаки метаморфических преобразований, что более ярко проявлено для цирконов метариодацитов.



При этом отмечается близость составов цирконов с явно магматическими характеристиками как метаперидотитов, так и метариодацитов





Для разделения цирконов различных геодинамических обстановок используется ряд редких элементов (Grimes 2007). Исследованные нами цирконы занимают промежуточное положение между полями океанических и континентальных цирконов на диаграмме Th/Yb-P, на диаграмме Th/Yb-Y цирконы обеих проб располагаются, преимущественно в поле океанических составов, диаграмма Th-Yb показывает резкое отличие – тяготение цирконов метAPERИДОТИТОВ к океаническим составам, а составы цирконов метариодацитов к континентальным, общее поле составов на диаграмме Th/Yb-Hf располагается между составами океанических и континентальных

Океаническая кора

● метариодациты скв. 3747

■ метагартцбургиты скв. 3581

+ континентальные гранитоиды

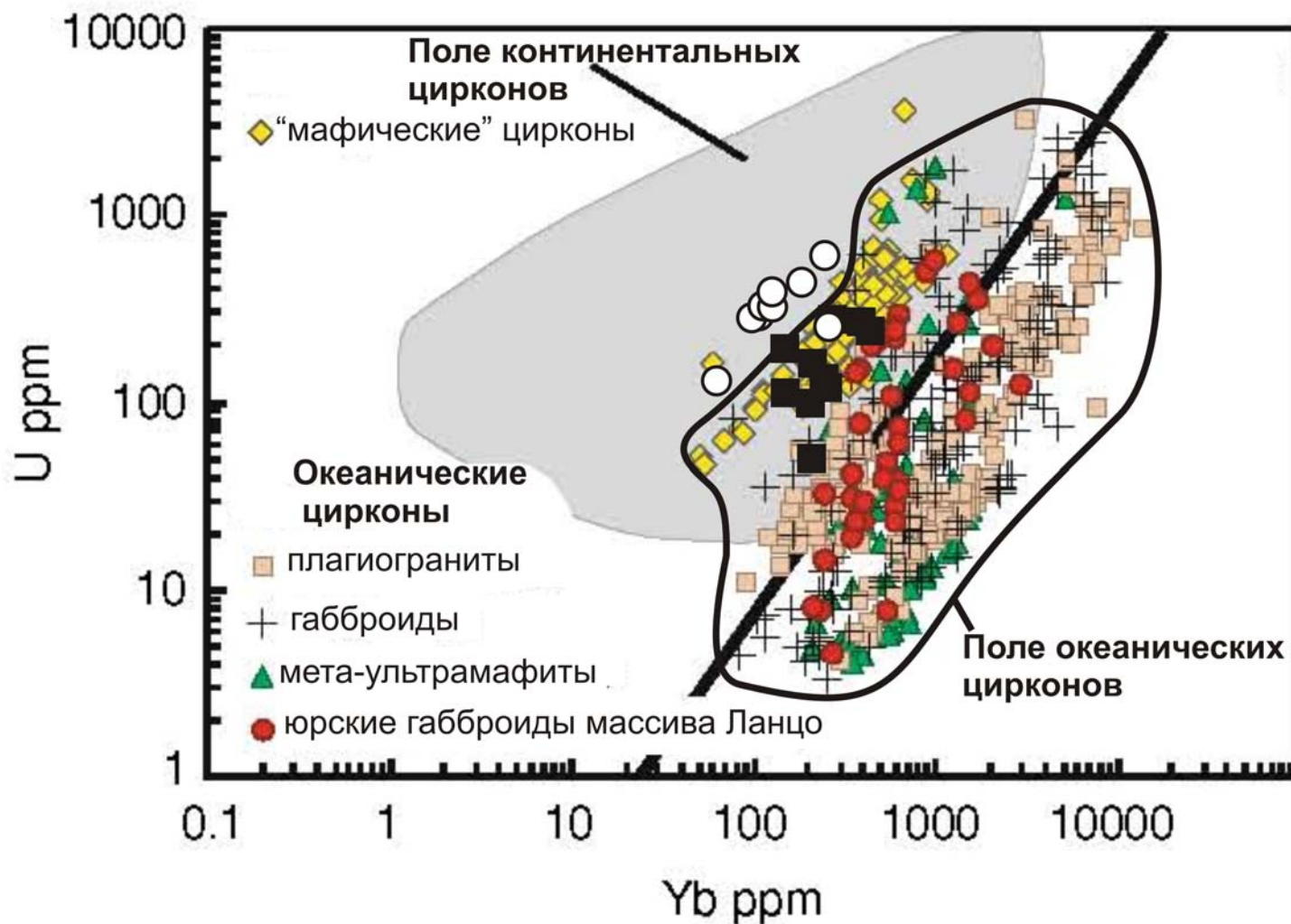
◆ гранитоиды островодужная система Талкитна (Аляска)

Δ кимберлиты

○ данные по Grimes (2007)

● данные по Coogan and Hinton (2006)

В целом, можно отметить близость составов цирконов метAPERИДОТИТОВ и метариодацитов по ряду редких элементов.



○ цирконы из метариодацитов скв. 3747

■ цирконы из апогарцбургитовых серпентинитов скв. 3581

Также для разделения цирконов океанического и континентального происхождения используется диаграмма U – Yb, на которой выделяются поля континентальных, цирконов, океанических цирконов. Жирная линия разграничивает области неперекрывающихся составов цирконов континентального и океанического происхождения. Поле «мафических» цирконов, по (Grimes et al., 2009)

Фигуративные точки составов цирконов из метариодацитов отчетливо ложатся в поле континентальных цирконов. Цирконы из метаперидотитов находятся в области перекрытия полей океанических и континентальных цирконов, попадая в поле «мафических» цирконов (Grimes et al., 2009) различного генезиса.

# ВЫВОДЫ

- Изученные цирконы из метаморфизованных ультраосновных пород Льговско-Ракитнянского пояса являются захваченными (если исключить вариант технического заражения), изложенные ниже данные не противоречат тому, что эти цирконы были захвачены из пород базальт-риолитовой серии лебединской свиты, формировавшейся близко одновременно
  - Распределение РЗЭ в цирконах метультрабазитов указывает на их магматическое происхождение с незначительными метаморфическими изменениями. Содержания U, Th, Th/U отношения, относительно низкие содержания РЗЭ не противоречат принадлежности цирконов к мафической породе
  - Морфология и особенности внутреннего строения цирконов из метариодацитов позволяют предположить их нексеногенную природу
  - Цирконы метариодацитов характеризуются относительно низкими содержаниями Th и U, распределение РЗЭ свидетельствуют об их магматической природе с незначительными метаморфическими преобразованиями
  - В целом концентрации и характер распределения РЗЭ в цирконах метаперидотитов и метариодацитов близки
  - Также близки возраста этих цирконов –  $3136 \pm 10$  в метаперидотитах и  $3152 \pm 10$  в метариодацитах
  - На диаграмме разграничивающий магматогенные и гидротермальные цирконы «магматогенные» и «метаморфизованные» точки обеих пород образуют общие группы
  - На дискриминационных диаграммах с использованием Th, Yb, Y, Hf, P - изученные нами цирконы в большинстве случаев образуют компактные группы, занимающие промежуточное положение между полями составов цирконов континентального и океанического происхождения
  - на диаграмме U – Yb цирконы метариодацитов отчетливо ложатся в поле континентальных составов, а цирконы метаперидотитов в поле «мафических» цирконов области перекрытия океанических и континентальных составов
- Таким образом полученные данные по геохимии цирконов метаспоров михайловской серии непротиворечиво дополняют изложенную ранее модель формирования Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса**
- С учетом полученных данных можно предположить, что в интервале  $3152 \pm 10$  -  $3136 \pm 10$  млн лет в условиях растяжения континентальной коры происходило внедрение высокотемпературных высокомагнезиальных расплавов, обусловившее плавление коры континентального типа и формирование базальт-риолитовой серии (риодациты с цирконами с континентальными характеристиками). Позднее, по мере прогрессирования условий растяжения и прогрева формирующейся рифтовой зоны стало возможно внедрение высокотемпературных высокомагнезиальных расплавов в более высокие уровни коры с захватом цирконов из более основных пород с цирконами с «мафическими» характеристиками**

**БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ**

