



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО

**Результаты изотопно-геохимических исследований  
магматических пород с целью прогнозирования и оценки  
их потенциальной рудоносности на золото-медно-  
порфировое оруденение в рамках Государственного  
геологического картографирования Российской Федерации**

Авторы: Шатов В.В., Леонтьев В.И., Ткаченко М.А., Сергеев С.А.,

Докладчик: Леонтьев Василий Иванович

Заместитель директора

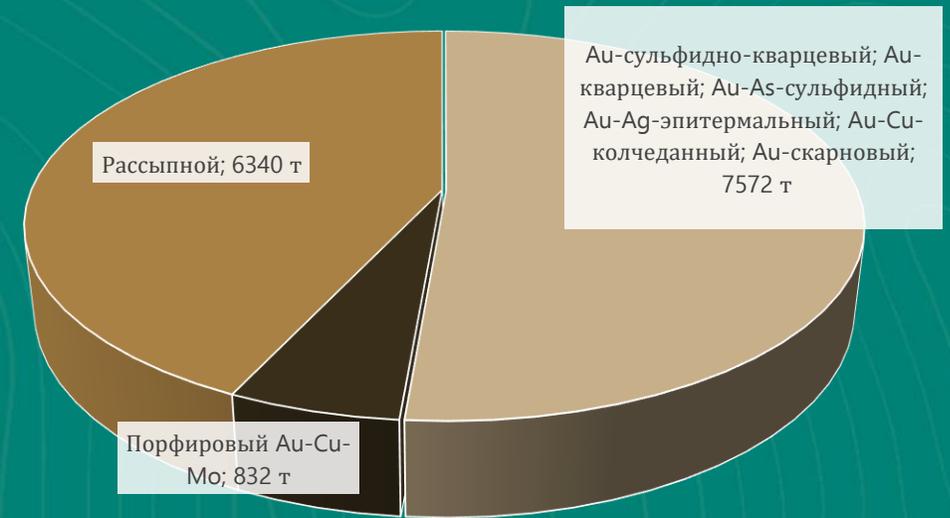
Центра прогнозно-металлогенических исследований

# Структура минерально-сырьевой базы меди и золота Российской Федерации (распределение по геолого-промышленным типам по состоянию на 01.01.2021 г.)

## Медь



## Золото



По состоянию на 01.01.2020 г. Государственным запасом РФ учтено **177** месторождений **МЕДИ** с общими разведанными запасами **99,1 млн. т** металла, что составляет 13% от общемировых запасов меди (761 млн. т).

На долю порфирового геолого-промышленного типа приходится не более **20 %** разведанных запасов меди

По состоянию на 01.01.2020 г. Государственным запасом РФ учтено около 6000 рассыпных и **595** коренных месторождений **ЗОЛОТА** с общими разведанными запасами **14744 т** металла, что составляет 29% от общемировых запасов золота (51 488 т).

На долю порфирового геолого-промышленного типа приходится не более **6 %** разведанных запасов золота

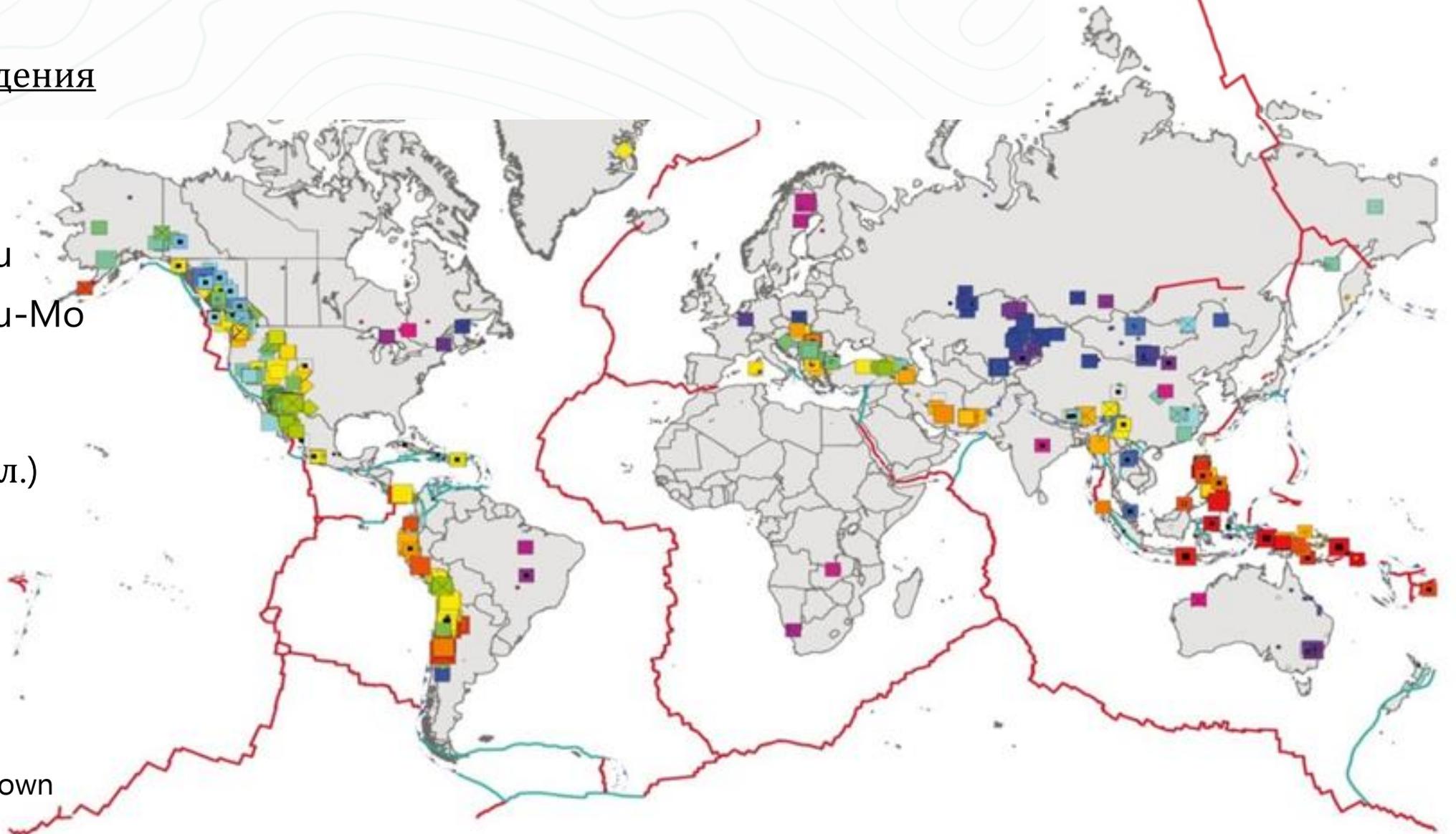
# Закономерности глобального распределения порфировых месторождений Au, Cu и Mo

## Тип месторождения

- Porphyry Cu
- ▣ Porphyry Au
- Porphyry Cu-Au
- ⊠ Porphyry Cu-Au-Mo
- ◇ Porphyry Mo

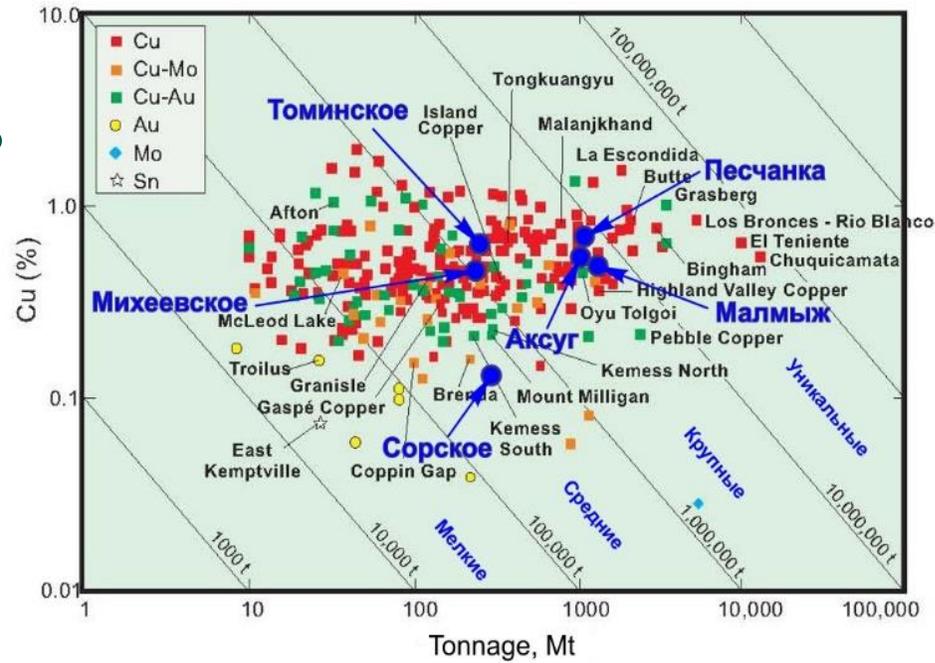
## Возраст (млн. л.)

- |           |        |
|-----------|--------|
| ● 1       | ● 70   |
| ● 5       | ● 120  |
| ● 10      | ● 200  |
| ● 20      | ● 400  |
| ● 30      | ● 1000 |
| ● 50      | ● 3000 |
| ○ Unknown |        |

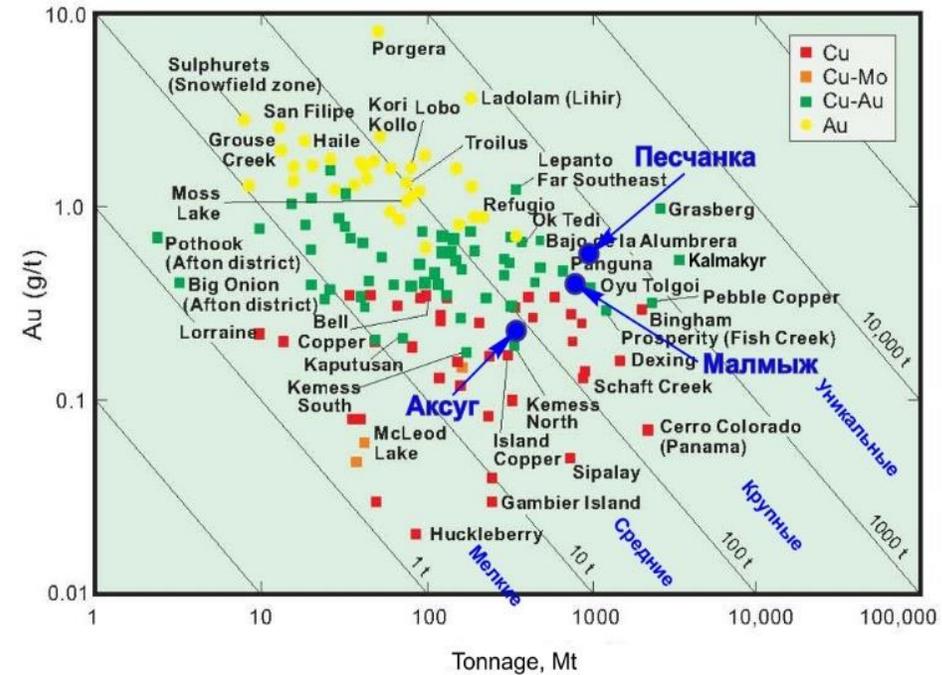


# Положение ведущих порфирировых месторождений России на вариационных диаграммах: Запасы vrs. Содержание ПИ

Медь



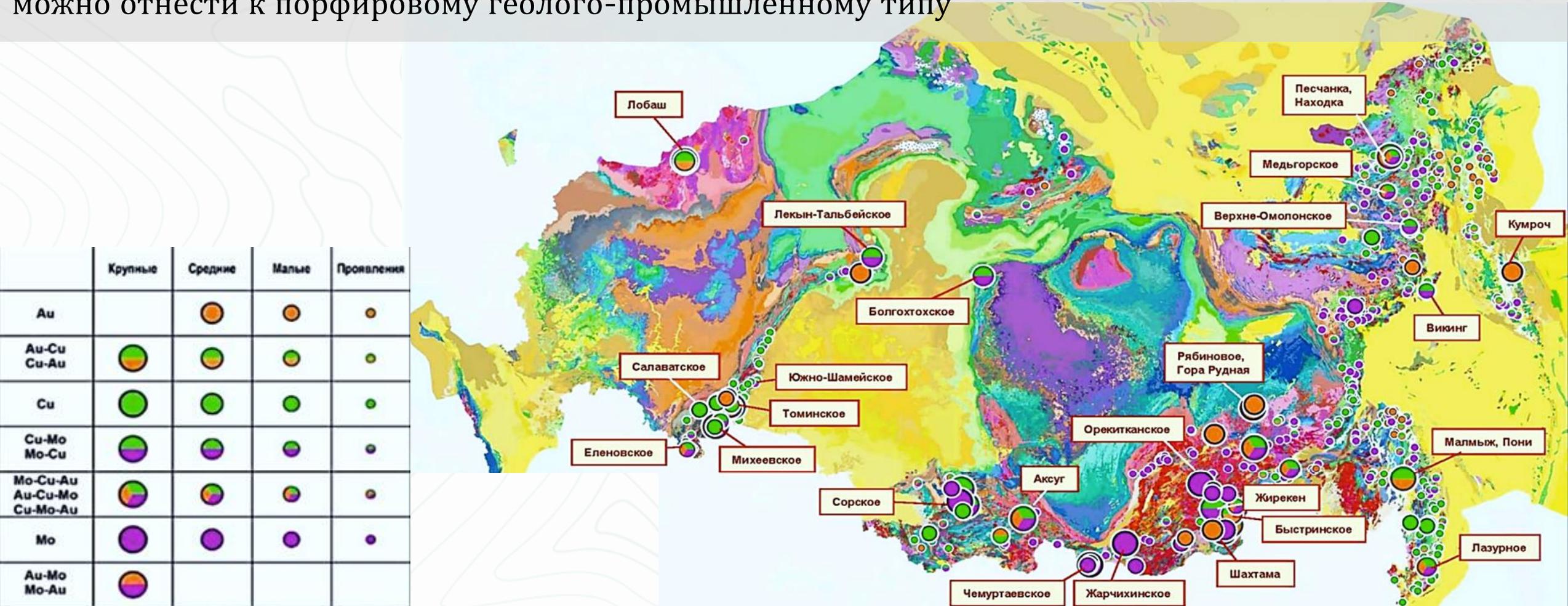
Золото



№ п/п	Месторождение	Медь		Золото		Молибден	
		Запасы, млн. т	Сод-ние, %	Запасы, т	Сод-ние, г/т	Запасы, тыс. т	Сод-ние, %
1	Песчанка	4.8	0.53	291	0.3	136	0.014
2	Малмыж	6.2	0.35	273	0.2	-	-
3	Аксуг	3.1	0.67	83	0.2	78	0.015
4	Томинское	1.3	0.34	120	0.1	-	-
5	Михеевское	1.0	0.37	88	0.22	12	0.002
6	Сорское	0.4	0.25	-	-	114	0.060

# Карта закономерностей размещения месторождений и рудопроявлений порфирового семейства на территории Российской Федерации

В настоящее время на территории Российской Федерации выявлено 71 месторождение (17 – крупных, 15 – средних и 39 – мелких) и 518 проявлений, которые с определенной долей условности можно отнести к порфировому геолого-промышленному типу



# Распределение по федеральным округам РФ наиболее перспективных для обнаружения порфировой рудной минерализации номенклатурных листов масштаба 1:200 000 с целью постановки в их пределах работ по ГДП-200/2

Федеральный округ	Без учета ООПТ и изученности	С учетом ООПТ и изученности	Перспективные участки	
			1-й очереди	2-й очереди
Дальневосточный федеральный округ (без Саха Якутия)	279	<b>179</b>	<b>50</b>	<b>129</b>
Дальневосточный федеральный округ (Саха Якутия)	46	32	9	23
Приволжский федеральный округ	7	0	0	0
Северо-Западный федеральный округ	1	0	0	0
Сибирский федеральный округ	102	44	23	0
Уральский федеральный округ	28	1	1	21
<b>В целом по всем федеральным округам России</b>	<b>463</b>	<b>256</b>	<b>83</b>	<b>173</b>

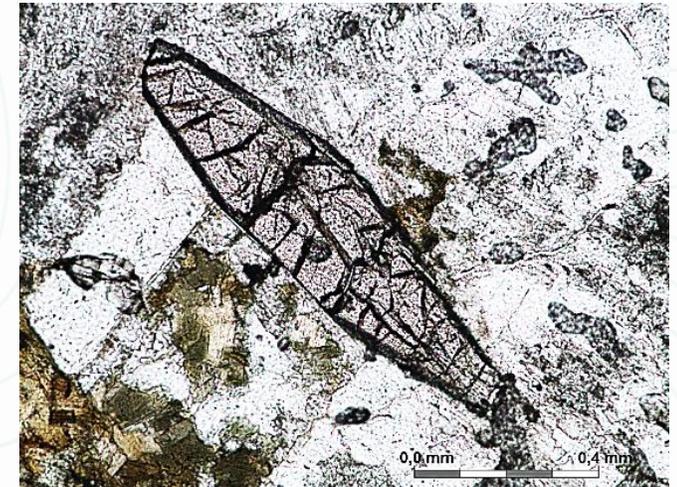


**Циркон** благодаря своим уникальным физическим свойствам и консервативным изотопно-геохимическим характеристикам может рассматриваться в качестве одного из самых надежных минералов-индикаторов продуктивных на золото-медно-порфировое оруденение интрузивных массивов.

Экспериментальным путем было установлено, что такие геохимические характеристики циркона, как содержание в нем Y, Hf, Ti, U, Th и Pb, а также величина отношений  $Ce/Ce^*$  и  $Eu/Eu^*$ , являются индикаторами:

- степени окисления материнского гранитоидного расплава,
- уровня его водонасыщенности (флюидонасыщенности),
- температуры кристаллизации,
- степени магматического фракционирования в расплаве рудогенных и летучих компонентов,

то есть физико-химических и термодинамических параметров, во многом, предопределяющих возможность проявления в связи с гранитоидными интрузивами продуктивных порфировых систем



Значения индикативных геохимических параметров циркона Porphyry Indicator Zircons (PIZ) указывает, был ли материнский гранитоидный расплав в достаточной степени водонасыщен, окислен, обогащен серой и рудогенными элементами для того, чтобы запустить продуктивную рудоформирующую порфировую систему.

1.	<b>Ce/Nd</b>	>1
2.	<b>Eu/Eu*</b>	>0.4
3.	<b>(Ce/Nd)/Y</b>	>0.01
4.	<b>Dy/Yb</b>	<0.3
5.	<b>(10000xEu/Eu*)/Y</b>	>1
6.	<b>Th/U</b>	0.1/1.0
7.	<b>T° C (Ti-in-zircon thermometer)</b>	637/738

# Положение геохимического состава изученных зерен цирконов из образцов магматических пород Малмыжского и Понийского рудных полей на вариационных диаграммах

## $Eu/Eu^* - (Ce/Nd)/Y$ и $Eu/Eu^* - Dy/Nd$

На диаграммах для сравнения вынесены фигуративные точки геохимических составов цирконов из рудовмещающих интрузивных пород ведущих Au-Cu- и Au-Cu-Mo-порфировых месторождений Центрально-Азиатского подвижного пояса в сравнении с заведомо безрудными магматическими образованиями из различных регионов Мира

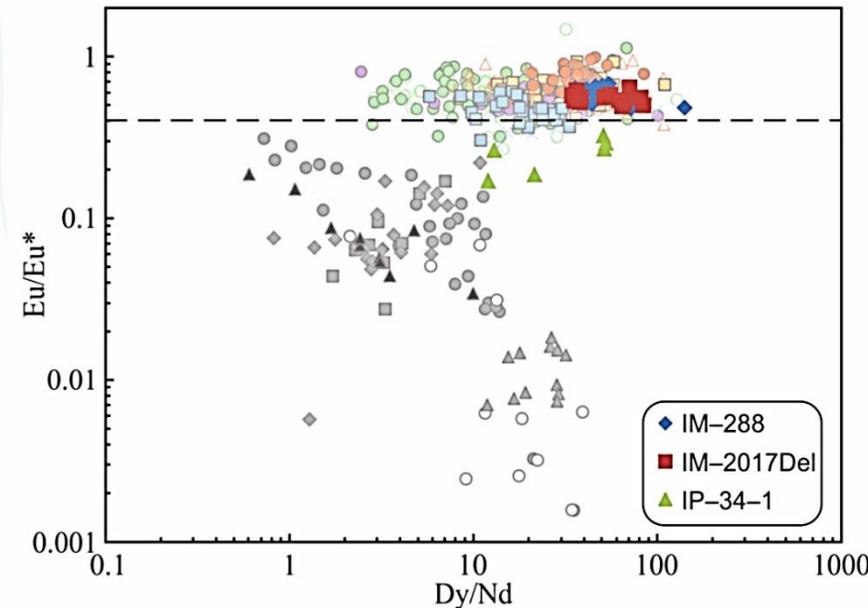
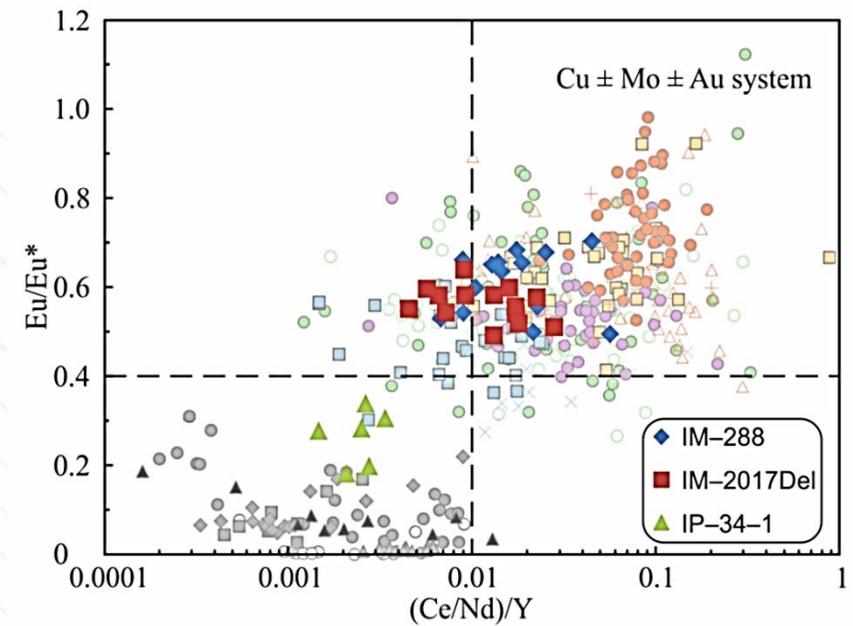
(after Lu et al., 2016; modified)

### Безрудные комплексы

- Yellowstone rhyolite
- Bandelier rhyolite
- Hawkins S-type dacite
- ◆ Kadoona I-type dacite
- ▲ Bishop Tuff
- ▲ Lucerne reduced granite

### Рудоносные комплексы

- Batu Hijau porphyry Cu-Au
- Tampakan porphyry Cu-Au
- △ Dexing porphyry Cu-Mo-Au
- Jiama porphyry-skarn Cu-Mo-Au
- Sar Cheshmeh porphyry Cu-Mo-Au
- × Nannihu porphyry Mo-W
- + Yuchiling porphyry Mo
- Sungun porphyry Cu-Mo
- Qulong porphyry Cu-Mo



# Геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России

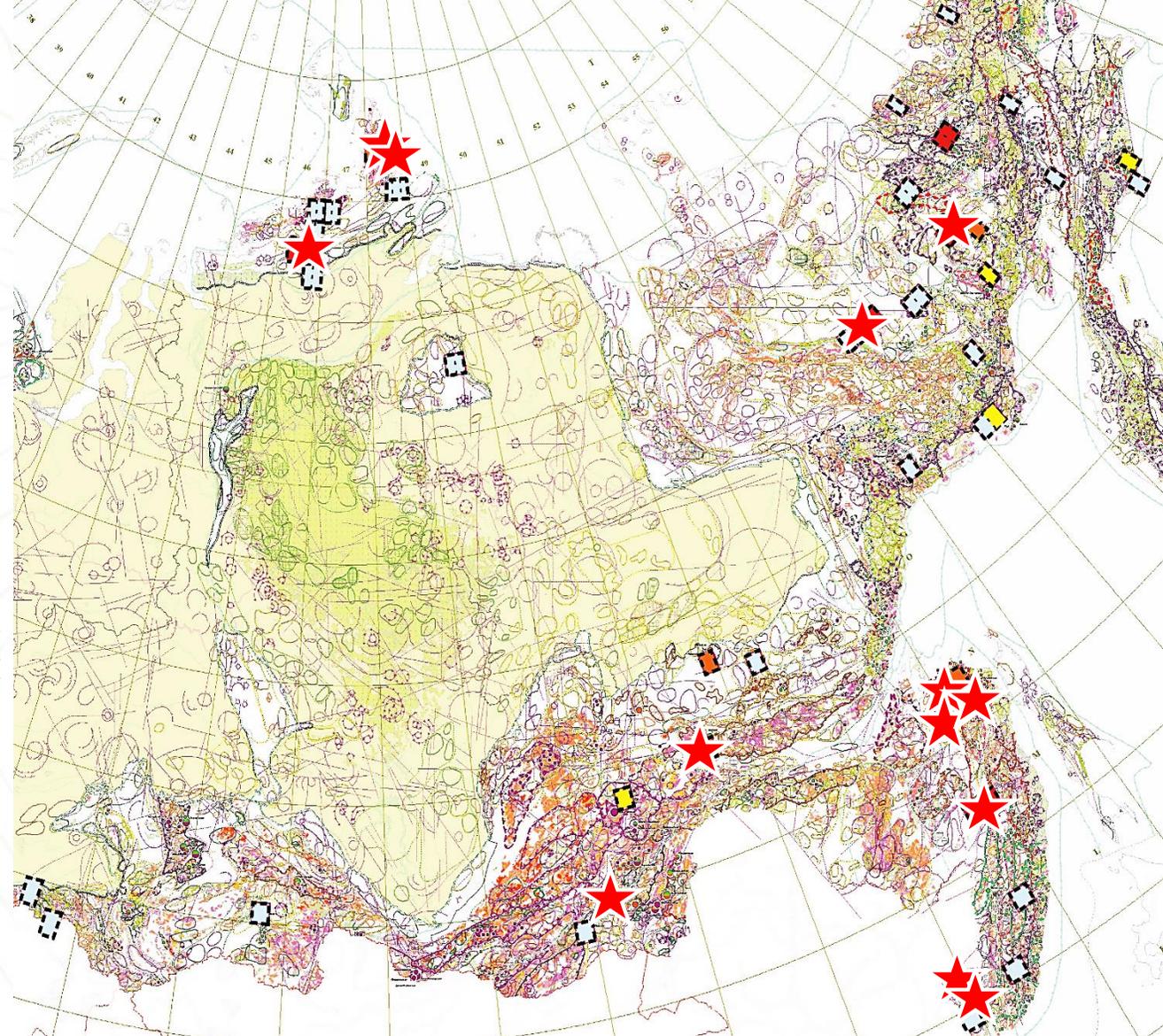


В ходе реализации Государственной программы по региональному геологическому изучению недр территории России в масштабе 1:1М (3-е поколение) и 1:200 000 (2-е издание) в нашем институте в период с 2002 по 2024 годы создан Интернет-ресурс изотопно-геохронологических данных по основным структурно-вещественным комплексам России. Этот банк насчитывает более 10 000 определений возраста локальным U-Pb методом и содержит коллекцию готовых к исследованию препаратов (эпоксидных шайб) с монофракциями цирконов, ранее продатированных на вторично-ионном микрозонде SHRIMP-IIe



Схема размещения магматических комплексов пород, изученных на предмет установления закономерностей распределения элементов-примесей (REE+Y, Ti, Hf, U, Th, Pb) в акцессорных цирконах с целью определения индикативных геохимических параметров циркона - PIZs

ВСЕГО по состоянию на **01.07.2024 г.** изучено 228 обр. магматических пород, принадлежащих **166** объектам исследования – интрузивным комплексам и отдельным массивам.



Перспективные объекты на Au-Cu-порфировое оруденение с подготовленными Паспортами учета

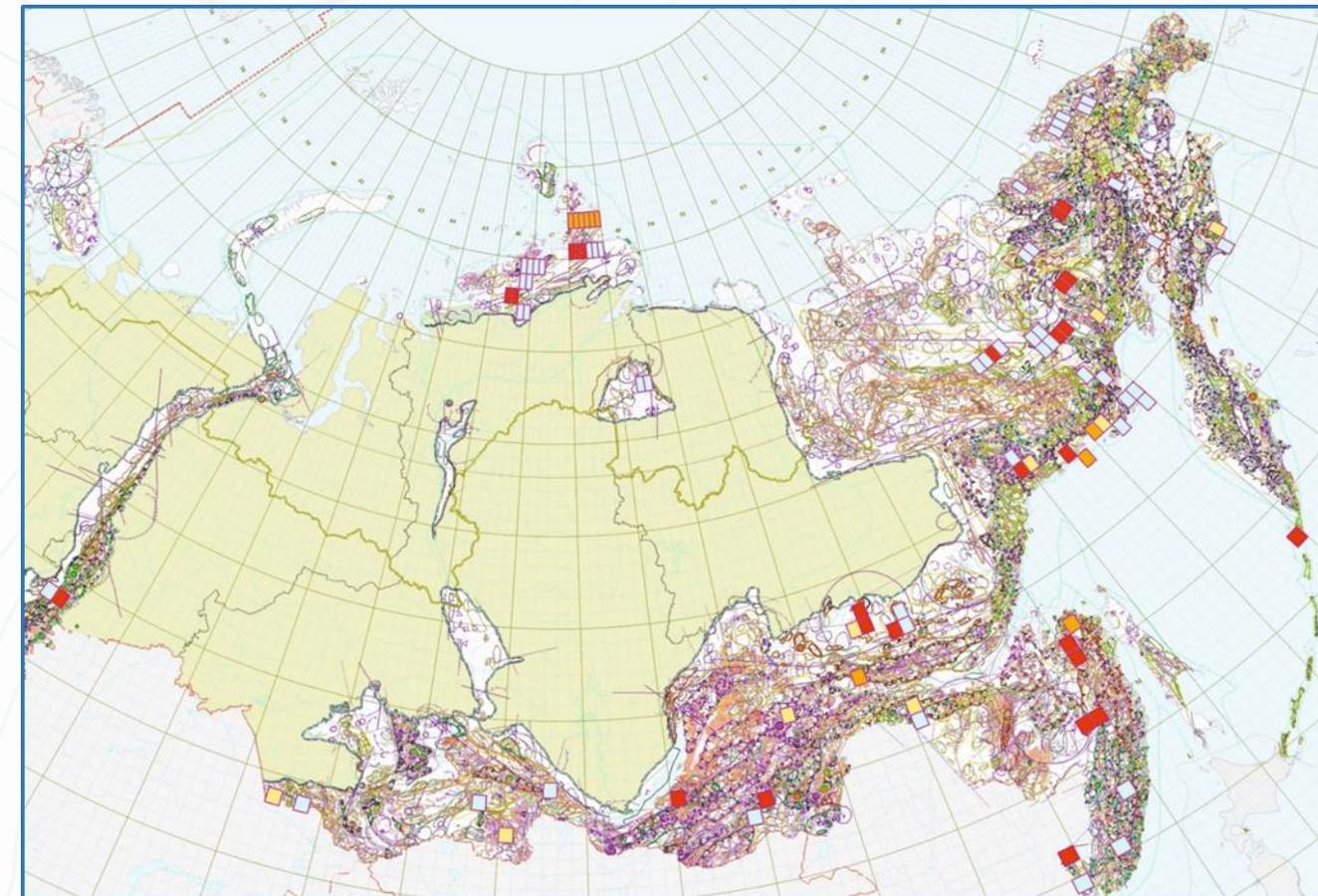
# Статистические параметры распределения содержаний REE, Y, Hf, Ti, U, Th и Pb (в г/т) в цирконах из интрузивных пород Малмыжского и Понийского рудных полей

Элементы, индикативные показатели циркона	Малмыжское рудное поле				Понийское рудное поле	
	Обр. ИМ-288		Обр. ИМ-2017 Del		Обр. ИП-34-1	
	$\bar{X}_{арф}$ min – max	Станд. отклонение	$\bar{X}_{арф}$ min – max	Станд. отклонение	$\bar{X}_{арф}$ min – max	Станд. отклонение
$\Sigma$ REE	<u>467.86</u> 217.10 – 1158.0	178.60	<u>507.88</u> 234.50 – 1105.0	199.30	<u>1479.62</u> 477.30 – 3716.0	1325.06
$\Sigma$ LREE	<u>7.55</u> 4.00 – 24.60	2.29	<u>7.30</u> 2.29 – 4.00	3.73	<u>118.97</u> 4.63 – 398.64	173.64
$\Sigma$ MREE	<u>72.31</u> 27.62 – 268.34	25.71	<u>69.86</u> 29.17 – 155.57	29.34	<u>336.13</u> 68.31 – 870.16	309.78
$\Sigma$ HREE	<u>388.0</u> 185.29 – 883.80	152.55	<u>430.72</u> 201.39 – 932.43	170.76	<u>1024.52</u> 264.43 – 2501.20	841.64
Y	<u>718</u> 283 - 2212	276	<u>732</u> 306 - 1632	299	<u>2754</u> 753 - 6234	2442
Hf	<u>4928</u> 4130 - 5822	510	<u>4524</u> 4136 - 4986	291	<u>5145</u> 3438 - 7174	852
Ti	<u>5.1</u> 4.1 – 16.6	0.27	<u>5.8</u> 5.0 – 7.2	0.42	<u>16.0</u> 2.0 – 40.4	1.14
Pb	<u>1.6</u> 0.7 – 8.4	0.5	<u>1.2</u> 0.6 – 2.4	0.5	<u>85.2</u> 1.3 – 466.0	187.7
U	<u>112</u> 52 - 482	36	<u>89</u> 45 - 182	41	<u>859</u> 90 - 3682	1553
Th	<u>76</u> 24 - 433	31	<u>58</u> 18 - 118	34	<u>1609</u> 21 - 9920	4144
Ce/Ce*	<u>61.4</u> 29.2 – 124.4	24.3	<u>72.5</u> 21.6 – 191.0	39.9	<u>40.7</u> 2.5 – 115.6	17.0
Eu/Eu*	<u>0.6</u> 0.2 – 0.7	0.1	<u>0.6</u> 0.5 – 0.7	0.01	<u>0.4</u> 0.01 - 1.1	0.1
Dy/Yb	<u>0.17</u> 0.12 – 0.31	0.021	<u>0.15</u> 0.11 – 0.20	0.030	<u>0.35</u> 0.16 – 0.73	0.057
Ce/Nd	<u>10.0</u> 2.9 – 20.5	4.76	<u>10.11</u> 4.25 – 21.8	5.09	<u>7.51</u> 0.71 – 20.4	3.93
(Ce/Nd)/Y	<u>0.019</u> 0.001 – 0.058	0.015	<u>0.016</u> 0.005 – 0.05	0.007	<u>0.004</u> 0.0002 – 0.015	0.005
(10000×Eu/Eu*)/Y	<u>11.06</u> 0.94 – 24.8	5.15	<u>9.08</u> 3.0 – 21.7	2.51	<u>3.54</u> 0.13 – 14.7	1.45
Th/U	<u>0.59</u> 0.39 – 0.90	0.11	<u>0.62</u> 0.33 – 0.80	0.14	<u>0.80</u> 0.001 – 2.69	0.95

# Значения индикативных геохимических параметров циркона (PIZs) для рудоносных магматических пород некоторых промышленных порфирических месторождений России

№№ п/п	Месторождение	Порода	Возраст, млн. лет	Индикативные геохимические параметры циркона - PIZs (Porphyry Indicator Zircons) (after Lu et al, 2016 and Pizarro et al., 2020)						
				Ce/Nd	Eu/Eu*	(Ce/Nd)/Y	Dy/Yb	(10000x Eu/Eu*)/ Y	Th/U	T° C (Ti-in- zircon thermo- meter)
				> 1	> 0.4	> 0.01	< 0.3	> 1	0.1 ÷ 1.0	637 ÷ 738
1	<b>МАЛМЫЖ</b>	Кварцевый диорит-порфир	98.3 ± 1.2	<b>10.0</b>	<b>0.60</b>	<b>0.018</b>	<b>0.16</b>	<b>10.0</b>	<b>0.61</b>	<b>680</b>
2	<b>ПЕСЧАНКА</b>	Гранодиорит-порфир минерализованный	140.0 ± 1.0	<b>15.2</b>	<b>0.78</b>	<b>0.016</b>	<b>0.23</b>	<b>9.9</b>	<b>0.63</b>	<b>718</b>
3	<b>МИХЕЕВСКОЕ</b>	Кварцевый диорит	365.9 ± 2.8	<b>10.0</b>	<b>0.41</b>	<b>0.011</b>	<b>0.12</b>	<b>5.1</b>	<b>0.33</b>	<b>702</b>
4	<b>ТОМИНСКОЕ</b>	Кварцевый диорит-порфир	432.6 ± 3.2	<b>29.4</b>	<b>0.47</b>	<b>0.035</b>	<b>0.13</b>	<b>11.1</b>	<b>0.21</b>	<b>673</b>
5	<b>МЕДЬГОРА</b>	Кварцевый монцодиорит	143.4 ± 2.0	<b>14.8</b>	<b>0.53</b>	<b>0.027</b>	<b>0.18</b>	<b>8.6</b>	<b>0.69</b>	<b>724</b>
6	<b>РЯБИНОВОЕ</b>	Сиенит	142.5 ± 3.0	<b>14.2</b>	<b>0.54</b>	<b>0.012</b>	<b>0.13</b>	<b>6.0</b>	<b>0.61</b>	780
7	<b>МОРОЗКИНСКОЕ</b>	Сиенит-порфир	117.9 ± 1.4	<b>22.5</b>	<b>1.07</b>	<b>0.013</b>	<b>0.13</b>	<b>2.6</b>	<b>0.57</b>	<b>696</b>

# Итоговое распределение магматических комплексов пород, изученных на предмет установления закономерностей распределения элементов-примесей (REE+Y, Ti, Hf, U, Th, Pb) в акцессорных цирконах с целью определения индикативных геохимических параметров циркона – PIZs



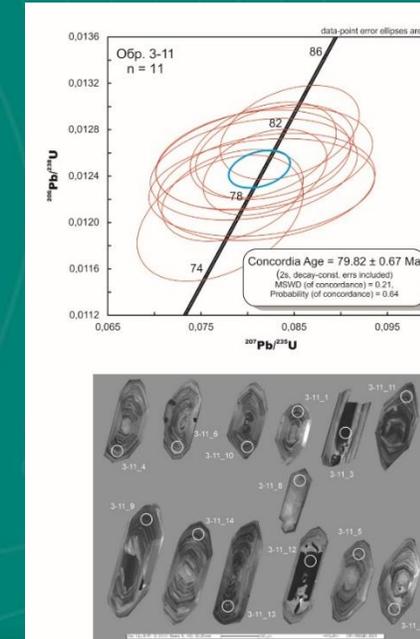
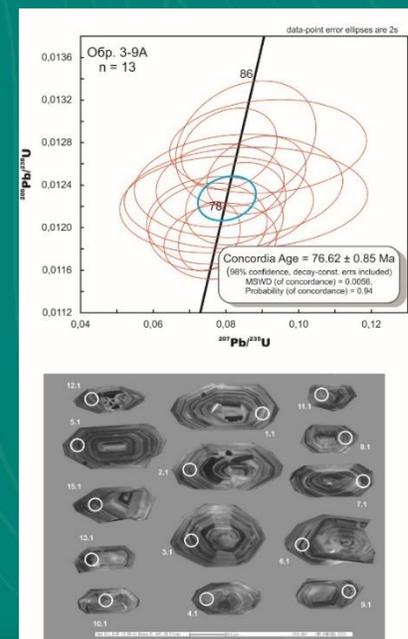
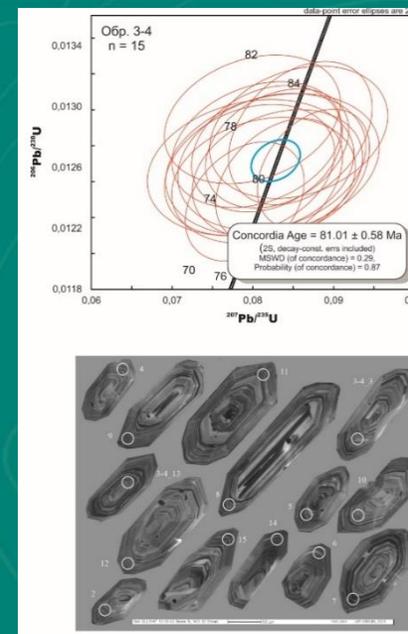
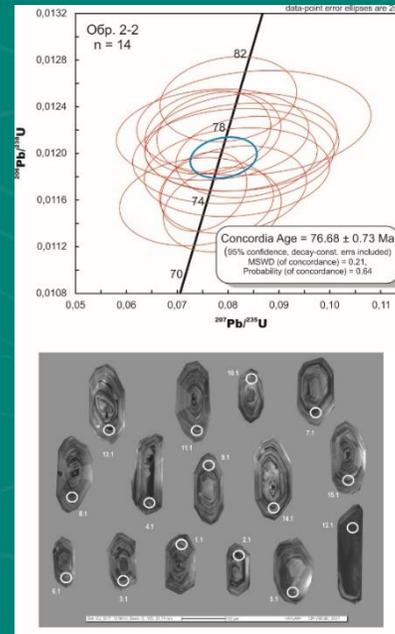
Низкая продуктивность
  Умеренная продуктивность
  Высокая продуктивность
  Наивысшая продуктивность

ВСЕГО по состоянию на 02.07.2024 г. за весь период исследований начиная с 2022 г. изучено 228 обр., в т. ч. за 6 мес. текущего года – 28 обр. магматических пород, принадлежащих **166 объектам** исследования - интрузивным комплексам или отдельным гранитоидным массивам.

Уровень продуктивности	Наивысшая	31	19%
	Высокая	7	6%
	Умеренная	15	15%
	Низкая	99	60%
Количество объектов		166	100%

# Распределение изученных образцов гранитоидов по возрасту (по данным изучения акцессорных цирконов U-Pb SIMS методом)

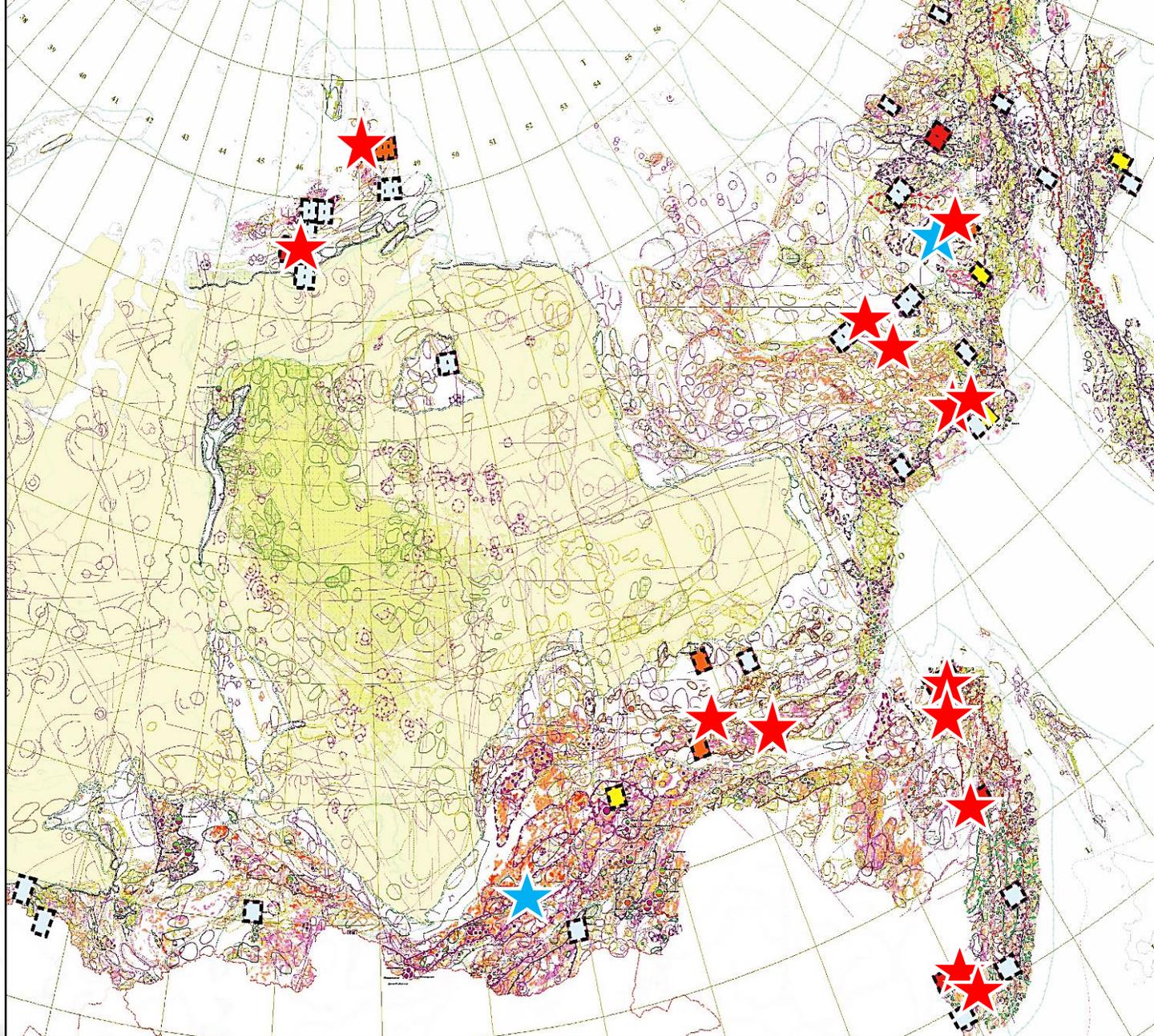
Эра	Период/отдел		Количество образцов	
КАЙНАЗОЙСКАЯ	Четвертичный		4	9
	Неогеновый		2	
	Палеогеновый		3	
МЕЗОЗОЙСКАЯ	Меловой	Верхний отдел	111	246
		Нижний отдел	74	
	Юрский		39	
	Триасовый		22	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	Пермский		16	56
	Каменноугольный		11	
	Девонский		14	
	Силурийский		3	
	Ордовикский		6	
	Кембрийский		6	
НЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ			1	6
МЕЗОПРОТЕРАЗОЙСКАЯ			1	
ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ			-	
НЕОАРХЕЙСКАЯ			4	
ИТОГО			317	



**Схема размещения перспективных объектов недр, паспортизированных и поставленных на учет по результатам изотопно-геохимического изучения акцессорных цирконов (PIZs) в 2022-2023 гг.**



Перспективные объекты на Au-Cu-порфировое оруденение с подготовленными Паспортами учета



# Сводка по паспортам учета порфирировых перспективных объектов, подготовленных по данным изотопно-геохимического изучения акцессорных цирконов (PIZs)

п/п	Название перспективного объекта	Интрузивный комплекс, массив	Номенклатура	№ паспорта, авторы	ПР кат. P3
1.	Медьгорский РУ	Намандыканский комплекс, Медьгора	Q-57-XXVII, XXVIII	№ 3161527, Серегин С.В.	Cu - 348 тыс. т, Мо - 7 тыс. т (Au - 44 т, Ag - 200 т)
2.	Каменный ПРУ	Рязановский комплекс, Западное Приморье	L-52-XXX	№ 4361533, Аленичева А.А., Юрченко А.А.	Cu - 5833 тыс. т, Мо - 116 тыс. т, Au - 135 т
3.	Хавинский ПРУ	Ульбанский комплекс, Хавинский массив	N-54-XXV	№ 7861526, Змиевский Ю.П., Юрченко А.А.	Cu - 935 тыс. т, Au - 50 т
4.	Кристифенсенский ПРУ	Кристифенсенский комплекс, Таймыр	T-48-XIX, XX, XXI	№ 2661528, Егоров А.Ю.	Cu - 2176 тыс. т, Au - 126 т (Мо - 63 тыс. т)
5.	Верхнетарейский ПРУ	Верхнетарейский комплекс	S-46-XV, XVI	№ 2661531 Проскурнин В.Ф. Проскурнина М.А. Гавриш А.В.	Cu - 877 тыс. т
6.	Урадан-Рассошинский ПРУ	Рассошинский комплекс. Рассошинский массив	Q-55-XXIX, XXX	№ 5661530, Сычев С.Н.	Au - 169 т, Cu - 3096 тыс. т (Мо - 85 тыс. т)
7.	Первомайский РУ	Рязановский комплекс Гродековский батолит	L-52-XXX	№ 4361532, Аленичева А.А., Юрченко А.А.	Cu - 1530 тыс. т, Au - 35 т, Мо - 30 тыс. т
8.	Покрово-Троицкий РРУ	Нижнеамурский комплекс, Покровский массив	N-54-XXXI	№ 7861529, Гольцин Н.А., Юрченко А.А., Змиевский Ю.П.	Au - 72 т, Cu - 1434 тыс. т
9.	Гионская ПП, Маноминский ПРУ	Нижнеамурский комплекс массив Гион,	M-53-94	№ 7861548, Шатов В.В., Снежко В.В.	Cu - 1870 тыс. т, Au - 100 т
10.	Мотыклейский РУ	Магаданский комплекс. Мотыклейский и Малойринский массивы	O-55-IV	№ 3161545, Аленичева А.А.	Cu - 1004 тыс. т, Au - 55 т, Мо - 27 тыс. т
11.	Павловичский рудно-россыпной узел	Охотинский комплекс, массив Павловича	O-56-IX	№ 3161546, Аленичева А.А.	Cu - 491 тыс. т, Ag - 275 т, Мо - 13 тыс. т
12.	Чистоозерный рудно-россыпной узел	Охотинский комплекс, Чистоозерный массив	O-56-II	№ 3161547, Аленичева А.А., Касаткин С.Н.	Cu - 1004 тыс. т, Au - 55 т, Мо - 27 тыс. т
13.	Широкинский ПРУ	Широкинский массив	T-48-XXXI-XXXIII	№ 2660740, Багаева А.В. Проскурнин В.Ф.	Паспорт дорабатывается
14.	Сеймджакская ПП	Алданский комплекс, Сеймджакский массив	O-52-XXVI	№ 5661345, Молчанов А.В. и др.	Au - 90 т
15.	Чайдахская ПП	Алданский комплекс, Чайдахский массив	O-52-XXVI	№ 5661347, Молчанов А.В. и др.	Au - 76 т
16.	Билибинская ПП	Алданский комплекс, Билибинский массив	O-52-XXVI, XXVII	№ 5661348, Молчанов А.В. и др.	Au - 210 т
17.	Прозрачененская ПП	Парамуширский комплекс, Прозрачененский массив	M-56-XVIII	Юрченко Ю.Ю. (паспорт ПО в стадии подготовки)	Паспорт ПО в стадии подготовки



ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО

E-mail: [office@karpinskyinstitute.ru](mailto:office@karpinskyinstitute.ru)

Тел.: +7 812 328 9090

