

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАТИНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**Н.А. Лаврик, Н.М. Литвинова, Т.Н. Александрова,
В.Ф. Степанова, А.В. Лаврик**

**Институт горного дела ДВО РАН,
Санкт-Петербургский горный университет**

Хабаровск -2018

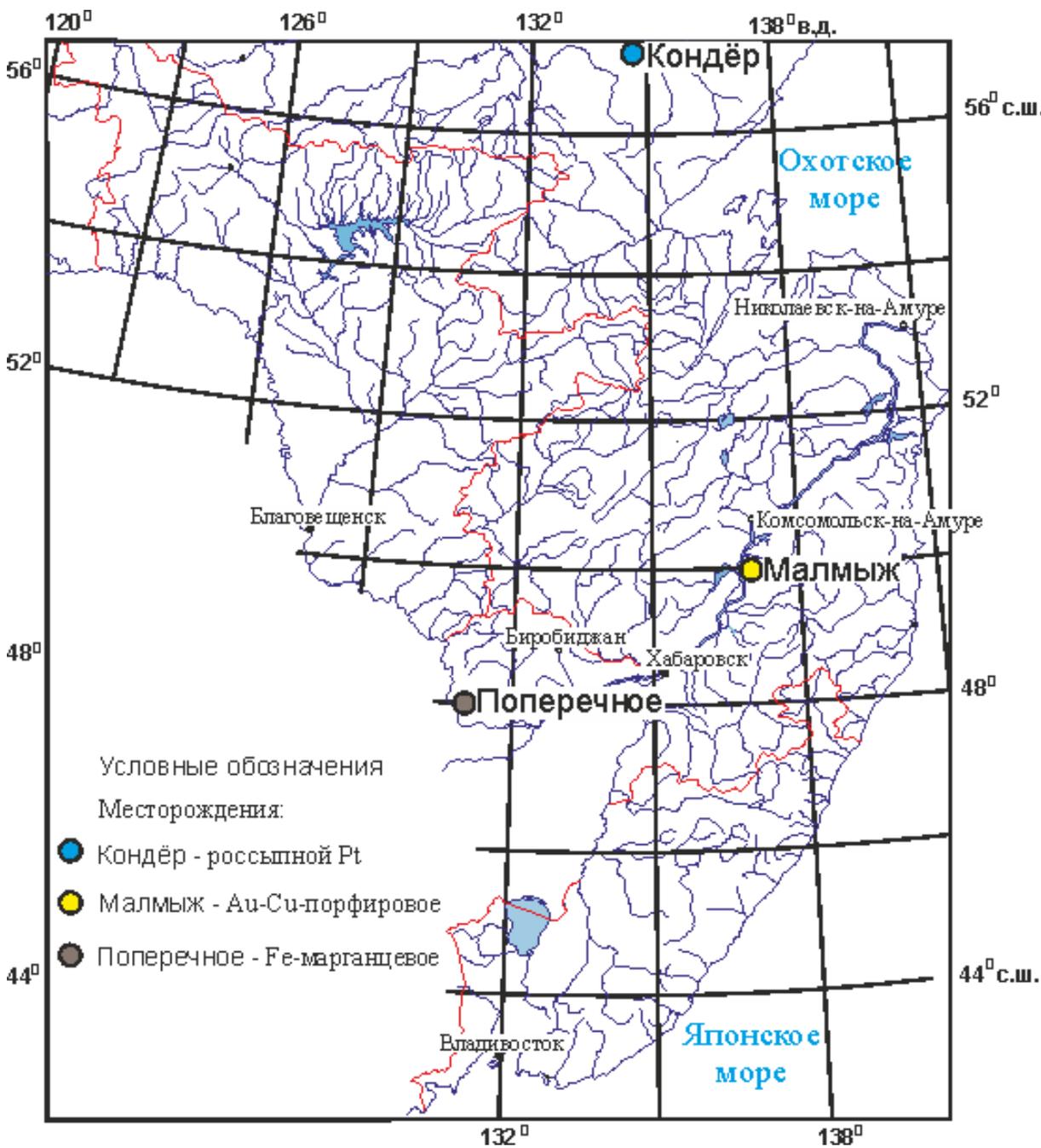


СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ:

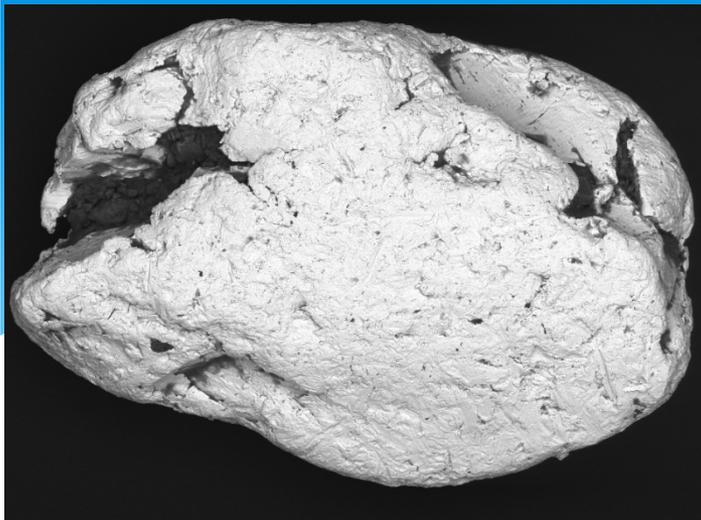
россышной платины –
Кондёр;

Fe-марганцевого –
Поперечное;

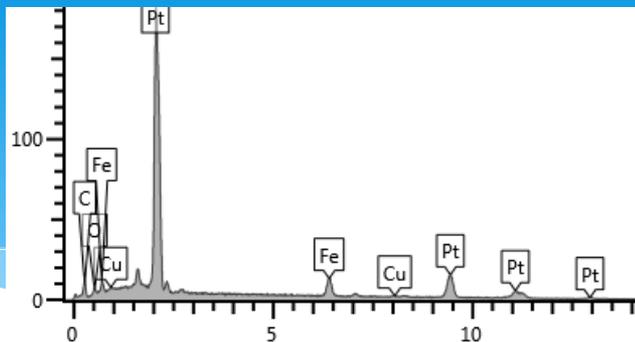
Au-меднопорфирового
- **Малмыж.**

Месторождение россыпной платины КОНДЁР (концентрически-зональный щёлко-ультрабазитовый массив, Алданский щит)

- * Главный минерал - **иридистая изоферроплатина**, примеси - **Pb, Cu и платиноиды**. В россыпи выявлено более 50 минералов платиноидов, золота и серебра. Сложные сульфиды, арсениды, сульфоарсениды, висмутиды и антимониды, станниды. Некоторые из минералов - новые и редко встречающиеся: **бортниковит** Pd_4Cu_3Zn , **кондерит** $Cu_3Pb(Rh,Pt,Ir)_8S_{16}$, **самородные Ru, RuOs**. Включения (10-25 мкм) разнообразных минералов платиноидов образуют обычно скопления и корочки во внешней части изоферроплатины, реже самостоятельные отдельные кристаллы. **Распределение платиноидов: Pt >> Ir > Os > Rh > Pd > Ru**
- * Характерна также золотая минерализация: золото-медная с Pd и Pt (в различных вариациях); золото-серебряная (золото – электрум – кюстелит). В зернах золота встречаются включения (10-25 мкм) минералов платиноидов. Нередко золото образует кристаллическую сыпь и плёнки на кубических кристаллах изоферроплатины.
- * Отмечаются **самородные Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Ni, Fe, Sb, Bi**.
- * Основные минералы тяжелой фракции: пироксен, магнетит, титаномагнетит, лимонит, хромит, оливин; встречаются: апатит, альмандин и пироп, амфибол, турмалин, циркон, пирит, марказит, галенит, халькопирит, рутил, ильменит, сфен, хромдиопсид, шпинель.

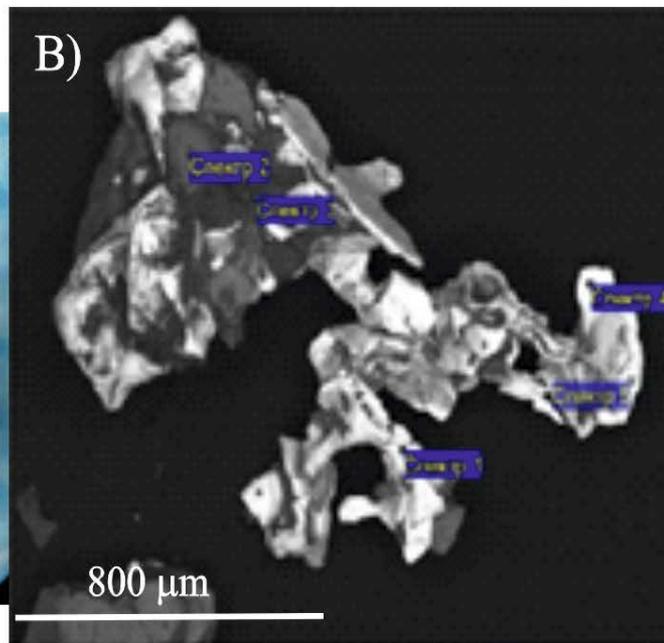
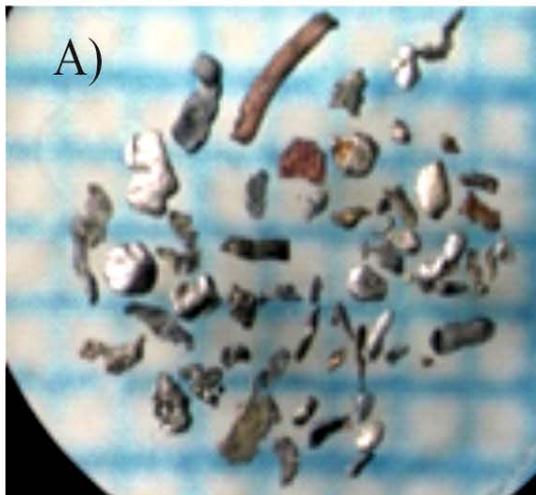


SEM HV: 20.0 kV WD: 15.02 mm VEGA3 TESCO
SEM MAG: 675 x Det: BSE 100 μm



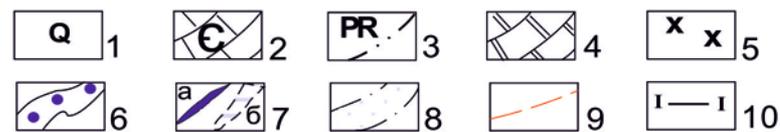
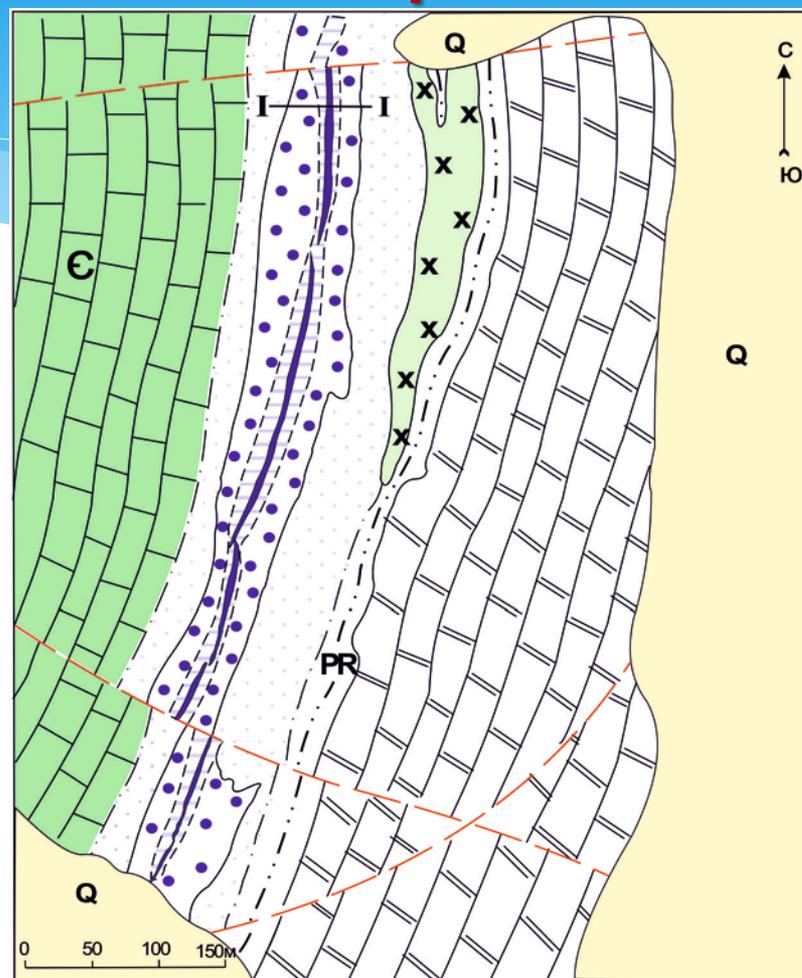
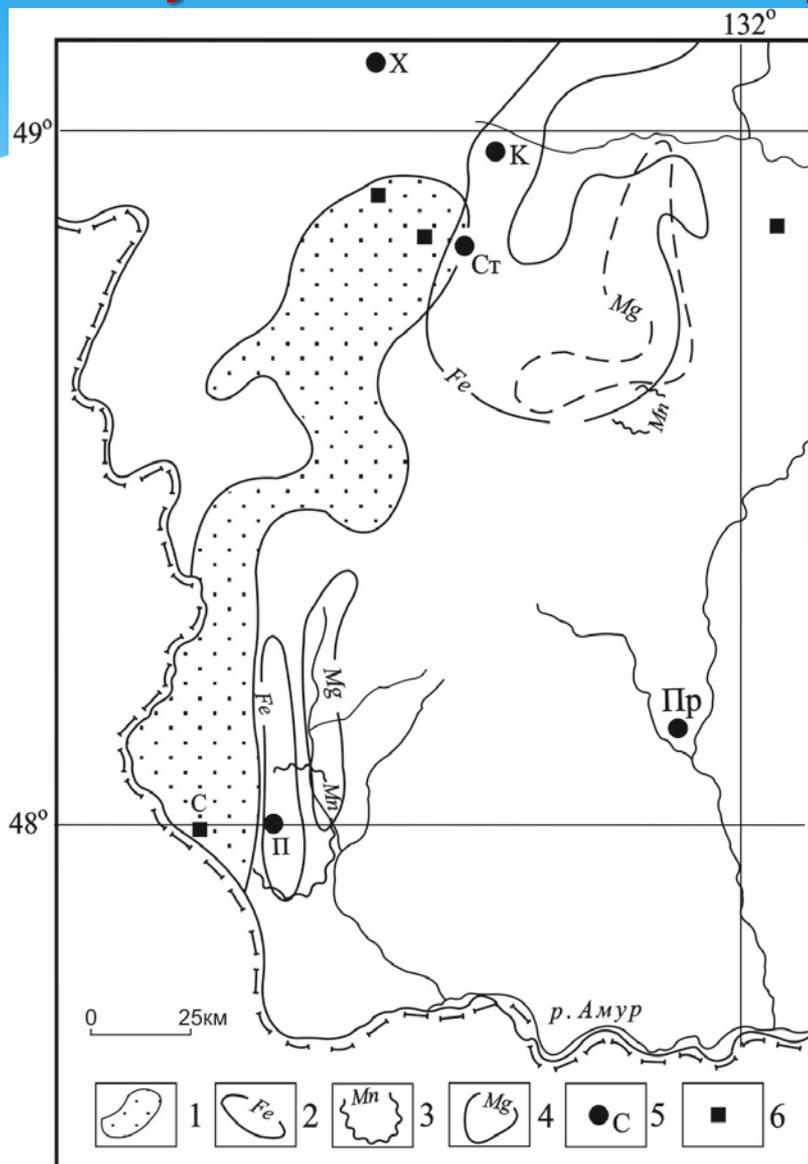
Состав:

Вес. %	Атом. %
Pt - 78.73	Pt - 25.23
Fe - 7.15	Fe - 8.00
Cu - 0.74	Cu - 0.73
O - 2.76	O - 10.79
C - 10.62	C - 55.26



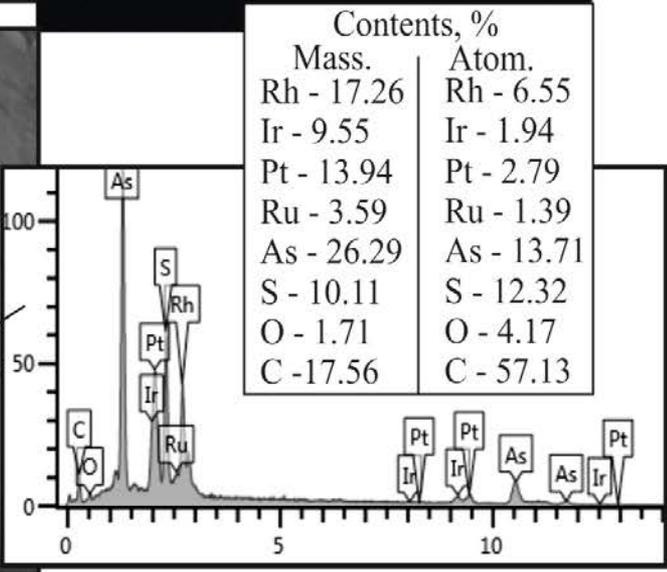
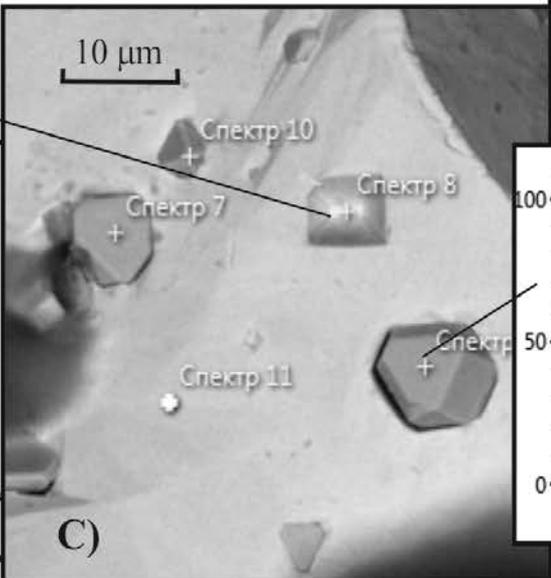
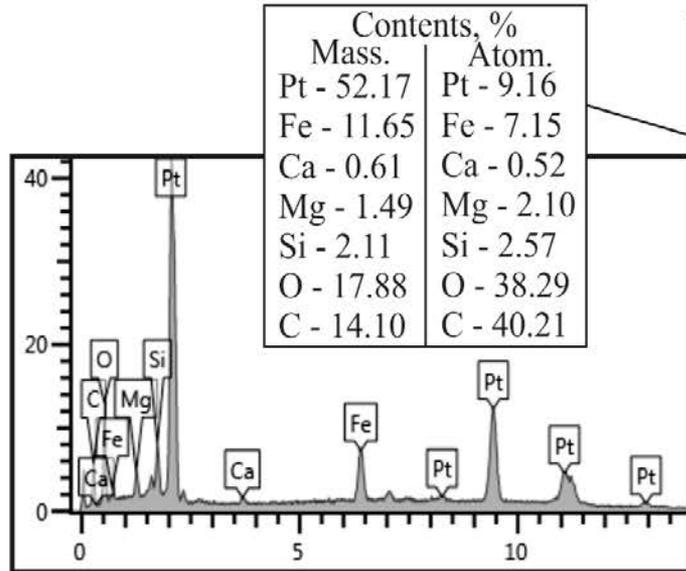
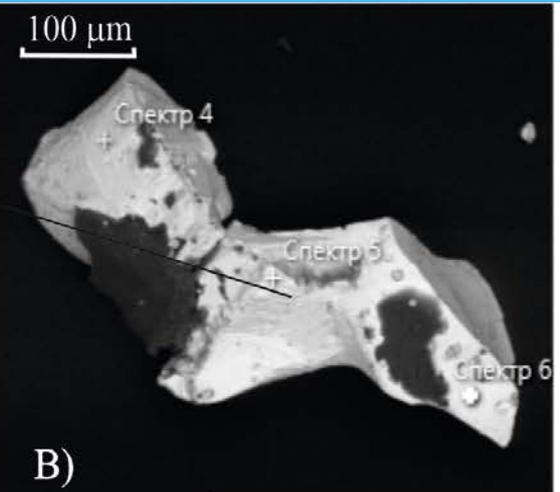
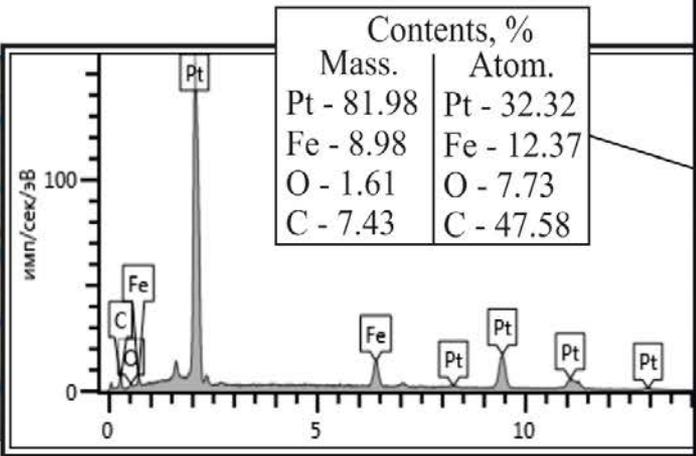
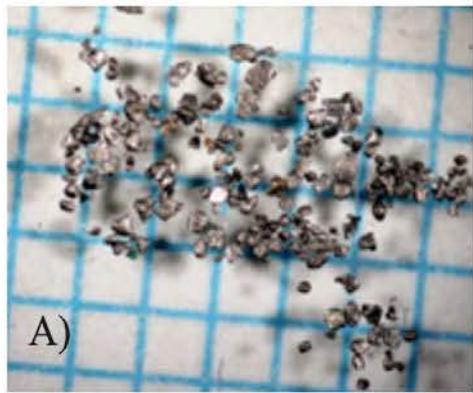
Element	Contents (mass, %)				
	1	2	3	4	5
C	10.52	7.61	-	17.7	16.21
O	3.15	42.52	62.46	3.13	18.95
Mg	-	4.97	2.12	-	-
Al	-	2.67	3.91	0.59	1.29
Si	-	-	23.55	-	1.67
Ti	-	0.32	-	-	-
Cl	1.49	-	4.83	-	-
K	-	-	1.67	-	-
Cr	-	26.35	-	-	-
Fe	7.52	15.18	0.79	-	-
Zn	-	-	0.67	-	37.5
Y	-	-	-	29.44	24.38
Os	-	-	-	39.64	-
Ir	-	-	-	9.5	-
Pt	77.32	-	-	-	-

Схема расположения Южно-Хинганского рудного узла и Fe-Mn месторождения Поперечного



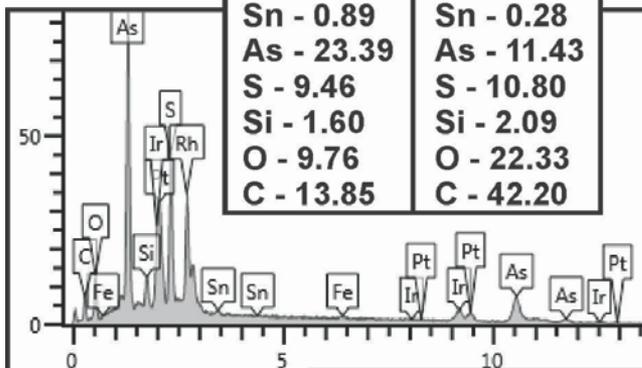
- * Зёрна **платины** (0.4-0.5 мм) имеют светло-серый цвет, угловато-комковатые формы; деформированные кубические кристаллы и сростки, пластинчатые выделения; характерна высокая магнитная восприимчивость. Преобладает **изоферроплатина** (Pt_3Fe) с вариативным содержанием примесей **Cu, Pd, Sn, Ni, Co, Cr, V**.
- * В платине - включения кристаллов (2-20 мкм) сульфоарсенидов платиноидов сложного и переменного состава типа **холлингвортита** (hollingworthite) $(Rh, Ir, Pt, Ru, Fe)AsS$ - **платарсита** $PtAsS$ - **ирарсита** $(Ir, Rh, Os)AsS$; отмечаются **лаурит-эрлихманит** $Ru(Os)S_2$, **рутениридосмин** (Os, Ir, Ru) , **тетраферроплатина**.
- * Содержание платиноидов: **$Pt > Rh \approx Ir > Ru \approx Os > Pd$** .
- * Весовые знаки **золота** 0.025-0.5 мм вариативного состава **золото-электрум** с примесями - **Cu, Pd, Fe, Pb, Cd**.
- * В парагенетической ассоциации - кварц, пироксен, актинолит, сидерит, гипс, альмандин, оксиды и карбонаты железа и марганца, полевые шпаты.
- * По предварительным пересчётам железомарганцевые руды месторождения Поперечного могут содержать: **платины - от 0,22 до 3,6 г/т, золота - от 0,45 до 0,79 г/т**

Изоферроплатина из гематит-браунитовых руд **Поперечного**.
 Включения кристаллов (3-10 мкм) холлингвортита
 (*Rh,Pt,Ir,Ru*)AsS - ирарсита (*Ir,Ru,Rh,Pt*)AsS, тетраферроплатины
PtFe, иридосмина.



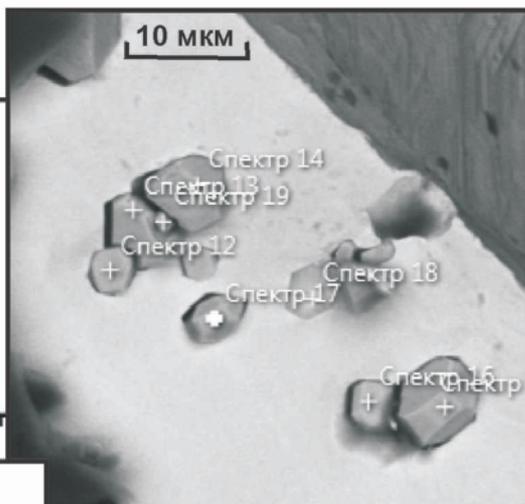
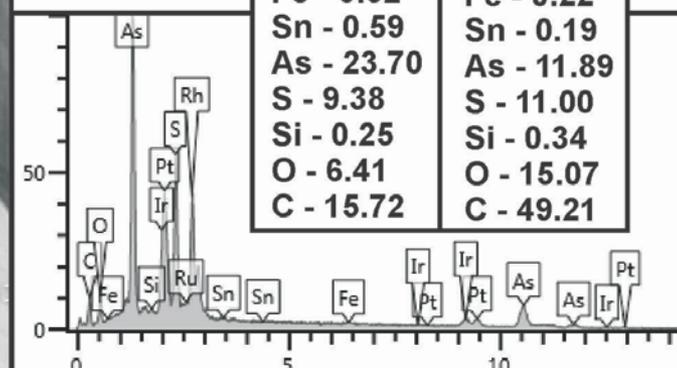
Спектр 12

Вес. %	Атом. %
Rh - 17.37	Rh - 6.18
Ir - 13.96	Ir - 2.66
Pt - 9.27	Pt - 1.74
Fe - 0.44	Fe - 0.29
Sn - 0.89	Sn - 0.28
As - 23.39	As - 11.43
S - 9.46	S - 10.80
Si - 1.60	Si - 2.09
O - 9.76	O - 22.33
C - 13.85	C - 42.20



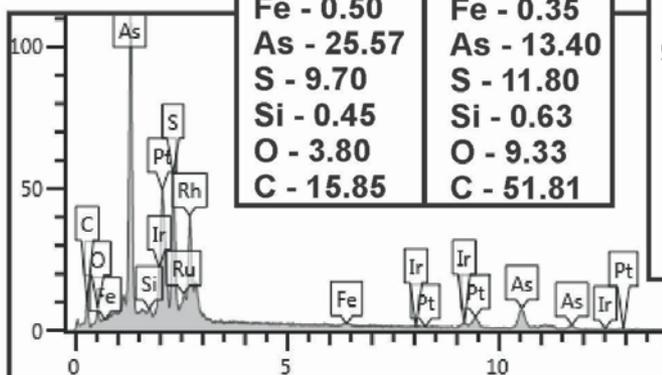
Спектр 14

Вес. %	Атом. %
Rh - 18.70	Rh - 6.83
Ir - 10.28	Ir - 2.01
Pt - 12.33	Pt - 2.38
Ru - 2.31	Ru - 0.86
Fe - 0.32	Fe - 0.22
Sn - 0.59	Sn - 0.19
As - 23.70	As - 11.89
S - 9.38	S - 11.00
Si - 0.25	Si - 0.34
O - 6.41	O - 15.07
C - 15.72	C - 49.21



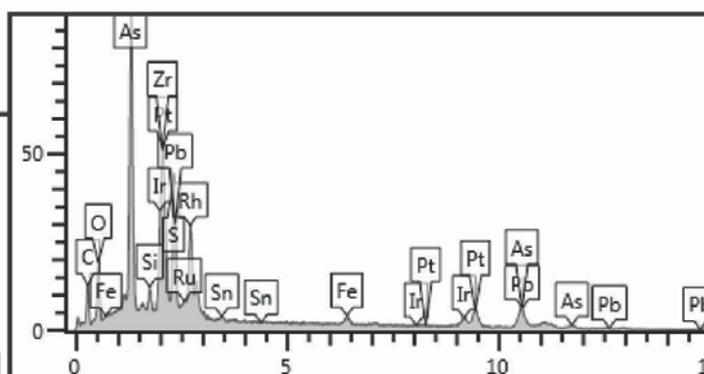
Спектр 15

Вес. %	Атом. %
Rh - 16.31	Rh - 6.22
Ir - 5.97	Ir - 1.22
Pt - 17.71	Pt - 3.56
Ru - 4.13	Ru - 1.60
Fe - 0.50	Fe - 0.35
As - 25.57	As - 13.40
S - 9.70	S - 11.80
Si - 0.45	Si - 0.63
O - 3.80	O - 9.33
C - 15.85	C - 51.81

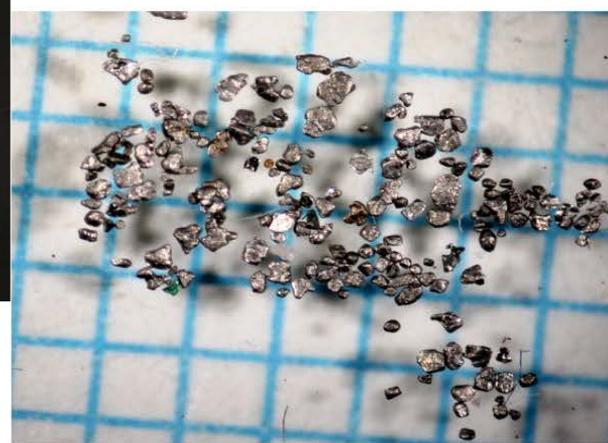
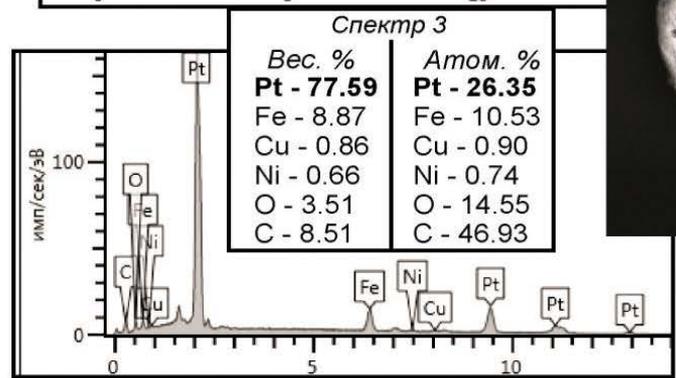
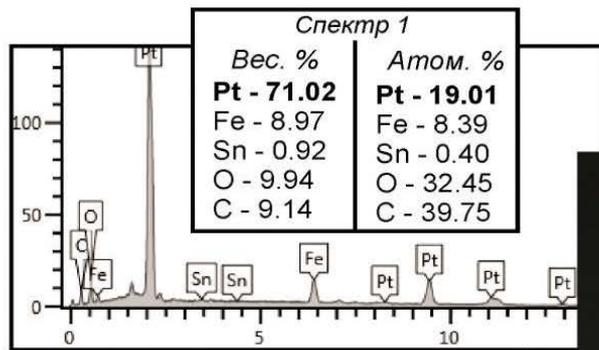
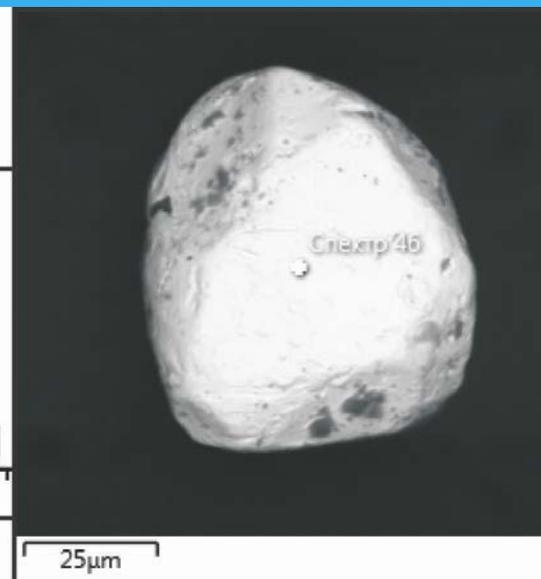
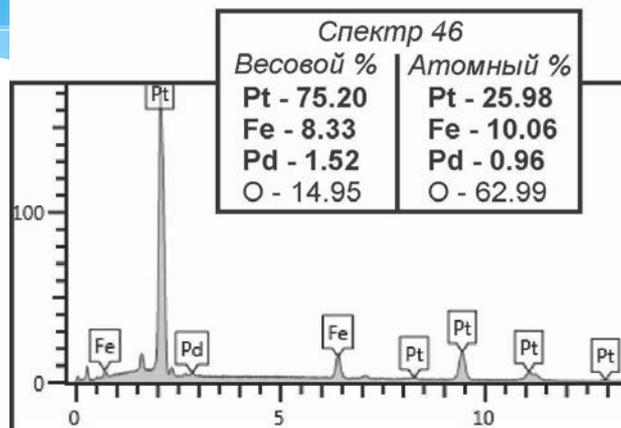


Спектр 17

Вес. %	Атом. %
Rh - 11.54	Rh - 3.50
Ru - 2.55	Ru - 0.79
Ir - 9.87	Ir - 1.60
Pt - 10.09	Pt - 1.62
Fe - 1.29	Fe - 0.72
Sn - 0.73	Sn - 0.19
Pb - 1.67	Pb - 0.25
Zr - 3.42	Zr - 1.17
As - 19.63	As - 8.18
S - 6.95	S - 6.77
Si - 0.97	Si - 1.08
O - 11.21	O - 21.88
C - 20.08	C - 52.24



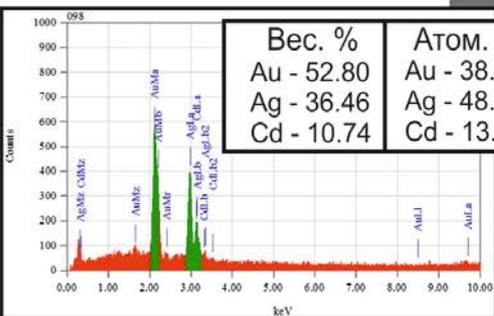
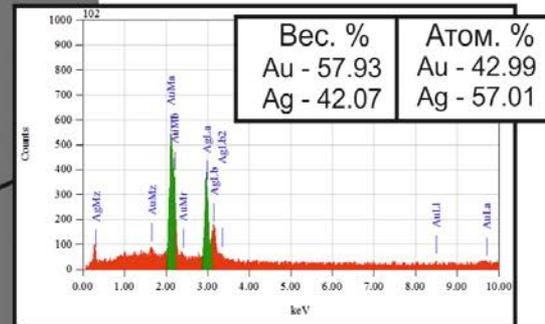
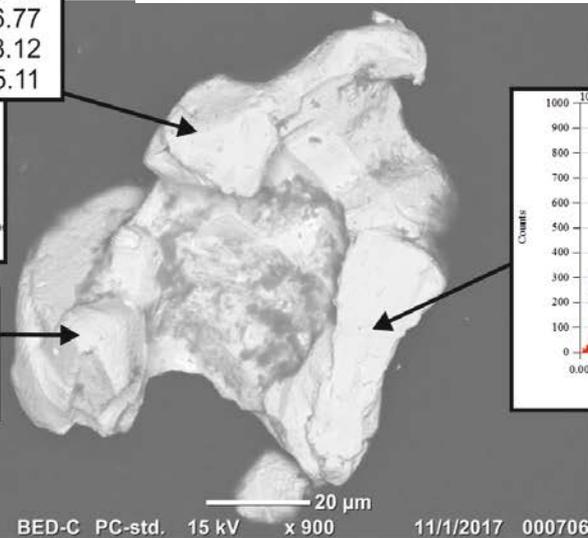
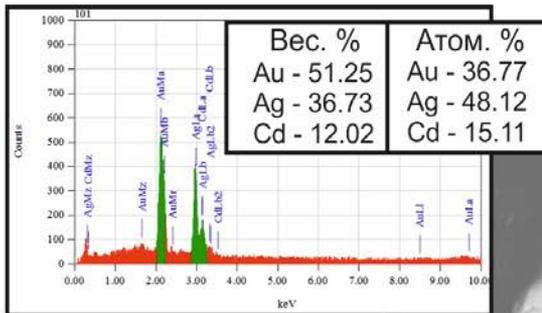
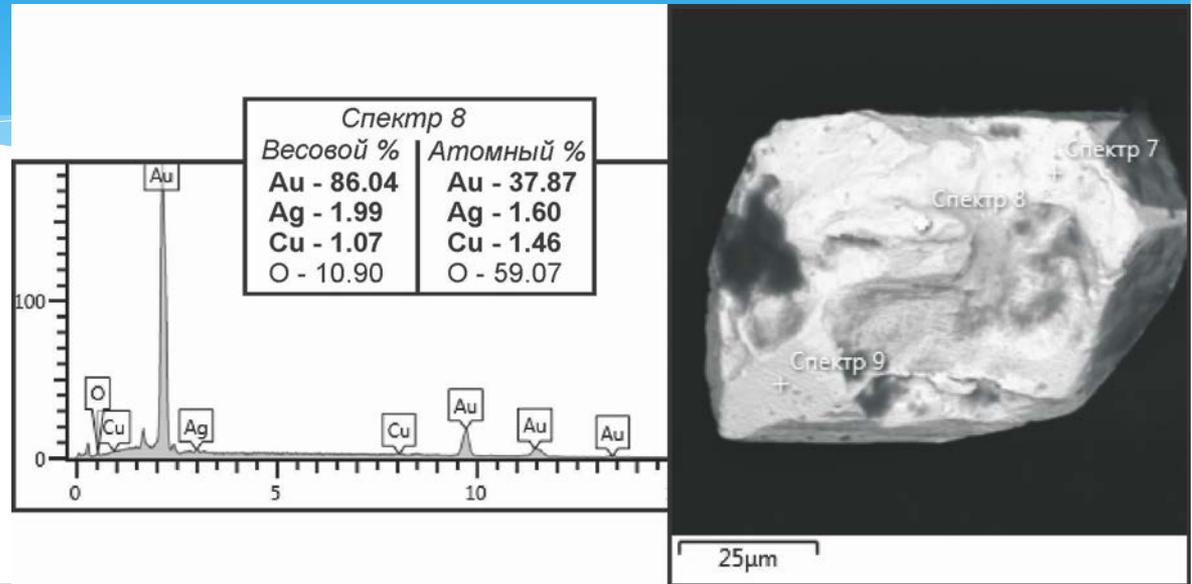
Зёрна *изоферроплатины* из магнетитового типа руд *железомарганцевого* месторождения *Поперечное.* Примеси *Pd, Cu, Sn, Ni.*



Зёрна золота сложной формы и состава из руд и вмещающих пород железомарганцевого месторождения

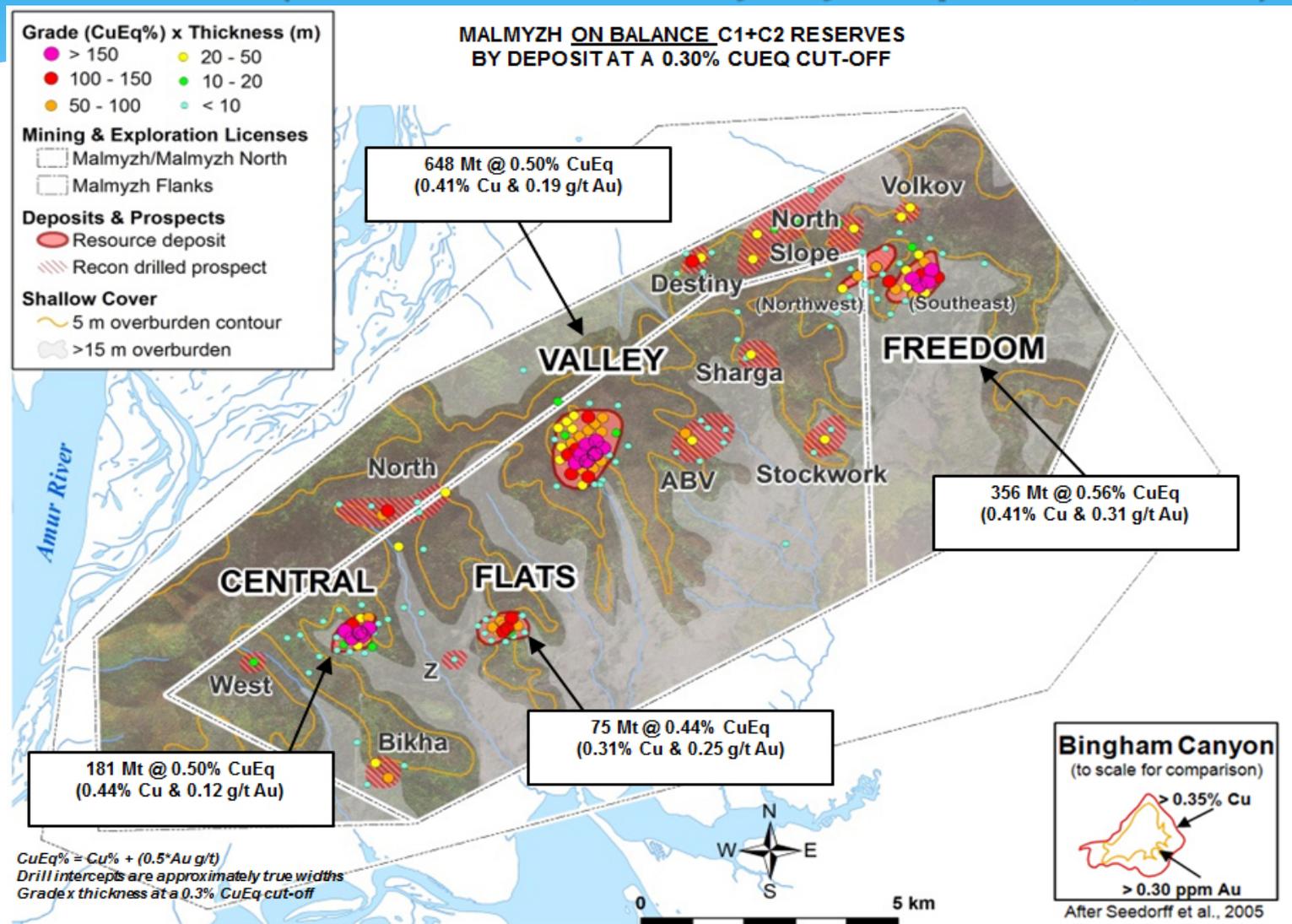
Поперечное.

Отмечаются: золото, электрум, кюстелит.
Примеси Cu, Cd, Pb, Sn, Fe (вариативны).



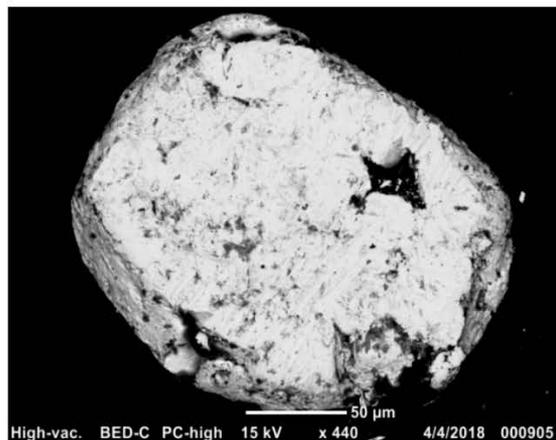
-vac. BED-C PC-std. 15 kV x 900 11/1/2017 000706

Схема расположения участков золото-меднопорфирового месторождения Малмыж, балансовые запасы и содержание металлов (по данным EMX Royalty Corporation, 2017)

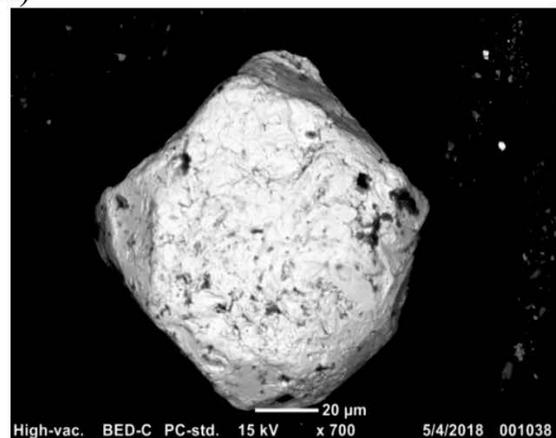


- * Среднее содержание металлов оценивается: **Cu – 0,34 %; Au – 0,19 г/т;** для уч. Свобода - **Cu 0,41 %; Au 0,31 г/т;**
- * Первичная рудная минерализация: гнёзда, вкрапленность и прожилки магнетита, пирита, халькопирита. В подчиненном количестве - борнит, халькозин, сфалерит, пирротин, галенит, очень редко молибденит, блёклые руды. **Самородное золото** с примесью Ag и Cu отмечается в виде очень мелких выделений (**3-5 мкм**) в халькопирите, магнетите, пирите и самостоятельных выделений до 1 мм. **Серебро** установлено как **примесь** в борните, халькозине и в виде соединений с **Au, Te, Se, S**. Обнаружены минералы **Pd**.
- * Впервые выделены видимые весовые зёрна **платины, золота, кадмистого серебра и алмазов**.
- * **Платина** - 2 зерна (0,06 мг) удлинённой уплощённой формы, похожие на сглаженные кристаллы, светло-серого цвета, с матовой поверхностью. Примесь Fe до 5 %. Единично в гнездах отмечается пирротин и бадделеит. Одно зерно (0,1 мм) **железо-платино-циркониевого сплава**, примерного состава **FePt₃Zr₆** в виде уплощённого кубооктаэдра отличается светлым, почти белым цветом с металлическим блеском.
- * **Содержание платиноидов** в окисленных рудах месторождения Малмыж можно охарактеризовать рядом **Pt ≈ Pd**.
- * В парагенетической ассоциации с платиной отмечаются самородные Cu, Zn и Al, циркон, арсенопирит, ярозит, гематит, ковеллин, борнит, халькозин, дигенит, а также азурит и малахит.

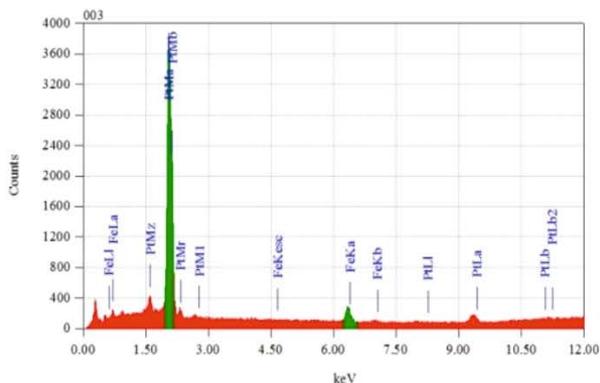
Кристаллы (0,1-0,2 мм) железистой **платины** (а) и природного **железо-платиноциркониевого сплава** примерного состава $FePt_3Zr_6$ (б) из окисленных руд участка **Свобода** золото-меднопорфирирового месторождения **Малмыж**



а)

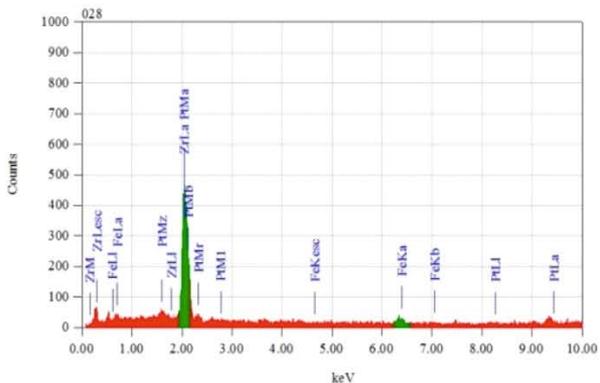


б)



Состав, %:

Весовой	Атомный
Pt - 95.01	Pt - 84.50
Fe - 4.99	Fe - 15.50



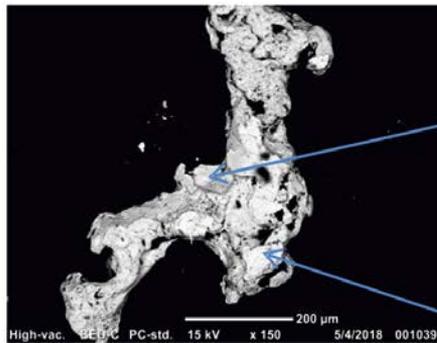
Весовой	Атомный
Zr - 52.62	Zr - 65.46
Pt - 42.57	Pt - 24.76
Fe - 4.81	Fe - 9.78

Весовые знаки
золота (0,1-0,7 мм)
 сложной формы,
 структуры и состава.

Преобладает
электрум с
 содержанием Ag до
 17-26 % масс.

Отмечаются вросстки
аргентита (до 50
 мкм), **галенита**,
кадмистого
серебра.

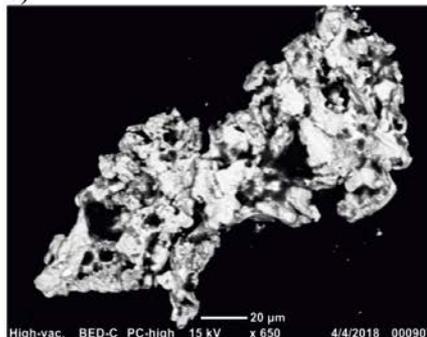
Примеси Pb, Cd
 (вариативны).



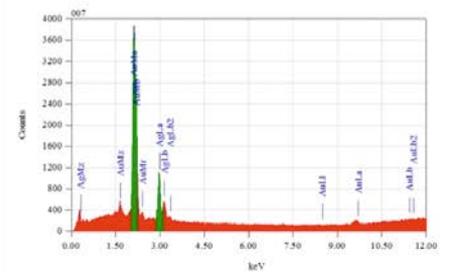
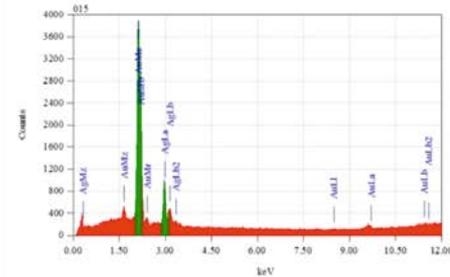
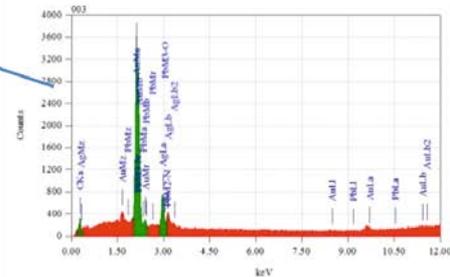
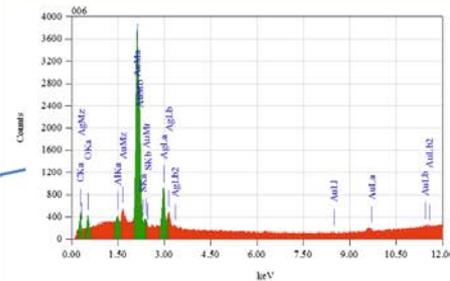
a)



b)



b)



Состав, %:

Весовой	Атомный
Au - 64.23	Au - 16.63
Ag - 14.34	Ag - 6.78
S - 2.06	S - 3.28
Al - 0.69	Al - 1.30
O - 6.94	O - 22.12
C - 11.75	C - 49.89

Весовой	Атомный
Au - 67.21	Au - 28.73
Ag - 14.78	Ag - 11.54
Pb - 10.08	Pb - 4.10
C - 7.93	C - 55.63

Весовой	Атомный
Au - 80.33	Au - 69.11
Ag - 19.67	Ag - 30.89

Весовой	Атомный
Au - 77.95	Au - 65.94
Ag - 22.05	Ag - 34.06

Кристаллики алмазов

зеленоватого цвета, размером от 20 мкм до 0,4 мм, выделенные из окисленных руд уч.

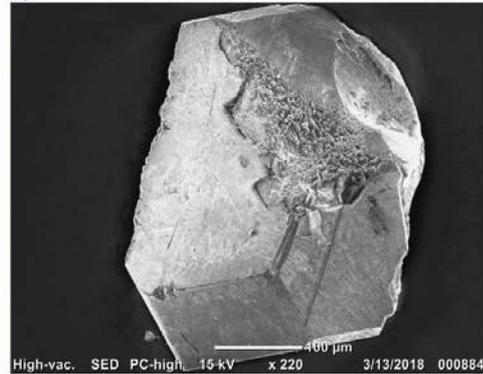
Свобода Au-Cu-порфирирового месторождения Малмыж.

Могут содержать налёты тенардита, Au, включения азота, алюминия, Na.

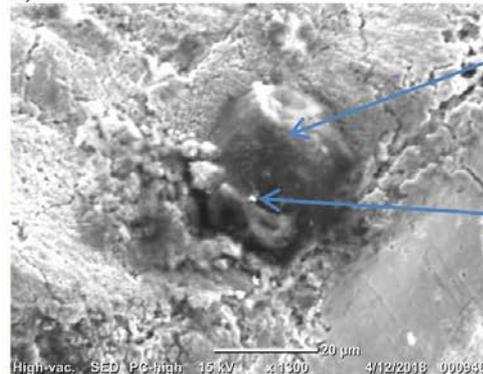
Происхождение проблематично.



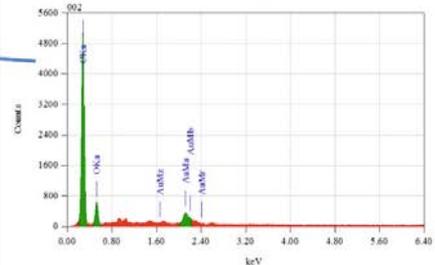
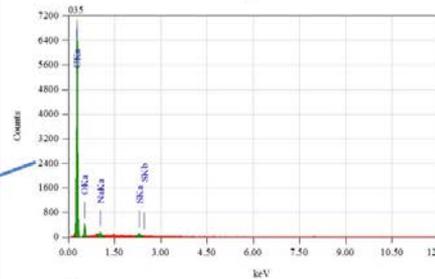
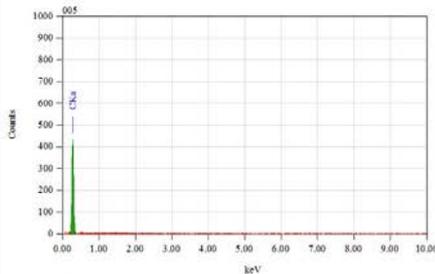
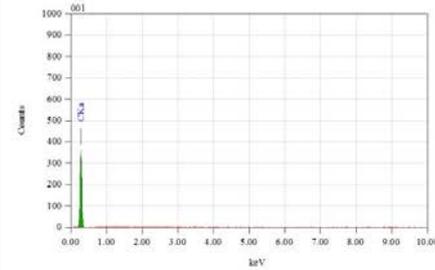
a)



б)



в)



Состав, %:

Весовой Атомный
C – 100 C – 100

Весовой Атомный
C – 100 C – 100

Весовой Атомный
C – 82.84 C – 86.79
O – 16.27 O – 12.80
Na – 0.44 Na – 0.24
S – 0.45 S – 0.18

Весовой Атомный
C – 73.14 C – 80.84
O – 22.76 O – 18.89
Au – 4.10 Au – 0.28

ВЫВОДЫ

- * Платиновая минерализация месторождения Кондёр (Pt 2 г/м куб.) – это иридистая изоферроплатина с примесями Cu и Pb; включения минералов лёгких и тяжёлых платиноидов, золота и серебра (свыше 50 редких минералов драгоценных металлов). Ряд PGE: **Pt>>Ir>Os>Rh>Pd>Ru.**
- * Железомарганцевое месторождение Поперечное - содержит Pt₃Fe с примесями Cu, Pd, Sn, Ni Co, Cr, V; включения кристаллов сульфидов, сульфоарсенидов Rh, Ir, Ru, Os. Pd - примесь в золоте и платине. Pt~0,2-3,6 г/т Au~0,45-0,79 г/т. Ряд : **Pt>>Rh≈Ir>Ru≈Os>Pd.**
- * Платиноносность месторождения Малмыж изучена слабо: выявлены минералы Pd; в окисленных рудах уч. Свобода - железистая платина и интерметаллид FePt₃Zr₆. Содержание платиноидов: **Pt ≈ Pd.**
- * Источники платины во всех изученных месторождениях высокотемпературные глубинные.
- * Месторождения - Поперечное и Малмыж - имеют хорошие перспективы в качестве альтернативных источников платины при комплексной переработке.



БЛАГОДАРЮ

ЗА ВНИМАНИЕ!