

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
КОМИ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

А.Б.МАКЕЕВ, Е.А.КРАПЛЯ, Н.И.БРЯНЧАНИНОВА

**ПЛАТИНОИДЫ В АЛЛЮВИИ И РОССЫПЯХ -
КЛЮЧ К ПОИСКАМ КОРЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЛАТИНЫ В
РЕСПУБЛИКЕ КОМИ**

Ответственный редактор
академик Российской академии наук Н.П.Юшкин

Сыктывкар 1996

Макеев А.Б., Крапля Е.А., Брянчанинова Н.И. ПЛАТИНОИДЫ В АЛЛЮВИИ И РОССЫПЯХ - КЛЮЧ К ПОИСКАМ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЛАТИНЫ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ.- Сыктывкар, 1996. - 44 с. (УрО Российской АН, Коми научный центр, Институт геологии).

На основе детальных исследований шлихового материала - 500 зерен платиноидов из аллювия севера Урала и Тимана - сделана попытка обобщить и систематизировать имеющиеся данные о платиноидах в регионе и сравнить их с известными литературными данными по России и всему миру.

Список диагностированных современными методами платиноидов теперь насчитывает 26 минералов и их разновидностей, причем почти все они обнаружены в регионе впервые. Выявлены соотношения главных групп платиноидов в аллювии и россыпях. Выделены две ассоциации: 1) Fe-Pt-сплавы и Os-Ir-сплавы, 2) рутениридосмин и лаурит. Прогнозируется продолжение Среднеуральского платиноносного пояса далеко на север Урала и Тиман.

Монография будет полезна широкому кругу геологов, минералогов, технологов-обогащателей.

Рис. 16., табл. 18. Библиогр. назв. 19.

A.B. Makeyev, E.A. Kraplya, N.I. Bryanchaninova. PLATINUM GROUP ELEMENTS IN ALLUVIUM AND FIELDS - A KEY TO PLATINUM DEPOSITS IN KOMI REPUBLIC.- Syktyvkar, 1996. - 44p.

Basing on detailed study of black sand minerals from alluvium of the Northern Urals and Timan (500 grains) an attempt is made to systematize all data about platinum mineralization in the region. The mineral list contains 26 minerals and their varieties, the most part of which is first discovered. Platinum group minerals are defined and explored using modern precision methods. The main element group correlation are settled and two associations are established: 1) Fe-Pt alloys and Os-Ir alloys; 2) rutheniridosmine and laurite. The former association is connected with concentric-zonal dunite-pyroxenite platinum group bearing massifs, the latter - with alpinotype chrome bearing massifs. It is believed that the Platinum-bearing belt of the Middle Ural has a continuation to the Northern and Polar Urals.

This work will be useful for a wide circle of geologists, mineralogists, technologists.

Введение

Разрозненный фактический материал и отдельные сообщения о находках платиноидов в коренных альпинотипных ультрабазитах Полярного Урала (Аникина и др., 1994; Строение, эволюция и минерогения..., 1990; Заварицкий, 1932; Макеев, 1992) и многочисленные находки шлиховой платины в современной аллювии многих водотоков Республики Коми (Майорова, Повонская, Цыганков, 1994; Состав и свойства платиноидов..., 1984; Makeyev, 1994), а также отсутствие систематических данных о вещественном составе платиноидов в золотоносных россыпях Приполярного Урала и Тимана побудили нас предпринять настоящую работу и попытаться обобщить и систематизировать имеющиеся данные о платиноидах в регионе и сравнить их с известными литературными данными по России и всему миру (Жерновский, 1992; VII International platinum symposium..., 1994; Состав и свойства платиноидов..., 1984; Сравнительный петрографо-минералогический анализ..., 1994; Россыпная платиноносность..., 1994; Makeyev, 1994; Ford, 1981; Harris, Cabri, 1973).

Задачами наших исследований были: 1) изучение состава, морфологии и физических свойств минералов платиновой группы (МПГ); 2) составление кадастра и установление распространенности МПГ в регионе, выявление соотношения главных групп платиноидов в аллювии и россыпях; 3) определение формационной принадлежности МПГ и прогнозирование возможных источников сноса; 4) расчет баланса элементов платиновой группы (ЭПГ) в россыпях с целью определения стоимости попутно извлекаемой "сырой платины".

С помощью современных методов диагностики нами изучен шлиховой материал (более 500 зерен платиноидов) из аллювия севера Урала и Тимана, полученный в разное время от геологов А.А.Котова, А.М.Плякина, Н.В.Повонской, Ф.Л.Юманова, Л.В.Акимова, В.А.Дудар. В организации сбора первичных материалов большую помощь оказал главный специалист Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми - кандидат геол.-минер. наук В.В.Лихачев, а в организации аналитических исследований в МГУ кандидат геол.-минер. наук Ф.П.Чернуха. Всем им авторы выражают искреннюю признательность.

Раздел I. Краткий очерк истории изученности

Первое сообщение о платине на Полярном Урале появилось в 30-е гг. нашего столетия. А.Г.Бетехтин в 1925 г. в шурфах делювия дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса южного склона массива Рай-Из в левом борту р.Макар-Ружь обнаружил несколько зерен самородной платины (Заварицкий, 1932). Правда, достоверной диагностики этих зерен нет.

Есть данные в производственных отчетах о находках шлиховой платины вблизи рудопроявления Кэршор на Войкаро-Сынинском массиве (В.Г.Софронов, 1942 г.). Однако эти данные также не подтверждены надежной диагностикой.

В 1981 г. на Рай-Изе при изучении платиноносности хромовых руд месторождения Центрального Ю.А.Волченко с помощью микрозонда (полуколичественно из-за малых размеров зерен) определил Pt-иридий и Os-Ir-Cu-лаурит.

Первые достоверные находки платиноидов в аллювии верховья р.Елец (западный склон массива Рай-Из) и в аллювии р.Лонгот-Юган вблизи южного Харчерузьского блока Сыумкеуского массива сделаны геологами Полярно-Уральской ГРЭ (материал в 1982 г. предоставил нам А.А.Котов). Нами диагностированы в них осмирид, иридосмин, рутениридосмин (Состав и свойства..., 1984), определены их состав, структура и физические свойства - твердость, дисперсия отражения.

Вскоре, в 1983 г., А.М.Плякиным и Ф.Л.Юмановым в аллювии р.Черной Кедвы на Среднем Тимане вместе с золотом были найдены платиноиды. Изучив их состав и свойства, мы определили рутениридосмин, рутеносмирид, осмирид, изоферроплатину и белое палладистое золото с содержанием 2.1% палладия.

В 1986 г. В.А.Капустиным и другими геологами Ухтинской ГРЭ были найдены платиноиды в притоках р.Уньи на Северном Урале. Нами определены состав и свойства платиноидов и ассоциирующегося с ними хромшпинелида, диагностированы рутениридосмин, осмирид, Os-Ir-лаурит.

В дальнейшем количество находок платиноидов в аллювии росло, поиски их велись геологами ПГО Полярноуралгеология уже целенаправленно. Под руководством Н.В.Повонской платиноиды были обнаружены на многих реках западного склона Полярного, Приполярного и Северного Урала: Естошор, Грубею, Вэравож, Харута, Дурная, Кожим, Перебор, Сывью, Косью, Березовка, Б.Паток, Щугор, Печора, Илыч, Унья и др.

При выборочной отработке золотоносных россыпей АО и ТОО "Терра" на р.Кожим и руч.Кыввож в крупнообъемных пробах и ультратяжелых хвостах промывки стало попадаться много "платины". Однако целенаправленно здесь платину никто не изучал.

Попытка диагностировать МПГ в аллювии и определить их

формационную принадлежность проведена Т.П.Майоровой с соавторами (1994), в шлихах с р.Кожим они выделили низкорутениевый рутениридосмин, иридосмин, Ru-осмий, самородный рутений (два последних минерала определены ими на Урале впервые), в шлихах с р.Шугор они обнаружили рутениридосмин, иридосмин, на р.Б.Паток - Феплатину. На небольшом материале (анализы восьми зерен МПГ) без достоверных оснований ими был сделан вывод о генетической связи платиноидов с золоторудными малосульфидными гидротермальными проявлениями.

Список МПГ в коренных хромовых рудах месторождений и проявлений Райизского и Войкаро-Сынинского массива был пополнен Е.В.Аникиной и В.Ю.Алимовым. Ими описаны лаурит, Os-Ir-лаурит, эрлихманит, сперрилит, ирарсит, холингвортит, руарсит, руарсенит (Аникина и др., 1994). Несмотря на то, что все эти минералы, кроме лаурита, были найдены в единичных выделениях, авторы сделали вывод о преобладающем распространении лаурита в хромовых рудах всех типов - высокохромистых, высокоглиноземистых, метаморфизованных - и зависимости состава лаурита от химического состава руд. Однако описанные ими выделения МПГ в хромовых рудах имеют размеры 1-10 (модальные 2-5) мкм и, по нашему мнению, не являются россыпеобразующими.

Совсем неожиданная находка платиноидов была сделана Н.Н.Герасимовым (устное сообщение 1993 г.) при изучении на микрозонде в МГУ состава железно-марганцевых руд Пачвожского месторождения. В магнетите им было определено на микрозонде одно микроскопическое включение изоферроплатины.

М.Б.Тарбаевым и С.К.Кузнецовым в 1995 г. на участке рудопровления Чудное (бассейн р.Кожим, Приполярный Урал) в коренном залегании была обнаружена палладиевая минерализация, представленная палладистым золотом, атенектом и мертиитом (1996). В этом же районе В.П.Водолазской в 1995 г. в лампроитовых жилах было обнаружено высокое содержание самородного палладия в сростании с титанатом бария.

Проведенные в последние годы в России несколько совещаний и симпозиумов, в том числе с привлечением иностранных ученых, отметили достижения российских геологов и ученых-платинщиков в изучении геологии, геохимии, минералогии и металлогении месторождений платиновых металлов и определили задачи дальнейших исследований (Новая концепция..., 1994; VII International platinum simposium..., 1994 и др.). В настоящее время на межведомственном уровне осуществляется специальная программа "Платина России". Эта программа ставит перед учеными несколько задач: обобщение всех геологических знаний о месторождениях платиновых металлов; развитие аналитической базы и методов анализа ЭПГ; опoискование, разведку и учет всех месторождений

ЭПГ с запасами 100-1000п т по палладию, 10-100п т по платине, сотни килограммов - первые тонны запасов по рутению, родию, осмию, иридию; геоэкономические расчеты и рекомендации геологоразведочным и добычным организациям; информационное обеспечение и др. (Новая концепция..., 1994). Тенденция конъюнктуры рынка платиновых металлов за последние годы отражена в табл.1.

Таблица 1

Конъюнктура мировых цен на ЭПГ в последние годы
(Новая концепция..., 1994), дол.США/г

Металлы ЭПГ	1981	1983	1985	1988	1992
Pt	14.37	13.63	17.90	21.40	10.20-11.10
Pd	3.05	4.37	4.20	4.00	4.00
Rh	10.60	10.16	39.40	39.20	30.00
Ir	17.00	10.10	12.00	10.00	12.00
Ru	1.00	0.93	2.30	2.10	2.00
Os	4.17	4.24	21.90	19.70	20.00

Основными источниками платиноидов в России является извлечение их при химической переработке сульфидных медно-никель-платиновых руд норильской группы месторождений (98%), и небольшая добыча (2%) из Гулинской, Нижнетагильской и Светлоборской россыпей, генетически связанных с концентрически-зональными клинопироксенит-дунитовыми массивами уральско-аяскинского типа. Россия испытывает недостаток запасов и поступлений родия, осмия и иридия.

Раздел II. Типоморфизм состава и свойств платиноидов из аллювия севера Урала и Тимана

В начале 1995 г. в Институт геологии Коми научного центра Уralьского отделения Российской АН на всестороннее исследование поступили следующие оригинальные материалы: 1) "сырая платина" из россыпи р.Кожим, предоставленная руководителем АО "Терра" Л.В.Акимовым (53 мг, 280 знаков); 2) платиноиды из россыпи руч. Кыввож, переданные руководителем ТО "Терра-2" В.А.Дудар (41 мг, 98 знаков); 3) платиноиды с 13 водотоков западного склона севера Урала, предоставленные с разрешения руководства ПГО Полярноуралгеология геологом 1 категории Н.В.Повонской (90 знаков). Кроме того, в обсуждении результатов исследования будут использованы все полученные нами ранее данные по исследованию МПГ в регионе.

Диагностика МПГ проводилась с помощью рентгенофазового анализа и расчета параметров элементарной ячейки, визуально по морфологическим признакам, по физическим свойствам (отражению, плотности, твердости). Состав МПГ определялся на микрозонде Camebax Sx50 в МГУ (оператор Н.Н.Кононкова), условия анализа: $U=20$ kw, $I=30$ па, $t=10-12$ с; аналитические линии $L\alpha$ - ЭПГ и $K\alpha$ - Fe, Ni, Cu; эталоны - чистые металлы, сплавы ЭПГ и NiO. Получено около 262 полных микрозондовых химических анализов МПГ и 57 анализов золота и серебра. Поверхность зерен МПГ изучалась на растровом электронном микроскопе, а сростки и включения - в характеристическом излучении ЭПГ.

В аллювии региона в настоящее время диагностировано 15 минералов МПГ и 11 их разновидностей: железистая платина*, железо-иридиевая платина*, родиево-железистая платина*, рутениево-железистая платина*, изоферроплатина*, иридиевая изоферроплатина*, медистая изоферроплатина*, медисто-иридиевая изоферроплатина*, палладиевая изоферроплатина*, Ir-Pt₂Fe*, осмий*, иридосмин*, рутениевый осмий, иридий*, платинистый иридий*, платинисто-родиевый иридий*, осмирид*, платинистый осмирид*, рутеносмирид*, ирарсит*, рутений, осмиевый рутений*, рутениридосмин*, платинистый рутениридосмин*, иридисто-осмиевый лаурит*, палладистое золото*. Двадцать четыре из них, отмеченные звездочками, обнаружены нами впервые. В сростках или в виде включений встречаются: осмий + изоферроплатина, Pt-иридий + Ir-изоферроплатина, осмирид + иридосмин, осмий + иридосмин + ирарсит, Ir-изоферроплатина + Pt-иридий + Pt-осмирид, Fe-Ir-платина + Ir-изоферроплатина. Не образуют сростания с другими МПГ только рутениридосмин и рутеносмирид. Полученные в последнее время результаты микрозондовых анализов, а также их пересчеты, характеризующие все минеральные разновидности МПГ региона, представлены в табл. 2-8.

Фигуративные точки составов минералов системы Os-Ir-Ru показаны на рис.1. В системе Os-Ir-Ru природных сплавов выявлены восемь минералов и три разновидности. Фигуративные точки составов Fe-Pt-сплавов и частотная диаграмма распределения изоморфного железа в Fe-Pt-интерметаллидах свидетельствуют о трехмодальном распределении и наличии, по крайней мере, трех минералов: самородной платины (с примесью Fe до 20 ат.%), изоферроплатины и соединения Pt_2Fe , а также их иридиевых разновидностей (рис. 2, 3).

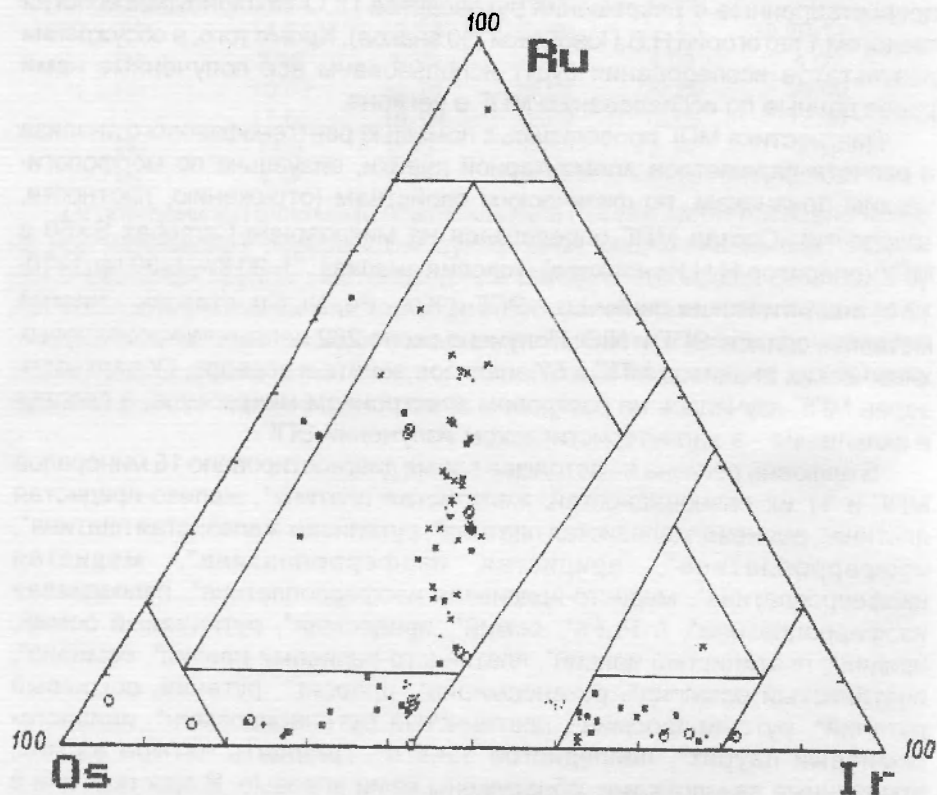


Рис. 1. Фигуративные точки составов МПГ системы Os-Ir-Ru на треугольнике Л.И.Кабри. Условные обозначения зерн из аллювия: ● - руч.Естошор, р.Елец и р.Лонгот-Юган (Полярный Урал); •-рр.Кожим, Сывью (Приполярный Урал); + - рр.Унья, Печора, Илыч, Перебор (Северный Урал); ○ - руч.Кыввож, × - р.Черная Кедва (Средний Тиман).

Fig. 1. Figurative points of PGM composition of the Os-Ir-Ru system on L.Cabri's triangle. Legend: (●) grains from alluvium br.Estoshor, r.Elets and r.Longot-Ugan (the Polar Urals); (•) r.Kojim, Syvyu (Pre-Polar Urals); (+) r.Unya, Pechora, Ilych, Perebor (Northern Urals); (○) br.Kyvvoje. (×) r.Black Kedva (Middle Timan).

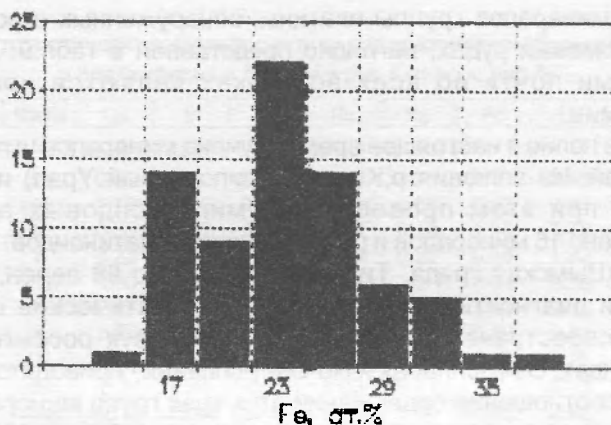


Рис.2. Гистограмма частотного распределения содержания изоморфного железа в Fe-Pt-интерметаллидах из россыпей р.Кожим и руч.Кыввож.

Fig.2. Histogram of distribution of isomorphous iron contents in Fe-Pt-alloys from placers of r.Kojim and br.Kyvvoge.

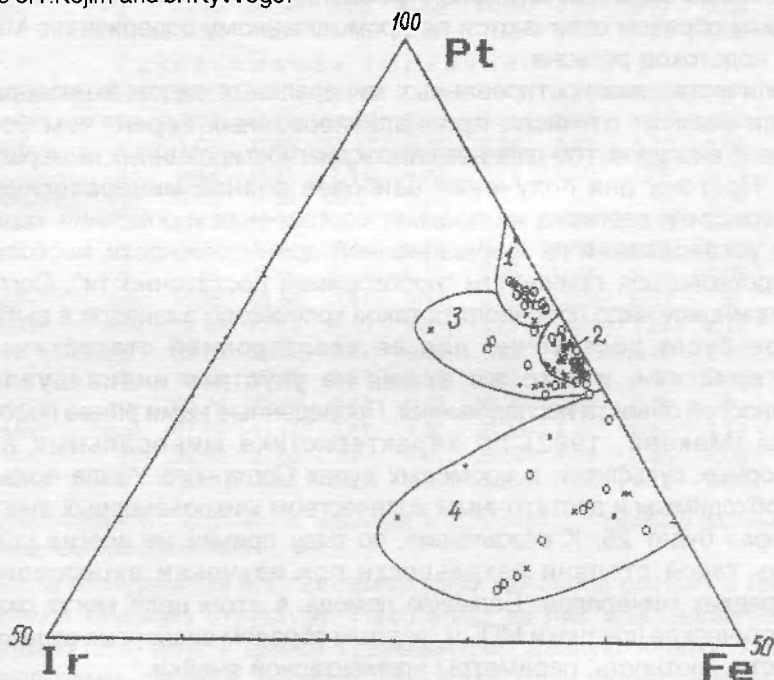


Рис.3. Фигуративные точки составов Fe-Pt-интерметаллидов из россыпей р.Кожим (x) и руч.Кыввож (o). Поля: 1- Fe-платина, 2- изоферроплатина, 3 - Ir-изоферроплатина, 4 - фаза Ir-Pt₂Fe.

Fig.3. Figurative points of Fe-Pt-alloys composition from placers of r.Kojim (x) and br.Kyvvoge (o). Areas: 1 - Fe-platinum, 2 - isoperroplatinum, 3 - Ir-isoperroplatinum, 4 - phase Ir-Pt₂Fe.

Кадастр минералов группы платины, обнаруженных в россыпях и в коренных хромовых рудах, наглядно представлен в табл.9. Сквозными платиноидами почти во всех водотоках являются иридосмин и рутениридосмин.

Наиболее полно в настоящее время изучена минералогия платиноидов двух россыпей. Из аллювия р.Кожим (Приполярный Урал) изучено 280 зерен МПГ, при этом проведено 67 микрозондовых анализов и диагностировано 16 минералов и разновидностей платиноидов. Из аллювия руч.Кыввож (Вымская гряда, Тиман) исследовано 98 зерен, проведено 84 анализа и диагностировано 13 МПГ. Статистические сведения о наиболее распространенных минералах этих двух россыпей - Fe-Pt-интерметаллидах, Os-Ir-сплавах и Ru-Os-Ir-сплавах - приводятся в табл.10. Процентное соотношение содержаний этих трех групп минералов в двух россыпях близкое и соответственно составляет: р.Кожим - 88, 6, 6; руч. Кыввож - 73, 6, 21%, т.е. в этих россыпях преимущественно распространены железо-платиновые интерметаллиды. Эти два объекта - комплексные золото-платиновые россыпи в современной аллювии - коренным образом отличаются по промышленному содержанию МПГ от других водотоков региона.

Количество диагностированных минеральных видов аксессуариев в россыпи зависит от числа проанализированных зерен: чем больше проведено анализов, тем длиннее список диагностированных минеральных видов. Поэтому для получения наиболее полной минералогической характеристики водотока на предмет составления и описания кадастра МПГ и установления их формационной принадлежности необходимо руководствоваться принципом "необходимой достаточности". Согласно этому принципу надо производить такое количество анализов в выборке, которое будет достаточно для ее всесторонней статистической характеристики, и в то же время не упустить индивидуальных особенностей объекта исследования. Проведенные нами ранее подобные работы (Макеев, 1992) по характеристике минеральных видов аксессуарных сульфидов в хромовых рудах Полярного Урала показали, что необходимым и достаточным количеством микрозондовых анализов в выборке будет 25. К сожалению, по ряду причин не всегда удается достичь такой степени детальности при изучении аксессуарных и ультраредких минералов. Большую помощь в этом деле могут оказать диагностические признаки МПГ и главным образом дисперсия отражения, твердость, плотность, параметры элементарной ячейки.

Ниже приводятся результаты изучения типоморфизма физических свойств, структурных и морфологических особенностей зерен платиноидов из аллювия бассейна р.Печоры.

Рентгенофазовый анализ. Несколько десятков зерен платиноидов диагностировано монокристалльным фотометодом в камере Гандольфи.

Таблица 10

Статистические характеристики содержаний компонентов
в платиноидах р.Кожим и руч.Кыввож, вес. %

Минерал	Statis	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu
Река Кожим (Приполярный Урал)										
Изоферро- платина n=34	min	0.22	0	85.26	0	0	0.11	5.43	0	0.23
	max	1.13	1.98	92.62	3.31	0.86	2.93	9.55	0.85	1.48
	χ	0.59	0.47	88.49	1.28	0.18	1.30	7.72	0.13	0.69
	δ	0.23	0.50	1.64	1.09	0.23	0.78	1.32	0.16	0.29
Ir-изоферро- платина n=14	min	0.50	2.32	68.22	0.19	0	0.04	5.36	0.04	0.50
	max	2.84	18.40	87.96	2.09	0.60	1.01	13.51	0.72	3.00
	χ	1.24	8.00	79.69	0.80	0.20	0.46	9.40	0.22	1.05
	δ	0.74	5.58	6.63	0.53	0.20	0.27	2.25	0.19	0.59
Os-Ir- сплавы n=9	min	13.31	2.86	0.53	0.03	0.17	0	0.03	0.03	0.13
	max	92.79	73.46	20.42	0.98	3.66	0.55	2.42	0.83	1.05
	χ	52.82	40.92	3.53	0.34	1.93	0.17	0.57	0.16	0.59
	δ	26.45	23.43	6.05	0.31	1.17	0.15	0.68	0.24	0.28
Рутенири- досмин n=8	min	36.87	24.14	0.86	0.15	7.09	0.38	0	0.03	0.30
	max	46.63	44.64	5.39	1.39	29.45	1.29	0.58	0.14	0.55
	χ	41.40	35.56	2.63	0.83	18.53	0.95	0.27	0.09	0.44
	δ	3.86	7.24	1.75	0.46	7.78	0.33	0.20	0.04	0.08
Ручей Кыввож (Средний Тиман)										
Изоферро- платина n=16	min	0.55	0	82.45	0.08	0	0.20	4.06	0	0.50
	max	3.69	2.11	91.20	2.05	3.01	2.18	8.28	0.22	2.32
	χ	1.02	0.85	87.77	0.79	0.23	1.02	6.79	0.06	1.18
	δ	0.72	0.65	1.87	0.53	0.72	0.55	1.09	0.06	0.42
Ir-изоферро- платина n=9	min	0.45	2.39	69.25	0.24	0	0.41	6.19	0.04	0.60
	max	4.44	18.36	87.16	1.94	0.80	1.04	12.29	0.24	1.53
	χ	1.21	6.59	80.54	0.76	0.16	0.68	9.25	0.12	1.06
	δ	1.19	5.38	6.72	0.54	0.26	0.18	2.11	0.08	0.32
Os-Ir- сплавы n=6	min	15.36	40.86	0.81	0.14	0.68	0.02	0.17	0	0.56
	max	54.41	70.82	23.01	3.01	3.81	0.84	1.54	0.14	0.86
	χ	35.78	55.02	6.27	0.99	1.83	0.32	0.46	0.06	0.72
	δ	15.27	10.99	8.21	1.13	1.26	0.26	0.48	0.05	0.10
Рутенири- досмин n=13	min	32.74	27.74	0.41	0.33	10.22	0.59	0.11	0	0.34
	max	47.69	41.11	6.67	1.80	28.36	1.72	0.62	0.18	0.62
	χ	39.92	33.60	3.95	1.00	20.07	1.09	0.36	0.09	0.47
	δ	5.12	3.96	2.22	0.47	6.35	0.37	0.18	0.05	0.09

Примечание. n - количество анализов в выборке, χ - среднее значение, δ - среднеквадратичное отклонение.

Трудность определения многих самородных металлов состоит в том, что они имеют близкую структуру. Некоторые из них кристаллизуются в кубической сингонии и имеют гранецентрированную ячейку, поэтому рентгенограммы золота, серебра, цинкистой меди, изоферроплатины и ряда других металлов почти не отличаются друг от друга. Диагностировать их можно, только определив состав или рассчитав параметры элементарной ячейки (a_0). То же самое относится к гексагональным сплавам на основе Ru-Os-Ir. Весьма схожи рентгенограммы самородного

осмия, рутения, осмистого рутения, рутениридосмина и иридосмина, а параметры элементарных ячеек (a_0 , c_0) зависят от их химического состава. Зависимость состава МПГ от a_0 и c_0 изучена И.В.Жерновским (1992), рассчитанными уравнениями регрессии удобно пользоваться для решения обратной задачи - ориентировочной оценки состава гексагональных сплавов Ru-Os-Ir.

Главные диагностические линии на рентгенограммах Fe-Pt-интерметаллидов - 2.24; 1.934; 1.365; 1.167; Os-Ir-Ru-сплавов - 2.38; 2.16; 1.358; 1.231. Измеренный нами параметр элементарной a_0 ячейки изоферроплатины изменяется от 0.3859 до 0.389, среднее 0.3875 ± 0.0013 нм. Параметры элементарной ячейки гексагональных сплавов весьма широко изменчивы: a_0 - от 0.2710 до 0.2729, c_0 - от 0.4296 до 0.4341 нм.

Плотность. Плотность отдельных зерен МПГ можно легко измерить пикнометрическим методом, так как встречаются довольно большие зерна весом более 1 мг. Вес фракций или отдельных зерен измерялся на микровесах с точностью до 0.01 мг, а объем - в капиллярной трубке по подъему спиртового мениска при погружении в жидкость измеряемого зерна МПГ.

Плотность нескольких зерен изоферроплатины из Кыввожской россыпи изменяется от 20.2 до 22.5 г/см³; рутениридосминов руч. Естошор - от 13.9 до 16.0, а самородного серебра - от 9.2 до 10.95 г/см³.

Дисперсия отражения и твердость МПГ системы Os-Ir-Ru изучалась нами ранее на примере полярноуральских россыпей (Состав и свойства..., 1984). Эти исследования были продолжены на большем материале; кривые дисперсии отражения шести минералов платиноидов представлены на рис. 4, 5.

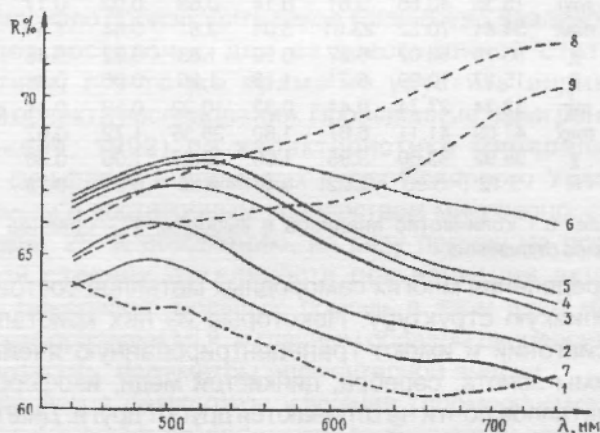


Рис.4. Дисперсия отражения Ru-Os-Ir-сплавов: 1-6 - рутениридосмины 7 - иридосмин, 8-9 - осмириды.

Fig. 4. Reflection dispersion for Ru-Os-Ir-alloys: 1-6 - Ruthen-iridosmium, 7 - iridosmium, 8-9 - osmiridium.

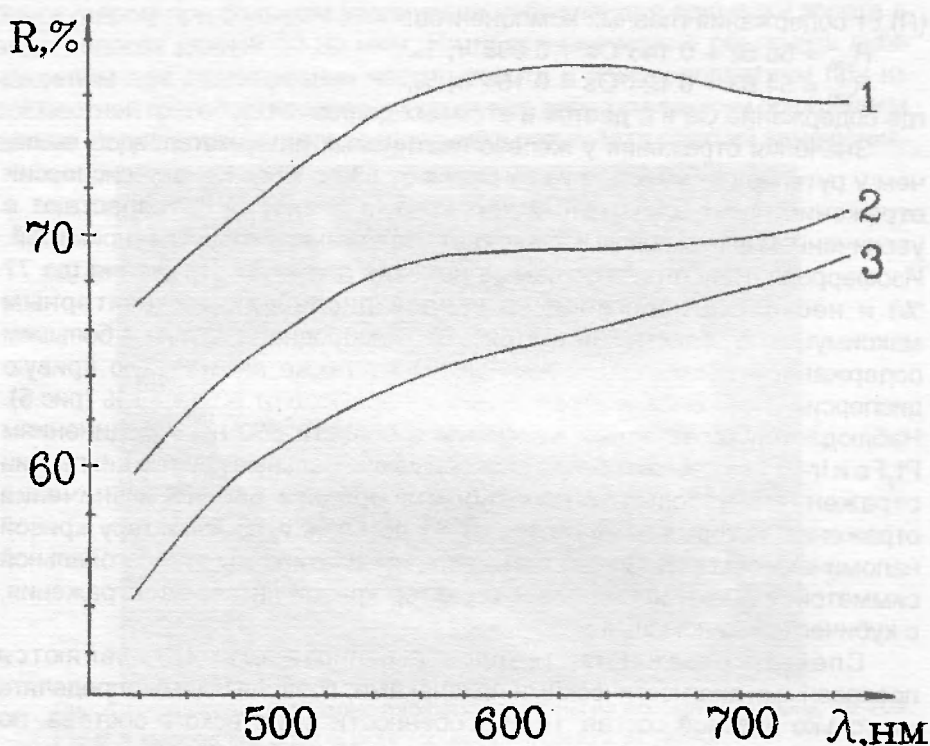


Рис.5. Дисперсия отражения Fe-Pt-сплавов: 1 - изоферроплатина, 2 - железистая платина, 3 - фаза Pt_2Fe .

Fig.5. Reflection dispersion for Fe-Pt-alloys: 1 - isoferroplatinum, 2 - ferruginous platinum, 3 - phase Pt_2Fe .

Показатели отражения иридосминов (рис. 4) изменяются в пределах от 60 до 68%. Кривая дисперсии имеет нормальный характер, снижаясь от фиолетового цвета к красному. На кривой дисперсии отражения иридосминов наблюдается два горба в области 520 и 760 нм.

Значения отражения осмиридов (рис. 4) значительно выше, изменяются от 65 до 76%. Кривая дисперсии отражения осмиридов имеет аномальный характер, показатели отражения возрастают с увеличением длины волны к красной части видимого спектра. Эти два минерала четко диагностируются и отличаются друг от друга характером кривой дисперсии отражения.

Кривая дисперсии отражения рутениридосминов имеет нормальный характер изменчивости (рис. 4), значения отражения изменяются от 68 до 61%. На кривой дисперсии имеется один перегиб в области 490-520 нм. Наблюдается четкая зависимость отражения от состава зерен рутениридосминов. По программе Statgraf рассчитаны линейные одномерные и многомерные уравнения регрессии зависимости отражения

(R) от содержания главных компонентов:

$$R_{520} = 58.52 + 0.145 \cdot \text{Os} + 0.085 \cdot \text{Ir}, \%$$

$$R_{520} = 54.83 + 0.124 \cdot \text{Os} + 0.154 \cdot \text{Ir}, \%$$

где содержание Os и Ir дается в атомных долях.

Значения отражения у железо-платиновых интерметаллидов выше, чем у рутениридосминов, и изменяется от 53 до 77%. Кривая дисперсии отражения носит аномальный характер, а значения R возрастают с увеличением длины волны и зависят от содержания Fe и других примесей. Изоферроплатину отличают самые высокие значения отражения (до 77 %) и несколько перегибов на кривой дисперсии с характерным максимумом в области 630 нм (рис. 5). Самородная платина с большим содержанием изоморфного железа имеет также аномальную кривую дисперсии отражения, а ее значения колеблются от 53 до 70 % (рис. 5). Наблюдается характерный максимум в области 550 нм. Соединениям Pt_2Fe и $\text{Ir-Pt}_2\text{Fe}$ отвечают более спокойные аномальные кривые дисперсии отражения с небольшим перегибом в области 560 нм и значения отражения, которые изменяются от 54 до 69 % и по характеру кривой напоминают осмирид. Следует отметить, что платиноиды с гексагональной симметрией имеют нормальный характер кривой дисперсии отражения, с кубической - аномальный.

Спектры отражения, твердость и плотность МПГ являются прекрасными диагностическими признаками, позволяющими определять не только видовой состав, но и особенности химического состава, по крайней мере главных компонентов.

Морфология зерен МПГ. Платиноиды в аллювии и россыпях чаще всего встречаются в виде окатанных уплощенных лепешковидных зерен, размер которых в различных водотоках варьирует от 40 мкм до 2 мм. Наиболее крупные зерна образуют самородная платина и изоферроплатина, а самые крупные из них найдены в руч. Кыввож (Вымская гряда, Тиман). Съёмка зерен МПГ осуществлялась в растровом электронном микроскопе при увеличениях от 30 до 1000 раз (главный электронщик В.Н. Филиппов).

Fe-Pt-интерметаллиды мягкие и ковкие, поэтому их зерна в россыпях имеют уплощенную лепешковидную форму (рис. 6). Поверхность зерен Fe-Pt-интерметаллидов матовая серебристо-серая с бурыми налетами гидроокислов железа. При наблюдении под биноклем при сильном освещении зерна буреют прямо на глазах. При их обработке слабым раствором соляной кислоты налет гидроокислов железа быстро растворяется, и поверхность становится блестящей серебристой. На некоторых зернах изоферроплатины при увеличении в 1000 раз видны включения гексагональных фаз или пустот от этих включений. Вероятно, это включения Os-Ir-сплавов (рис. 7). На поверхности зерен изоферроплатины с бурыми налетами из россыпи р. Кожим под

бинокуляром при большом увеличении наблюдаются примазки золота в виде полосок длиной 10-30 мкм. Их появление можно объяснить либо наклепом при столкновении частиц золота и изоферроплатины при их совместной транспортировке в русле их рек, либо химическим осаждением золота из растворенных его соединений в результате реакций замещения,

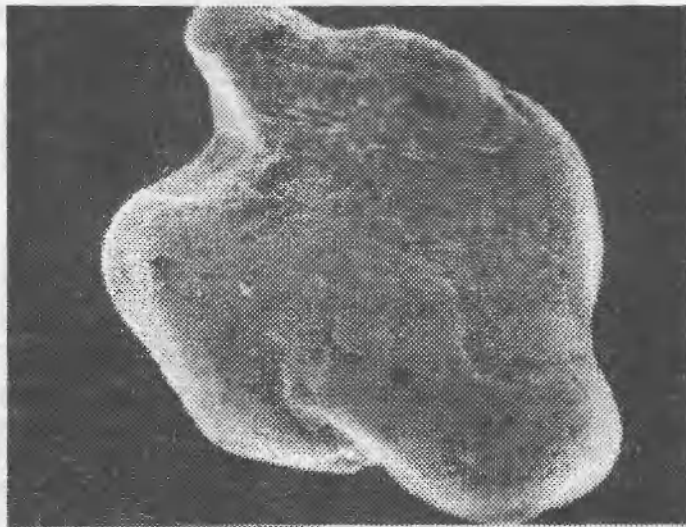


Рис.6. Лепешковидное зерно изоферроплатины из россыпи р.Кожим, ув. 200.
Fig.6. A lozenge-like grain of isoferroplatinum from r.Kojim, x200.

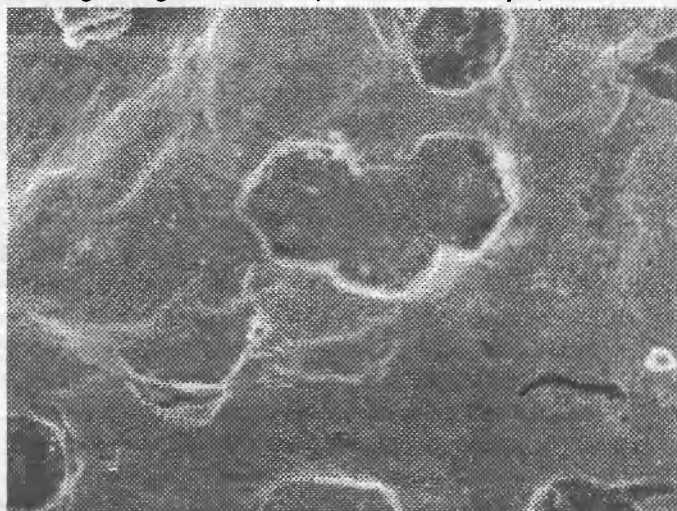


Рис.7. Зерно изоферроплатины с включениями Os-Ir-сплавов гексагонального габитуса или пустот вместо них; ув.1200.
Fig.7. An isoferroplatinum grain containing hexagonal inclusions of Os-Ir-alloys or voids instead of them, x1200.

например по схеме:



Маловероятно, что примазки золота на изоферроплатине могут свидетельствовать о парагенезисе этих минералов, скорее всего, они образовались уже в гипергенезе.

Неокатанные самородки Fe-Pt-интерметаллидов в россыпях довольно редки, что могло бы говорить о близости их коренных источников. Но вот

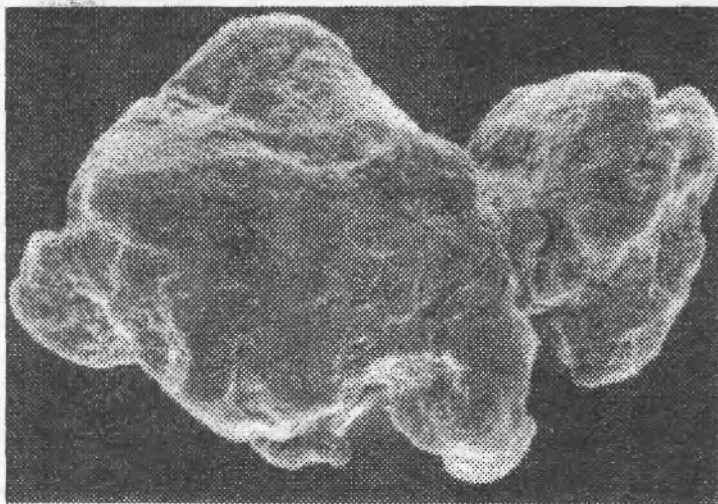


Рис.8. Самородочек изоферроплатины, так называемый “паучок”, в виде слоненка, (р.Кожим); ув. 100.

Fig.8. An isoferroplatinum nugget as a little elephant, (r.Kojim), x100.

одно зерно изоферроплатины из Кожимской россыпи, по форме похожее на слоненка (рис. 8), как раз свидетельствует об обратном.

Отличить Os-Ir-Ru-сплавы от Fe-Pt-сплавов визуалью очень просто. Зерна Os-Ir-Ru-сплавов серебристо-белые без налетов гидроокислов железа, при увеличении видны блестящие поверхности спайности, так как эти соединения в отличие от Fe-Pt-сплавов не только более твердые, но и хрупкие. В аллювии и россыпях эти минералы обычно сохраняют свои характерные кристаллические формы. “Крупный” гексагональный слабоокатанный кристалл рутениридосмина в виде бочонка размером 590•570•350 мкм обнаружен в руч. Естошор. Чаше всего Os-Ir-сплавы и рутениридосмин встречаются в виде слабоокатанных сегментов гексагональных (рис. 9) или квадратных пластинок.

Осмий, рутений, рутениридосмин, иридосмин - минералы гексагонального габитуса, они встречаются в виде гексагональных пластинок или их сегментов, а иридий, осмирид и рутеносмирид образуют кристаллы кубической формы и поэтому встречаются в виде квадратных

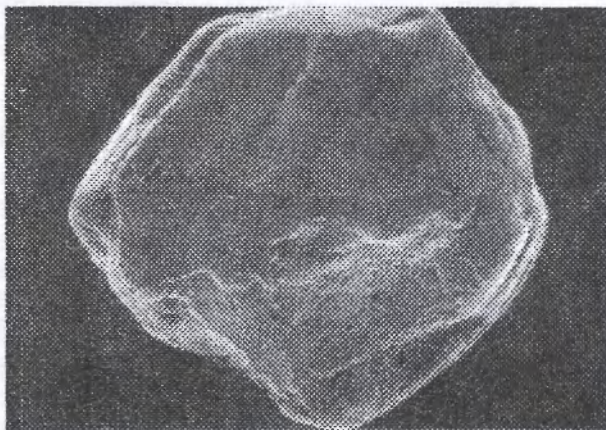


Рис.9. Зерно рутениридосмина из Кыввожской россыпи в виде сегмента гексагональной таблички; ув. 200.

Fig.9. A ruthen-iridosmium grain as a hexagonal table segment (br.Kyvvoqe), x200.

табличек или их обломков. Но из-за сильной окатанности зерен и присутствия в россыпях в виде спайных обломков Os-Ir-Ru-сплавов по морфологии диагностировать до вида не удастся.

Размеры и вес зерен МПГ. С помощью эталонной штриховой стеклянной линейки (1 мм - 100 делений) и микрометрического винта под биноклем и микроскопом определены линейные размеры зерен МПГ. Размеры зерен МПГ из Кожимской россыпи, мкм: Fe-Pt-интерметаллидов - 450•250•40, 480•280•40, 700•31•150, 600•530•40, 510•310•30; Os-Ir-Ru-сплавов - 440•420•80, 730•300•50, 350•300•120.

Размеры пластинок МПГ Кыввожской россыпи, мкм: крупных пластинок Fe-Pt-интерметаллидов - 1100•50х150, 2000•1000•160, 850•650•200, 1300•700•150; мелких - 480•340•50, 400•330•40, 300•200•30; рутениридосминов - 460•350•200, 420•360•80, 350•280•80.

Размеры пластинок МПГ из аллювия руч. Естошор, мкм: изоферроплатины - 650•350•200; осмирида - 600•510•400; рутениридосминов - 590•570•350, 530•630•100, 630•750•260, 700•380•160, 440•490•250, 380•200•120, 550•160•140, 450•320•300.

Размеры пластинок рутениридосминов из аллювия р.Щугор - 170•120•35, 220•150•40, 120•100•30 мкм.

Среднее соотношение длины, ширины и толщины пластинок Fe-Pt-интерметаллидов - 2:1:0.2; Os-Ir-Ru-сплавов - 4:3:1; кристаллов рутениридосминов - 2:2:1.

Путем взвешивания разделенных под биноклем фракций МПГ, диагностированных предварительно по морфологическим признакам, а затем с помощью рентгенофазового и микрозондового анализов, определены средний вес, эффективный диаметр гипотетических

шарообразных зерен МПГ и количественные соотношения трех фракций минералов группы платины - Fe-Pt-интерметаллидов, Os-Ir-сплавов, рутениридосминов (табл. 11).

Исходя из полученных сведений, можно сделать вывод о том, что размеры, вес зерен и соотношение содержаний трех главных сплавов

Таблица 11

Средний вес, эффективный диаметр ($\varnothing$) и соотношение фракции (СФ) зерен МПГ в различных водотоках и россыпях

Регион, водотоки	Fe-Pt-сплавы			Os-Ir-сплавы			Рутениридосмины		
	Вес, мг		$\varnothing$, мкм	Вес, мг		$\varnothing$, мкм	Вес, мг		$\varnothing$, мкм
	фракц.	зерна		фракц.	зерна		фракц.	зерна	
Полярный Урал:									
руч.Естошор	1.18	1.18	576	3.2	0.64	469	4.0	0.67	522
СФ,%		14			40			46	
Лонгот-Юган, Елец									
СФ,%		-			30			70	
Приполярный Урал:									
р.Кожим	47.0	0.20	318	3.0	0.15	289	3.0	0.16	322
СФ,%		88			6			6	
р.Щугор		-		0.2	0.01	130	0.4	0.013	140
СФ,%		-			33			67	
Тиман:									
руч.Кыввож									
крупная фракция	20	1.43	614						
мелкая -"-	10	0.22	329	3	0.28	356	8	0.26	380
СФ,%		73			6			21	
р.Черная Кедва									
СФ,%		22			28			50	

МПГ в разных водотоках и россыпях различаются очень существенно. По размерам и соответственно по весу можно разделить все зерна МПГ на три группы: крупные - более 500 мкм размером и не менее 0.6 мг весом, средние - размером от 200 до 500 мкм и весом от 0.04 до 0.6 мг; мелкие - менее 200 мкм размером и не более 0.04 мг весом.

Находки средних и крупных зерен МПГ в аллювии и россыпях указывают на близость источников сноса, а мелкие размеры - на значительную удаленность. Следует отметить, что наиболее крупные зерна изоферроплатины встречены на Тимане в россыпи руч.Кыввож и в аллювии руч.Естошор на Полярном Урале. Возможно, они есть и в россыпях р.Кожим. Во всех других водотоках западного склона Урала обнаружены зерна платиноидов только малых размеров - меньше 180 мкм.

Размеры зерен и весовые соотношения фракций Fe-Pt-интерметаллидов свидетельствуют о близости их коренных источников, которыми могут быть концентрически-зональные пироксенит-дунитовые ультрабазитовые массивы уральско-алаянского типа. Их следует искать на Вымской гряде Среднего Тимана и в бассейне р.Кожим на Приполярном Урале.

Раздел III. Топоминералогия платиноидов в современном аллювии севера Урала и Тимана

ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Платиноиды в аллювии рек Лонгот-Юган и Елец. Первыми платиноидами, поступившими к нам на исследование были 9 зерен МПГ из аллювия двух рек: Лонгот-Югана, пересекающего в широтном направлении восточный склон Полярного Урала севернее Харбейского антиклинория и южнее Сыумкеуского альпинотипного ультрабазитового массива, и Ельца на западном склоне Полярного Урала, берущего начало вблизи западного склона альпинотипного ультрабазитового массива Рай-Из. Пробы были предоставлены главным геологом ПУГРЭ А.А.Котовым в 1982 г. Вместе с платиноидами были изучены черные шлихи этих же проб с аксессуарным хромшпинелидом.

Зерна платиноидов ультратяжелой фракции шлихов из аллювия этих рек очень мелкие (50-300 мкм), уплощенные, хорошо окатанные, серебристо-белые, некоторые со слабым налетом гидроокислов железа. Одно зерно представляло собой сросток трех более мелких образований, в числе которых фрагмент в виде квадратной пластинки. Впоследствии было выяснено, что это зерно состоит из двух фрагментов пластинок иридосмина и одной - осмирида. Остальные зерна во фракции округлые. При большом увеличении поверхность у одних зерен выглядит гладкой, у других - бугристой.

Рентгенофазовый анализ МПГ определил их как гексагональные фазы системы Ru-Os-Ir со следующими параметрами элементарной ячейки - $c_0 = 0.2708$, $a_0 = 0.4320$ нм. Состав МПГ изучался вначале на отечественном микрозонде MAP-2 (оператор В.Д.Бегизов), а затем анализы были повторены на большее количество компонентов (табл. 7) на микроанализаторе Camebax MICROBEAM (оператор С.Л.Карачун).

В результате анализов диагностированы рутениридосмин с широкой изменчивостью химического состава от Ru_4OsIr до $RuOs_2Ir_2$, иридосмин Os_2Ir и осмирид Ir_2Os . Фигуративные точки составов (рис. 1) полярноуральских рутениридосминов ложатся почти прямо на медиану треугольника Кабри, на продолжении этой медианы в поле Os-Ir-сплавов располагаются фигуративные точки иридосминов, а через поле несмесимости (как распад твердого раствора) - составы осмирида. В аллювии рек Лонгот-Югана и Ельца главные типы платиноидов находятся в следующей пропорции: 30% Os-Ir-сплавов и 70% Ru-Ir-Os-сплавов.

Изучены типоморфные свойства МПГ. Нами, пожалуй впервые, с большой точностью на приборе ПИОР с помощью Л.Н.Вяльсова в ИГЕМ РАН измерены дисперсия отражательной способности Ru-Os-Ir-сплавов и их твердость. Эти данные опубликованы нами раньше, чем другими исследователями (Состав и свойства..., 1984). Дисперсия отражения МПГ

позволяет надежно диагностировать минеральные виды и даже судить об особенностях их состава.

Методом ИК-спектроскопии проведен сравнительный анализ составов ассоциирующихся с платиноидами акцессорных хромшпинелидов и хромшпинелидов близлежащих ультрабазитовых массивов Сыум-Кей и Рай-Из. Они оказались очень похожими. Анализ отечественной литературы по составу МПГ в россыпях Корякского нагорья и Дальнего Востока (Сравнительный петрографо-минералогический анализ..., 1994), а также зарубежной литературы по россыпям Тасмании (Австралия) (Ford, 1981), свидетельствует о том, что набор МПГ, представленный Ru-Ir-Os-и Os-Ir-сплавами характерен для ассоциаций, генетически связанных именно с альпинотипными ультрабазитами. Косвенно это же подтверждают и составы акцессорных хромшпинелидов, ассоциированные в шлихах с платиноидами.

Платиноиды и золото участка Естошор. Минералогический анализ ультратяжелой фракции шлиха руч. Естошор (западный склон Полярного Урала) обнаружил (диагностика минералов проводилась с помощью рентгенофазового, иммерсионного и микрозондового анализов) очень интересную минеральную ассоциацию. Выявлены следующие минералы благородных металлов: изоферроплатина (1 зерно), рутениридосмин (7), иридосмин (2), самородное серебро (4), аргентит, золото (пробностью от 662 до 951). Золото представлено многочисленными мелкими изогнутыми неокатанными чешуйками причудливой формы, свидетельствующими об очень недалеком источнике сноса. Кроме минералов благородных металлов диагностированы хромшпинелид, оливин, арсенопирит, метациннабарит, циркон и др. Все это свидетельствует о совмещении в шлихе нескольких парагенетических минеральных ассоциаций.

Состав платиноидов (табл. 8) свидетельствует о сносе материала из двух генетических источников, а крупность зерен и их слабая окатанность (найден гексагональный призматический кристалл рутениридосмина размером 0.59•0.57•0.35 мм) - об их непосредственной близости.

Составы золота и серебра приведены в табл. 12. Золото представлено следующими разновидностями: серебристым золотом, медистым золотом, серебристо-ртутистым золотом и аурикупридом Cu_3Au_2 необычного состава в сростке с медистым золотом. Высокие содержания серебра, меди и ртути в золоте и ассоциация с метациннабаритом и самородным серебром свидетельствуют о низкотемпературном гидротермальном генезисе месторождения, в котором они образовались.

Для сравнения в табл.7 приведены результаты нескольких анализов золота из Кожимской россыпи, в которой оно ассоциируется с платиноидами. Здесь золото представлено только одной серебристой разновидностью с пробностью от 902 до 951.

Таблица 12

Состав самородного серебра и золота из россыпей Полярного и Приполярного Урала, %

номер образца	Компонентный состав, %					Атомные количества, %			
	Au	Ag	Cu	Hg	Sum	Au	Ag	Cu	Hg
Река Кожим									
					З о л о т о				
7/20	95.07	4.82	0.19	0	100.08	91.01	8.42	0.56	0
7/21	95.08	4.69	0.25	0	100.02	91.06	8.20	0.74	0
28/22	89.97	9.63	0.22	0	99.82	83.12	16.25	0.63	0
28/23	90.17	8.92	0.17	0	99.26	84.28	15.22	0.49	0
Река Щугор									
					З о л о т о				
3	79.89	19.76	0.14	0	99.79	69.02	30.60	0.38	0
4	81.43	18.27	0.15	0	99.85	71.28	28.30	0.42	0
5	81.97	17.43	0.10	0	99.60	71.89	27.59	0.43	0
Руч.Естошор									
					З о л о т о				
14/7	75.11	13.11	0.25	10.41	98.88	68.25	21.75	0.70	9.29
14/8	86.11	10.14	0.22	3.24	99.71	79.37	17.07	0.63	2.93
14/9	81.22	16.00	0.24	2.30	99.81	71.60	25.75	0.66	1.99
14/10	81.51	11.23	0.56	7.16	100.46	73.58	18.51	1.57	6.35
14/11	84.13	15.02	0.34	0.49	100.03	74.39	24.25	0.93	0.43
14.12	84.17	14.48	0.38	0.68	99.73	74.85	23.51	1.05	0.59
24.17	83.44	12.44	0.26	3.00	99.14	75.92	20.67	0.73	2.68
24/18	84.46	13.07	0.36	2.38	100.37	75.56	21.35	1.00	2.09
16/5	66.21	0.13	33.51	0	99.85	38.87	0.14	60.99	0
16/6	95.12	0.28	3.68	0	99.17	88.86	0.48	10.66	0
С е р е б р о									
5/3	0.04	97.92	0.80	0.24	99.00	0.02	98.48	1.37	0.13
5/4	0.03	98.75	0.16	0.65	99.59	0.02	99.36	0.27	0.35
22/13	0.04	99.64	0.27	0	99.95	0.02	99.52	0.46	0
22.14	0	99.88	0.32	0.05	100.25	0	99.43	0.54	0.03
22/15	0	99.59	0.29	0	99.88	0	99.51	0.49	0
22/16	0.06	99.70	0.23	0	99.99	0.03	99.58	0.39	0
Статистические характеристики выборок									
Река Кожим					З о л о т о n = 4				
min	89.97	4.69	0.17	0		83.12	8.20	0.49	0
max	95.08	9.63	0.25	0		91.06	16.25	0.74	0
χ	92.57	7.02	0.21	0		87.37	12.02	0.61	0
δ	2.50	2.27	0.03	0		3.69	3.73	0.09	0
Руч.Естошор					З о л о т о n = 10				
min	66.21	0.13	0.22	0		38.87	0.14	0.63	0
max	95.12	16.00	33.51	10.41		88.86	25.75	60.99	9.29
χ	82.15	10.59	3.98	2.97		72.13	17.35	7.89	2.64
δ	7.10	5.44	9.89	3.21		12.23	8.86	17.94	2.86
					С е р е б р о n = 6				
min	0	97.92	0.16	0		0	98.48	0.27	0
max	0.06	99.88	0.80	0.65		0.033	99.58	1.37	0.35
χ	0.03	99.25	0.34	0.16		0.016	99.31	0.59	0.09
δ	0.02	0.69	0.21	0.24		0.012	0.38	0.36	0.13

Примечание. n - количество анализов в выборке, χ - среднее значение, δ - среднеквадратичное отклонение.

Платиноиды в аллювии рек Вэравож, Грубею, Харута, Няньворгавож. Бассейны этих рек находятся либо непосредственно в районе коренных выходов пород южного окончания Войкаро-Сынинского альпинотипного ультрабазитового массива либо вблизи от него. Реками размываются породы так называемой “офиолитовой серии”, куда входят метаморфизованные габброиды, породы переходного дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса, а также собственно дуниты, гарцбургиты, перцолиты - породы альпинотипных ультрабазитов. Сборная проба платиноидов из этого района представлена мелкими зернами серебристо-белого цвета. Размеры зерен варьируют от 40 до 380 мкм, их средняя длина - 235 ± 86 , средняя ширина - 92 ± 49 мкм. Зерна средней окатанности, изредка встречаются гранные формы - пластинки и призмы гексагонального габитуса. Представлено для исследования шесть знаков МПГ. Удалось проанализировать пять. Среди них оказались: зерно рутениевого осмия с содержанием 60.82% Os, 30.89% Ru; зерно осмирида (62.21% Ir, 33.66% Os); два зерна низкорутенистого рутениридосмина (12.01 и 23.41% Ru) и зерно изоферроплатины. Составы платиноидов представлены в табл. 8. Весовое соотношение МПГ в аллювии рек этого района Полярного Урала следующее: Fe-Pt-сплавы - 16%; Ru-Os-Ir-сплавы - 50%; Os-Ir-сплавы - 34%. Минеральная ассоциация платиноидов позволяет предполагать смешанный источник шлиха, связанный как с альпинотипными, так и с концентрически-зональными ультрабазитами уральского типа.

ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Платиноиды из россыпи в верховье р.Кожим. Золотоносная россыпь р.Кожим разрабатывается полупромышленным и промышленным способами вот уже более десяти лет. Замечено, что в черновой ультратяжелой фракции в процессе добычи золота накапливается серебристый металл, визуальнo диагностируемый как платина. Достоверные сведения о составе этого металла до сих пор не публиковались. Т.П.Майоровой с соавторами (1994) в шлихе с участка “палеоделъта” р.Кожим диагностировано с помощью микрозонда два зерна иридосмина, самородный рутений и рутениевый осмий. По оценкам добывающих организаций содержания золота и платиноидов в промпродукте находятся в соотношении от 100:1 до 100:2.5. Можно оценить объем попутной “сырой платины”, которую можно было бы добыть за время отработки россыпи, вес ее мог значительно превысить 20 кг. Все это побудило нас обратиться к руководству АО “Терра” с просьбой выделить для исследования представительную пробу платиноидов из этой россыпи. Просьба была удовлетворена, и мы получили на исследование 280 зерен белого металла весом 53 мг.

Химические составы зерен платиноидов (67 анализов, выполненных

на микрозонде Camebax SX50) представлены в табл. 2, 3, а средние составы главных минералов в табл. 8. Попутно определен на нескольких зернах состав кожимского золота (табл.12), с которым ассоциируются платиноиды. Золото представлено серебристой разновидностью с пробностью 902-951 ‰. Главными минералами тяжелой фракции шлиха являются гранат-альмандин, ильменит, магнетит, циркон, ставролит, апатит и др.

Кадастр МПГ в Кожимской россыпи составляет теперь шестнадцать минералов и их разновидностей: Fe-платина (до 20 ат.% Fe), Rh-Fe-платина (до 5.07 ат.% Rh), Ir-Fe-платина (до 6.7 ат.% Ir), изоферроплатина (20-30 ат.% Fe), Ir-изоферроплатина (до 15.7 ат.% Ir), Ir-Cu-изоферроплатина (до 7 ат.% Cu), фаза Ir-Pt₂Fe (до 33 ат.% Fe и 2.9 ат.% Ir), осмий, иридосмин, осмирид, Pt-иридий (до 20.4% Pt), ирарсит, рутений, рутениевый осмий, рутениридосмин, Pt-рутениридосмин (до 5,4% Pt). Редкостью для платиноносных россыпей является находка в аллювии р.Кожим ирарсита в сростании с осмием и иридосмином (табл. 13).

Главными минералами МПГ Кожимской россыпи являются Fe-Pt-интерметаллиды, главным образом изоферроплатина и ее разновидности.

Таблица 13

Состав ирарсита из аллювия р.Кожим, вес. %

Номер пробы	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Ni	Cu	S	As	Sum
63	1.45	59.00	3.16	0.48	4.05	0.15	0.03	0.50	10.45	20.25	99.52
64	1.62	59.61	2.42	0.36	4.66	0.39	0.04	0.54	11.32	19.08	100.04

Содержание этих минералов по весу среди всех МПГ составляет 88%, на долю двух других групп минералов, Os-Ir- и Ru-Ir-Os-сплавов, приходится по 6%.

В представленной на исследование пробе платиноидов все зерна относятся к фракции средней крупности и имеют размеры от 200 до 500 мкм. Они, как правило, сильно уплощены. Пластинки Fe-Pt-интерметаллидов обычно покрыты бурой корочкой гидроокислов железа, легко растворимой в слабой соляной кислоте. Наблюдаются процессы дезинтеграции зерен высокожелезистой изоферроплатины (рис. 10), и признаки рекристаллизации на поверхности зерна золота (рис. 11). Богатый состав разновидностей МПГ, уплощенная разлитованная форма зерен, налеты гидроокислов железа и другие признаки допускают вывод о значительной (несколько десятков километров) удаленности источников сноса платиноидов.

Платиноиды в аллювии р.Кожим (среднее течение). В отличие от минеральной ассоциации платиноидов в верховье р.Кожим, которая на 88% состоит из зерен Fe-Pt-сплавов, минеральная ассоциация МПГ среднего течения реки имеет обратное соотношение содержаний основных типов сплавов. Материал для исследования был получен от Н.В.Повонской,

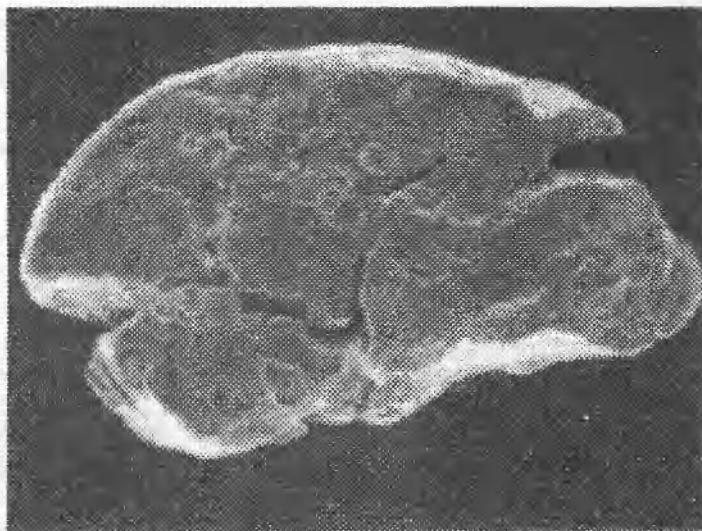


Рис. 10. Зерно изоферроплатина или фазы Ir-Pt₂Fe (р.Кожим), видны трещины, по которым происходит разрушение и деление пластинок на более мелкие зерна; ув.100.

Fig.10. An isoferroplatinum grain or Ir-Pt₂Fe phase (r.Kojim). Observed are cracks, along which occur destruction and division of plates into smaller-sized grains along, x100.

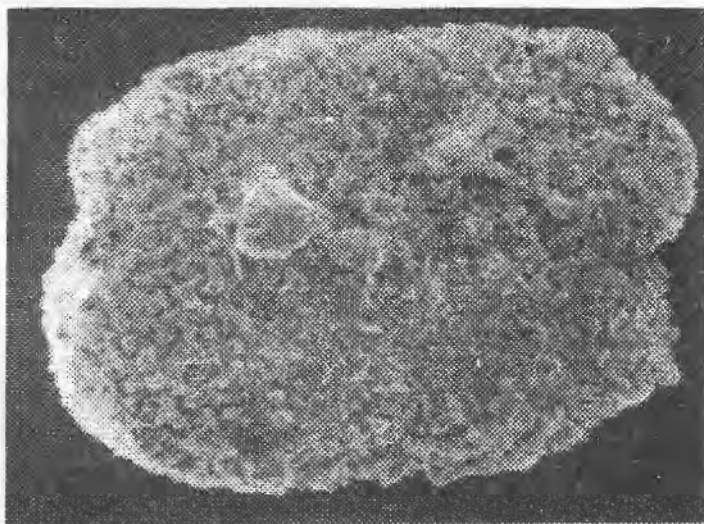


Рис. 11. Поверхность рекристаллизации серебристого золота, Кожимская россыпь; ув.1200.

Fig.11. Recrystallization surface of silver gold, (r.Kojim), x1200.

часть зерен (4) была проанализирована Т.П.Майоровой с соавторами (1994), другая часть (4) нами. Результаты всех анализов даны в табл.8. Минеральная ассоциация МПГ представлена: одним зерном изоферроплатины в виде тонкой удлиненной лепешки темно-серого цвета (размером 64×540 мкм), тремя зернами иридосмина, двумя зернами низкорутенистого рутениридосмина, по одному зернами самородного рутения и рутениевого осмия. Отсутствуют кубические МПГ, сплавы на основе иридия. Все зерна, кроме пластинки изоферроплатины (см. выше), серебристо-белого цвета, мелкие (70-300 мкм), сильно окатанные. Весовое соотношение сплавов следующее: Fe-Pt - 12, Ru-Os-Ir - 63 и Os-Ir - 25%. По количественному соотношению главных типов платиноидов ассоциация МПГ из аллювия среднего течения р.Кожим похожа на ассоциации рек Перебор, Естошор, Черной Кедвы и имеет смешанный характер источника сноса.

Платиноиды в аллювии р.Б.Паток. В аллювии р.Б.Паток обнаружено зерно изоферроплатины, которое было исследовано и диагностировано Т.П.Майоровой (1994). Пересчет микрозондового анализа этого зерна, проведенный нами, показал (табл. 8), что это железистая платина с высоким содержанием родия (2.11%) и палладия (2.40%), а не изоферроплатина. Находка этого пока единственного зерна железистой платины показывает, что в бассейне реки могут быть обнаружены выходы концентрически-зональных дунит-пироксенитовых массивов уральского типа. То есть появился еще один признак того, что платиноносный пояс Урала протягивается далеко на север. Пока это еще только минералогическое доказательство (репер).

Платиноиды в аллювии р.Сивью. Переданные Н.В.Повонской нам для исследования платиноиды из аллювия р.Сивью, представляют собой очень мелкие зерна размером от 60 до 184 мкм, их средняя длина 116 ± 27 , средняя ширина - 81 ± 15 мкм. Зерна равномерно окатанные с редкими гранными формами, напоминающими гексагональные и квадратные пластинки. Выборка из 28 зерен показалась нам очень однородной по минеральному составу и внешним признакам. Это подтвердилось при изучении состава зерен на микрозонде, на котором была проанализирована половина выборки - 14 зерен. Восемь из них оказались платинистым осмиридом, пять - иридосмином и одно зерно - низкорутенистым рутениридосмином с содержанием 8.0% Ru (табл.7), т.е. минеральная ассоциация МПГ почти на 100% (92%) представлена Os-Ir-сплавами.

Складывается двойственное впечатление о генетической принадлежности этой минеральной ассоциации. С одной стороны, ассоциация МПГ в аллювии р.Сивью очень похожа на ассоциацию р.Лонгот-Юган, в которой также преобладают осмирид и иридосмин, и тогда ее следует отнести к платиноидам альпинотипной ассоциации. С

другой стороны, есть литературные данные (Малич и др., 1995) о том, что такая ассоциация весьма характерна для концентрически-зональных щелочно-ультраосновных дунит-пироксенитовых с карбонатитами массивов Алданского щита (Гулинский массив). Двойственность трактовки генетической принадлежности минеральной ассоциации р.Сывьё обусловлена сквозным распространением Os-Ir-сплавов во всех формационных типах платиногенерирующих ультраосновных массивов.

СЕВЕРНЫЙ УРАЛ

Платиноиды в аллювии р.Печоры. В бассейне р.Печоры и ее притоков, например р.Маньской Волосницы, известны выходы мелких сильно метаморфизованных (до эпидот-амфиболитовой фации регионального метаморфизма) альпинотипных ультрабазитов. В аллювии р.Печоры ниже устья р.Уньи найдено 25 зерен платиноидов, которые были предоставлены нам на исследование ПГО Полярноуралгеология. Зерна сильно окатанные, очень мелкие - 50-160 мкм. По внешнему виду они серебристо-белые каплевидные, слабо уплощенные с редкими гранными формами гексагонального габитуса. Все зерна МПГ по морфологическим признакам относятся к двум типам сплавов - Os-Ir и Ru-Os-Ir, и находятся в весовом соотношении 1:2 (33 и 67%). Рентгенофазовый анализ нескольких зерен выявил, что в выборке присутствуют кубические и гексагональные сплавы системы Ru-Os-Ir. На микрозонде исследовано всего одно зерно, оказавшееся рутениридосмином с невысоким содержанием Ru - 18.56% (табл. 8). Можно предположить, что все зерна платиноидов могли принадлежать одному генетическому источнику - альпинотипным ультрабазитам.

Платиноиды в аллювии р.Перебор, правого притока р.Печоры. В аллювии р.Перебор найдено шесть мелких зерен платиноидов, переданных нам на исследование ПГО Полярноуралгеология. Зерна средней окатанности, имеют размеры 70-200 мкм. По внешним диагностическим признакам установлено, что среди них присутствует темно-серая лепешковидная пластинка Fe-Pt-сплава и блестящие серебристо-белые зерна сплавов системы Ru-Os-Ir. Среди них преобладают Os-Ir-сплавы (5:1). Проанализировано одно зерно (два анализа), оно оказалось изоферроплатиной с высоким содержанием палладия (3.7-3.9% Pd), что позволяет говорить о находке новой палладиевой разновидности изоферроплатины (табл. 8). Состав ассоциации МПГ из аллювия р.Перебор разрешает относить ее к смешанному типу и предполагать два источника сноса - альпинотипные ультрабазиты и концентрически-зональные ультрабазиты уральского типа. Соотношение содержаний сплавов по визуальной диагностике: Fe-Pt - 16%, Ru-Os-Ir - 34%, Os-Ir - 50%.

Платиноиды в аллювии р.Илыч, правого притока р.Печоры. В

бассейне этой реки известны мелкие выходы тел альпинотипных ультрабазитов, приуроченных к зоне Центрального уральского разлома. Для исследования ПГО Полярноуралгеология предоставило нам восемь зерен платиноидов, найденных в современном аллювии верховья р.Илыч. Зерна средней окатанности, мелкие (60-120 мкм), среди них присутствуют пластинки гексагонального габитуса. По внешним признакам большинство зерен можно отнести к Os-Ir- и Ru-Os-Ir-сплавам. На микрозонде проанализировано шесть зерен, их состав приведен в табл. 8. Среди МПГ оказались (по одному зерну): фаза Ir-Pt₂Fe - иридиевая ферроплатина с содержанием 12.04% Fe и 4.67% Ir; рутениридосмин с высоким содержанием рутения - 32.04%; ирийдосмин; платиновый осмирид (8.79% Pt); новая разновидность иридия - родиево-платиновая с содержанием 5.43% Rh и 6.7% Pt; новый для Урала минерал - осмиевый рутений с содержанием 47.05% Os и 47.64% Ru. Количественное соотношение МПГ в аллювии р.Илыч таково: Fe-Pt - 16%, Ru-Os-Ir - 34%, Os-Ir - 50%. Ассоциация платиноидов из аллювия р.Илыч свидетельствует о смешанном источнике сноса МПГ, одни из них генетически связаны с альпинотипными ультрабазитами, а другие - с концентрически - зональными массивами.

Платиноиды из аллювия р.Уньи и ее притоков. Ультратяжелые фракции шлихов с платиноидами из аллювия р.Уньи были предоставлены нам для исследования в 1987 г. геологом Ухтинской ГРЭ В.А.Капустиним. Платиноиды были отобраны из пяти шлиховых проб современного аллювия р.Уньи и ее притока р. Воротенной. Они представляют собой окатанные серебристо-белые зерна лепешкообразной формы, обломки кристаллов серых октаэдров, обломки табличек треугольной, гексагональной и прямоугольной форм размером 40-100 мкм - всего 20 зерен. Рентгеноструктурный анализ показал, что серые обломки октаэдров это лаурит, треугольные и гексагональные пластинки - ирийдосмин и рутениридосмин, а прямоугольные пластинки - осмириды. В пробах также диагностированы магнетит, брукит, гейкилит, хромшпинелид.

ИК-спектроскопия акцессорного хромшпинелида из этих же шлихов (40 зерен) дала представление о его составе. Длина волны аналитической полосы ИК-спектра хромшпинелида колеблется от 616 до 642 см⁻¹. Это свидетельствует о том, что состав хромшпинелида варьирует в широких пределах. В пробах присутствуют хромшпинелиды высокохромистого, высокоглиноземистого и высокожелезистого составов. Такой набор хромшпинелидов характерен для альпинотипных ультрабазитов. Микрозондовым анализом установлены составы лаурита, осмирида и рутениридосмина (табл. 14). Лаурит представлен Os-Ir-разновидностью, характерной для альпинотипных ультрабазитов.

Половина всех зерен МПГ с р.Уньи принадлежит лауритам близкого состава, шесть зерен - осмиридам и ирийдосминам и остальные четыре

зерна рутениридосминам. Таким образом, 70% сборной пробы с р.Уньи составляют рутениевые минералы, а 30% - Os-Ir-сплавы. Такая

Таблица 14

Состав платиноидов р.Уньи, вес.%

Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	S	Sum	Минерал
43.80	40.40	2.20	-	13.3	-	-	99.70	Рутениридосмин
43.41	37.28	2.06	0.59	14.86	0.59	-	99.80	-"
43.50	38.02	1.77	0.46	14.58	0.83	-	99.14	-"
36.40	58.80	4.60	-	1.20	-	-	100.20	Осмирид
18.53	12.72	0.04	0.69	35.25	1.77	31.05	100.29	Os-Ir-лаурит
16.11	13.30	0.17	0.63	37.07	1.81	31.00	100.09	-"
13.15	13.73	-	0.71	35.78	1.27	34.88	99.02	-"
12.11	13.52	-	0.85	36.85	1.23	34.85	99.44	-"

ассоциация минералов МПГ характерна для россыпей, расположенных вблизи альпинотипных ультрабазитов. Os-Ir-лаурит отмечен пока только в аллювии р.Уньи и в хромовых рудах альпинотипных ультрабазитов Полярного Урала.

СРЕДНИЙ ТИМАН

Платиноиды и золото россыпи руч. Кыввож. Минералы платиновой группы в современной аллювии руч.Кыввож (приток р.Белой Кедвы) обнаружены совсем недавно при крупнообъемном опробовании и опытной добыче золотоносной россыпи. Золото в россыпи мелкое, крупное и очень крупное. Зерна платиноидов по размерам также относятся к среднему и крупному классам. Так, лепешковидные пластинки изоферроплатины часто имеют линейные размеры, превышающие 2 мм. Платиноиды в аллювии руч.Кыввож имеют слабо измененный внешний облик. Изоферроплатина представлена каплевидными, футляровидными (формы облекания зерен оливина), комковатыми зернами, среди зерен Ru-Os-Ir-сплавов часты кристаллы гексагональных дипирамид и их обломков, в то время как изоферроплатина Кожимской россыпи встречается в основном в виде лепешковидных зерен, а Ru-Os-Ir-сплавы - в виде спайных обломков кристаллов неясного габитуса. Это свидетельствует о небольшом расстоянии сноса материала Кыввожской россыпи от их коренного источника по сравнению с платиноидами р.Кожим.

Представленные для исследования 98 зерен МПГ весом 41 мг вначале были отсортированы под биноклем по визуальным диагностическим признакам, затем диагностика уточнялась рентгенофазовым методом, и окончательный видовой состав был определен с помощью микрозонда (табл. 2, 3). Диагностировано 13 минералов и разновидностей МПГ: Fe-платина, Ir-Fe-платина (до 20 ат.% Ir), Ru-Fe-платина (до 5 ат.% Ru), изоферроплатина, Ir-изоферроплатина (до 4.8 ат.% Ir), Cu-

изоферроплатина (до 5.8 ат.% Cu), фаза Ir-Pt₂Fe, Pt-иридий (до 10.3% Pt), осмирид, Pt-осмирид (до 23% Pt), иридосмин, рутениридосмин, Pt-рутениридосмин (до 6.7% Pt). Главными минералами МПГ в россыпи руч.Кыввож, так же как и р.Кожим, являются Fe-Pt-интерметаллиды, главным образом изоферроплатина и Ir-изоферроплатина, по весу они составляют 73% пробы, Os-Ir-сплавы - 6%, Ru-Ir-Os-сплавы - 21%. Нетрудно заметить большое сходство кадастров и количественных соотношений МПГ из двух россыпей Приполярного Урала и Среднего Тимана (табл. 9).

Сравнивая составы МПГ двух россыпей (табл. 2, 3 и 5), следует отметить, что они очень близки между собой. Отличия наблюдаются только в мелких деталях. Например, в составе МПГ Кожимской россыпи несколько больше Pt, а в Кыввожской - Os, Ir, Ru. Расчет баланса ЭПГ в россыпях показывает следующее их соотношение (Pt:Ir:Os:Ru:Rh:Pd) : р. Кожим - 82:7.5:7:1.5:1:1; руч. Кыввож - 68:13:12:5:1:1.

Рассчитанные соотношения ЭПГ в валовой фракции платиноидов из двух россыпей, позволяют оценить стоимость "сырой платины", ориентируясь на стоимость платиноидов на мировом рынке (Новая концепция., 1994). Расчеты показывают, что стоимость концентрата платиноидов из Кожимской россыпи составит 11.69 дол./г, а из Кыввожской - 11.88 дол./г. Это примерно равно стоимости золота на мировом рынке. Стоимость "сырой платины" будет значительно возрастать при увеличении в ней доли осмия и родия.

В Кыввожской россыпи платиноиды ассоциируются в шлихе с ильменитом, пикроильменитом (1.0-3.9% MgO), марганцовистым ильменитом (1.4-4.9% MnO), хромитом (60.3% Cr₂O₃, 1.6% Fe₂O₃), субферриалюмохромитом (44.5% Cr₂O₃, 10.1% Fe₂O₃), субальюмоферрихромитом (38.5% Cr₂O₃, 26.9% Fe₂O₃). Состав этих минералов, определенный с помощью микросондового анализа, свидетельствует о принадлежности минеральной ассоциации к платиноносной габбро-клинопироксенит-дунитовой формации уральско-аляскинского типа.

Состав золота из этой россыпи приведен в табл. 15. Золото представлено высокопробной, серебристой, серебристо-ртутистой разновидностями и похоже на золото руч. Естошор (табл. 12). В Кыввожской россыпи золото мелкое, крупное, нередко самородки до 2 см величиной и весом до 14 г. Найдена также самородная медь. Сравнивая составы мелкого и крупного золота, следует отметить, что мелкое бывает как высокопробным, так и среднепробным. Среднепробное мелкое золото содержит больше серебра, ртути и платины, чем крупное золото, которое содержит больше меди. Профиль из семи анализов, проведенный через одну крупную золотину (табл. 15) показывает, что золотина окружена высокопробной каймой с небольшой примесью (0.01-0.05%) платины, ядро ее обогащено серебром и ртутью, медь распределена равномерно по всей

золотине. Возможно, что высокопробное и среднепробное мелкое золото образовалось путем дезинтеграции зональных крупных золотин.

Платиноиды и золото р. Черной Кедвы. Несколько проб тяжелых фракций шлихов из аллювия рр. Черной Кедвы, Печорской Пижмы, Югидвож и выделенные из них золото и платиноиды были предоставлены нам в 1983 г. геологами А.М.Плякиным и Ф.Л.Юмановым.

Таблица 15

Состав самородного золота из Кыввожской россыпи, Средний Тиман, %

Номер образца	Компонентный состав, %						Атомные количества, %				
	Au	Ag	Hg	Cu	Pt	Sum	Au	Ag	Hg	Cu	Pt
Мелкое высокопробное золото											
1	97.82	1.68	0.19	0.06	0.08	99.83	96.53	3.03	0.18	0.18	0.08
2	98.16	1.58	0.11	0.07	0.07	100.00	96.75	2.85	0.11	0.22	0.07
3	98.30	1.38	0.23	0.09	-	100.00	97.02	2.48	0.23	0.27	-
4	97.46	1.31	0.96	0.18	0.08	100.00	96.07	2.37	0.93	0.56	0.08
5	98.71	0.89	0.06	0.29	0.05	100.00	97.40	1.60	0.05	0.90	0.05
6	99.80	0.10	-	-	0.10	100.00	99.71	0.19	-	-	0.10
χ	98.39	1.16	0.26	0.12	0.06		97.05	2.09	0.25	0.35	0.06
δ	0.74	0.53	0.32	0.09	0.03		1.18	0.96	0.31	0.29	0.03
Мелкое серебристо-ртутистое золото											
7	80.11	13.83	5.23	0.14	0.18	99.49	72.10	22.73	4.62	0.39	0.16
8	87.10	11.74	0.39	0.08	0.09	99.40	79.72	19.62	0.35	0.22	0.09
9	89.88	9.65	0.32	0.06	0.08	100.00	83.15	16.29	0.29	0.18	0.08
10	90.38	9.16	0.10	0.20	0.15	100.00	83.69	15.49	0.09	0.59	0.14
11	90.22	8.48	1.36	0.14	-	100.21	93.93	14.41	1.24	0.42	-
12	94.14	3.90	0.47	0.14	0.01	98.65	92.08	7.05	0.45	0.41	0.01
χ	89.97	9.46	1.31	0.13	0.09		82.44	15.93	1.17	0.37	0.08
δ	2.21	3.06	1.80	0.05	0.07		5.94	4.85	1.58	0.14	0.06
Крупное серебристое золото											
13	89.22	8.68	0.87	0.28	-	99.03	83.57	14.81	0.80	0.83	-
14	92.56	5.71	0.33	0.37	0.04	99.11	88.50	9.98	0.41	1.08	0.04
15	96.21	3.36	0.04	0.23	0.13	99.97	93.20	5.94	0.04	0.70	0.13
16	94.50	2.81	0.67	0.25	0.04	98.26	93.48	5.07	0.65	0.76	0.04
17	97.17	2.54	-	0.33	-	100.04	94.54	4.47	-	0.99	-
18	96.56	2.26	-	0.34	-	99.16	94.90	4.06	-	1.04	-
χ	94.37	4.23	0.32	0.30	0.04		91.37	7.39	0.32	0.90	0.04
δ	2.76	2.29	0.34	0.05	0.05		4.07	3.85	0.32	0.14	0.05
Профиль через крупную золотину											
19	98.60	0.07	0.02	0.31	0.05	99.05	98.83	0.13	0.02	0.98	0.05
20	96.56	2.50	-	0.41	-	99.47	94.32	4.45	-	1.32	-
21	96.07	3.02	0.65	0.25	-	99.99	93.28	5.35	0.62	0.75	-
22	94.43	3.50	0.29	0.34	-	98.56	92.43	6.25	0.28	1.04	-
23	95.57	2.62	-	0.28	-	98.47	94.41	4.72	-	0.87	-
24	95.33	2.51	0.03	0.31	0.01	98.19	94.47	4.55	0.03	0.95	0.01
25	97.90	1.32	0.09	0.31	0.01	99.62	96.60	2.38	0.08	0.94	0.01
χ	96.28	2.22	0.15	0.32	0.01		94.91	3.98	0.15	0.98	0.01
δ	1.29	1.07	0.22	0.05	0.02		1.99	1.91	0.21	0.16	0.02
Мелкое золото											
χ	93.51	5.31	0.79	0.12	0.07		89.84	9.01	0.71	0.36	0.07
δ	5.77	4.70	1.39	0.07	0.05		8.55	7.75	1.23	0.23	0.05
Крупное золото											
χ	94.64	3.94	0.29	0.30	0.03		91.87	6.90	0.29	0.91	0.03
δ	2.64	2.23	0.32	0.05	0.04		3.97	3.75	0.30	0.14	0.04

По результатам исследования была подготовлена научная рекомендация, переданная нами в этом же году в Ухтинскую ГРЭ. В то время находка и достоверная диагностика платиноидов были первыми на Тимане.

Благородные металлы в шлихах ассоциируются с ильменитом, рутилом, сфеном, лейкоксеном, анатазом, цирконом, магнетитом, гематитом, гранатом, дистеном, ставролитом, эпидотом, амфиболом, хромшпинелидом и др. При этом 54% тяжелой фракции приходится на минералы титана, 24% - на минералы циркония, 12% - на минералы железа

Таблица 16

Состав самородного золота из аллювия р. Черной Кедвы, %

№ п/п	Компонентный состав, %					Атомные количества, %			
	Au	Ag	Cu	Pd	Sum	Au	Ag	Cu	Pd
1	89.7	11.0	0	0	100.7	81.7	18.3	0	0
2	89.8	10.9	0	0	100.7	81.9	18.1	0	0
3	90.6	8.1	0.4	0	99.1	85.0	13.8	1.2	0
4	95.1	3.9	0.5	0	99.5	91.6	6.9	1.5	0
5	97.2	2.0	0	0	99.2	96.4	3.6	0	0
6	97.4	1.8	0.4	0	99.6	95.6	3.2	1.2	0
7	94.1	1.5	4.2	0	99.8	85.6	2.5	11.9	0
8	96.8	0.2	2.1	0	99.1	93.4	0.3	6.3	0
9	94.0	0.9	2.2	2.1	99.2	88.5	1.5	6.4	3.6
χ	93.8	4.47	1.08	0.23		88.8	7.6	3.2	0.4
δ	3.1	4.34	1.45	0.70		5.6	7.2	4.1	1.2

Примечание. Анализы 1-6 - серебристое золото, 7,8 - медистое золото, 9 - палладистое золото.

Таблица 17

Состав платиноидов из аллювия рр. Черной Кедвы, Печорской Пижмы, Югдвож

№ п/п	Компонентный состав, %					Атомные количества, %			
	Ir	Os	Ru	Pt	Sum	Ir	Os	Ru	Pt
1	67.8	15.4	7.8	8.4	99.4	67.3	14.6	13.9	7.8
2	40.3	37.7	17.6	4.2	99.8	34.7	32.9	28.8	3.6
3	37.9	42.5	17.5	2.2	100.1	32.6	36.9	28.6	1.9
4	16.2	46.0	36.2	0.9	99.3	12.2	35.2	51.9	0.7
5	31.0	39.8	24.1	2.1	99.0	26.0	33.8	38.4	1.7
6	29.2	31.5	36.1	3.1	99.9	22.0	24.0	51.7	2.3
7	26.0	33.7	39.6	1.1	100.4	19.1	25.0	55.1	0.8
8	31.2	27.3	36.0	5.3	99.8	23.6	20.8	51.6	4.0
9	17.7	35.7	46.1	0	99.5	12.6	25.5	61.9	0
10	41.1	55.6	2.5	0.7	99.9	40.0	54.7	4.6	0.7
χ	33.84	36.52	26.35	2.80		28.6	30.3	38.7	2.3
δ	14.66	10.89	14.62	2.57		15.3	11.1	19.1	2.3

№	Ir	Cu	Fe	Pt	Sum	Ir	Cu	Fe	Pt
11	3.3	0.4	8.5	88.1	100.3	2.8	1.0	23.9	72.3

Примечание. Анализы 1 - рутеносмирин, 2-9 - рутениридосмин, 10 - иридоосмин, 11 - иридоосмин; 1-3 - р.Печорская Пижма, 4-8 - р.Югдвож, 9-11 - р.Черная Кедва.

и хрома и остальные 10% - на силикаты.

Составы золота и платиноидов приводятся в табл. 16, 17.. Золото представлено тремя разновидностями: серебристым золотом, медистым золотом и медисто-палладистым золотом. Палладистое золото образует тонкую белую кайму на медистом золоте и обнаружено нами в регионе впервые.

Золото в аллювии ассоциируется с рутениридосмином, платинистым рутениридосмином, рутеносмиридом, иридосмином и изоферроплатиной. Количественное соотношение платиноидов по определению из 48 знаков следующее: Ru-Ir-Os-сплавы - 50%, Os-Ir-сплавы - 28%, Fe-Pt-интерметаллиды - 22%. Рутеносмирид был найден нами в 1983 г. впервые в Урало-Тиманском регионе.

Размер зерен золота и платиноидов меньше 200 мкм, поэтому их можно отнести к мелкому классу. Все они хорошо окатаны, но среди зерен рутениридосминов и иридосминов встречаются слабо окатанные сегменты гексагональных пластинок. По этому признаку сделан вывод о смешанном характере сноса материала тяжелого шлиха и о неоднократном перемыве терригенных отложений.

Раздел IV. Типизация и формационный анализ платиноидов в аллювии, предполагаемые коренные источники

Анализ литературных данных по составу МПГ и соотношению платиновых минералов (Жерновский, 1990; Лазаренков и др., 1994; Малич и др., 1994 ; VII International platinum symposium..., 1994; Состав и свойства..., 1984; Сравнительный петрографо-минералогический анализ..., 1994; Разин и др., 1994; Makeyev, 1994; Ford, 1981; Harris, Cabri, 1973) свидетельствует о том, что изученные нами платиноиды из аллювия севера Урала и Тимана могут быть генетически связаны с двумя россыпеобразующими ультрабазитовыми формациями. Os-Ir-сплавы, Ru-Ir-Os-сплавы и лаурит своим образованием могут быть обязаны альпинотипным ультрабазитовым массивам. Fe-Pt-интерметаллиды и Os-Ir-сплавы генетически связаны с концентрически-зональными пироксенит-дунитовыми массивами уральско-аляскинского типа или со щелочно-ультрабазитовыми концентрически-зональными массивами кондерского типа. Так, вокруг концентрически-зональных массивов типа Нижнетагильского или Светлоборского (платиновый пояс Урала) в непосредственной близости от них в россыпях встечается тот же самый набор минералов, что и в Кожимской и Кыввожской россыпях, составы минералов также очень близки.

Наши авторские данные (табл.4) по составам изоферроплатины и Ir-изоферроплатины из россыпи р.Косью, расположенной вблизи Светлоборского концентрически-зонального пироксенит-дунитового массива (Макеев, 1992), также не отличаются от данных по составу этих же минералов из ассоциации МПГ, наблюдаемой обычно вокруг щелочно-ультрабазитовых массивов типа Кондерского (Малич и др., 1995; Состав и свойства..., 1984; Сравнительный петрографо-минералогический анализ..., 1994; Разин и др., 1994).

На Среднем Тимане известно более десятка хорошо разведанных скважинами альнеитовых трубок девонского возраста, прорывающих докембрийские кристаллические породы фундамента. Самая крупная и хорошо изученная, Умбинская, трубка находится неподалеку от руч.Кыввож. Возможно, что именно эти тела и являются материнскими для МПГ породами щелочно-ультрабазитового ряда. Ранее эти концентрические трубообразные тела принимались за кимберлиты и интенсивно опробовались на алмазы. Алмазов ни в одной трубке не нашли, а относительно платиноидов они просто не изучались.

Весьма полезно, на наш взгляд, сжатие полученной аналитической информации и представление ее в виде нескольких цифр или графического изображения, характеризующего соотношение МПГ в россыпи. Для статистической обработки результатов анализов подходят пробы с водотоков, в которых найдено уже более десятка зерен МПГ и установлен

их состав. В данное время в изучаемом регионе известно тринадцать таких объектов (рис. 12, 13).

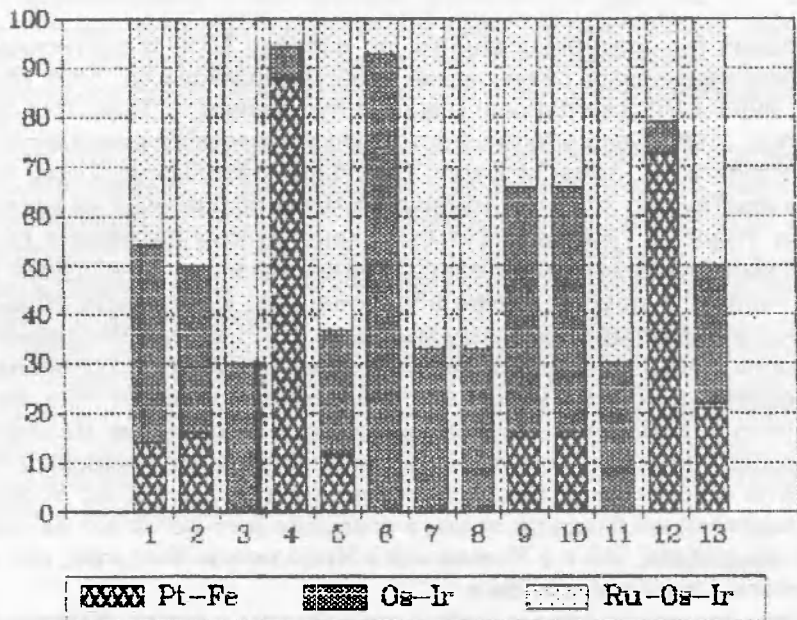


Рис. 12. Соотношение содержаний природных сплавов МПГ (Fe-Pt, Os-Ir, Ru-Ir-Os) в аллювии и россыпях севера Урала и Тимана. Объекты: 1 - р.Естошор, 2 - р.Вэравож, 3 - р.Лонгот-Юган, 4 - р.Кожим (верховье), 5 - р.Кожим (сред.теч.), 6 - р.Сывью, 7 - р.Шугор, 8 - р.Печора, 9 - р.Перебор, 10 - р.Илыч, 11 - р.Унья, 12 - р.Кыввож, 13 - р.Черная Кедва.

Fig. 12. A ratio of natural PGM alloys (Fe-Pt, Os-Ir, Ru-Ir-Os) in the alluvium and gold fields of the Northern part of the Urals and Timan. Legend: 1 - r.Estoshor, 2 - r.Varavoge, 3 - r.Longot-Ugan, 4 - Upper Kojim, 5 - Middle Kojim, 6 - r.Syvyu, 7 - r.Shcugor, 8 - r.Pechora, 9 - r.Perebor, 10 - r.Ilych, 11 - r.Unya, 12 - r.Kyvvoze, 13 - r.Black Kedva.

Рассчитано количественное соотношение Fe-Pt, Os-Ir и Ru-Ir-Os минералов в водотоках севера Урала и Тимана. Вот эти данные по рекам, %: Лонгот-Юган - Елец 0-30-70, Естошор 14-40-46, Вэравож 16-34-50, Кожим (верховье) 88-6-6, Кожим (среднее течение) 12-25-63, Сывью 0-92-8, Шугор 0-33-67, Печора 0-33-67, Перебор 16-50-34, Илыч 16-50-34, Унья 0-30-70, Кыввож 73-6-21, Черная Кедва 22-28-50. Графически эти соотношения наглядно показаны на столбиковой диаграмме (рис.12), а также в виде круговых диаграмм на мелкомасштабной карте Республики Коми (рис.13).

По характеру распределения природных сплавов МПГ в аллювии все водотоки можно разделить на три группы : 1 - водотоки, в которых преобладают Fe-Pt-сплавы платиноносной ассоциации, 2 - водотоки с преобладанием Ru-Ir-Os-сплавов альпинотипной ассоциации, 3 - водотоки

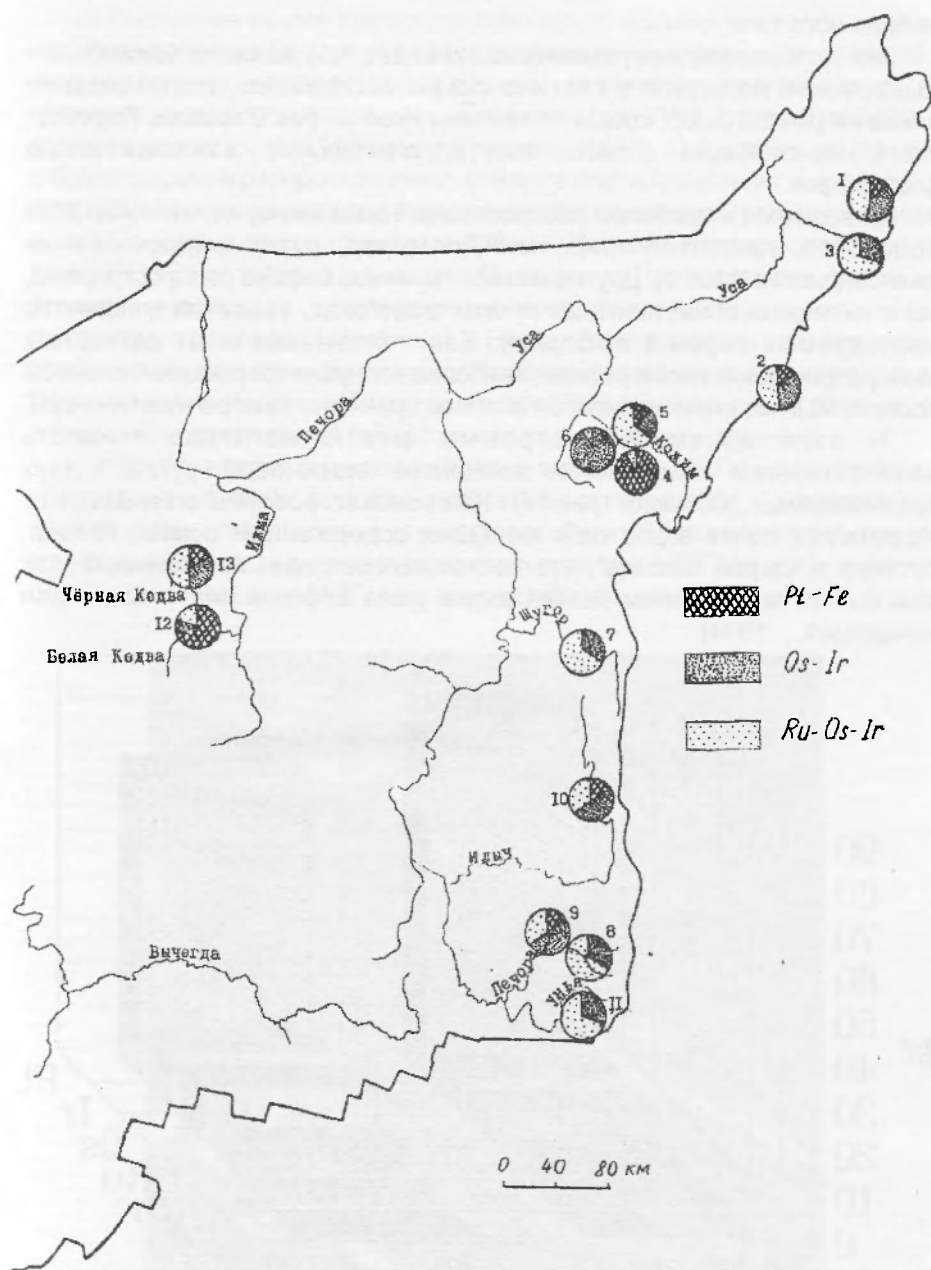


Рис. 13. Карта находок зерен платиноидов в современной аллювии рек бассейна р.Печоры. Названия водотоков см. в подписи к рис. 12.

Fig. 13. Map of platinum group mineral finds in modern alluvium of the Pechora drainage-basin. Legend is the same as in fig. 12.

смешанного типа.

На столбиковой диаграмме (рис. 12) видно, что россыпи Кожимская и Кыввожская попадают в платиноносную ассоциацию, платиноиды из аллювия руч.Естошор, среднего течения Кожим, рек Вэравож, Перебор, Илыч, Черная Кедва - в смешанный тип, а остальные - в альпинотипную ассоциацию.

Сквозными и наиболее распространенными минералами почти всех водотоков, являются иридосмин, осмирид, рутениридосмин и их разновидности (табл.9). Другие минералы менее широко распространены, но и их можно обнаружить во многих водотоках, увеличив количество исследуемых зерен в выборках. Как показывает опыт детальных минералогических исследований, наиболее полную информацию о видовом составе МПГ можно получить при анализе примерно 25 зерен платиноидов.

В виде объемной диаграммы можно наглядно показать количественное соотношение элементов платиновой группы в двух сравниваемых россыпях (рис.14). Кыввожская россыпь отличается от Кожимской почти в два раза большим содержанием осмия, иридия, рутения в "сырой платине", что несколько повышает ее стоимость, так как осмий на мировом рынке в два раза дороже платины (Новая концепция..., 1994).

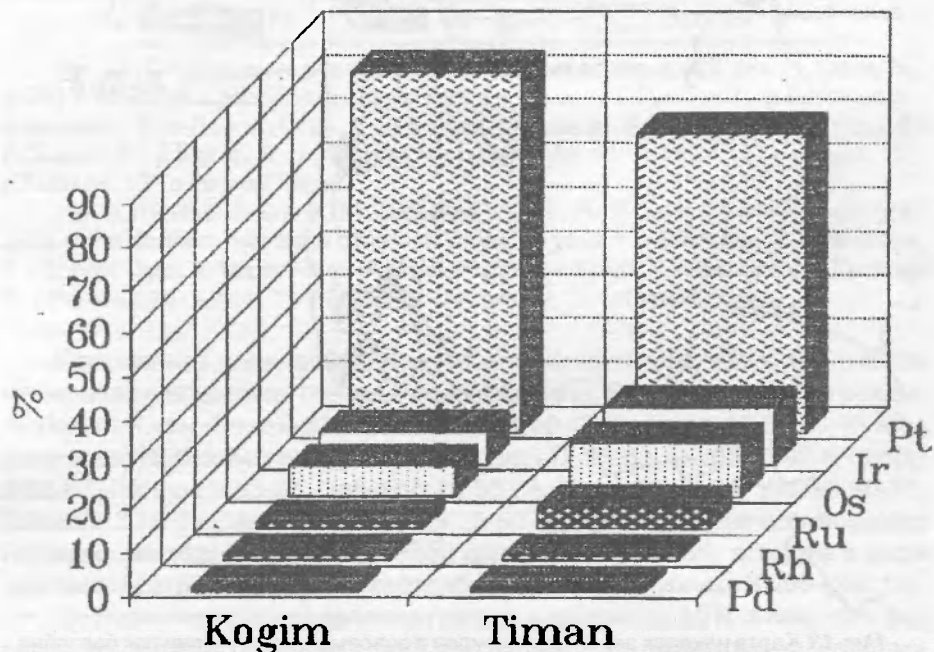


Рис. 14. Соотношение содержаний ЭПГ в россыпях р.Кожим и руч.Кыввож.
Fig. 14. PGM ratio in gold-fields of r.Kojim and br.Kyvvoge.

В последнее время значительно возросло количество сообщений о находках зерен Fe-Pt-сплавов - изоферроплатины, самородной платины, ферроплатины, тетраферроплатины и других платиноидов в аллювиальных россыпях многих регионов мира (V11 International platinum symposium..., 1994; Платина России..., 1994). Это свидетельствует о более широком распространении на Земле платиновых поясов. На Урале платиновый пояс до недавнего времени ограничивался Средним Уралом и имел протяженность примерно 600 км. Находки изоферроплатины и других Fe-Pt-сплавов в россыпях Полярного, Приполярного Урала и Тимана, несомненно, указывают на продолжение Среднеуральского платинового пояса далеко на Север. Необходимо провести ревизию всех имеющихся петрографических и геолого-съёмочных материалов о Приполярном Урале и Тимане на предмет обнаружения данных о совместном нахождении габбро, клинопироксенитов и дунитов.

Большой интерес вызывают твердые включения МПГ в Fe-Pt-сплавах, обнаруженные нами при изучении зерен платиноидов на растровом электронном микроскопе и микрозонде. Включения позволяют более точно установить парагенетическую ассоциацию МПГ, выявить данные об эволюции составов МПГ, важные для построения эволюционных рядов

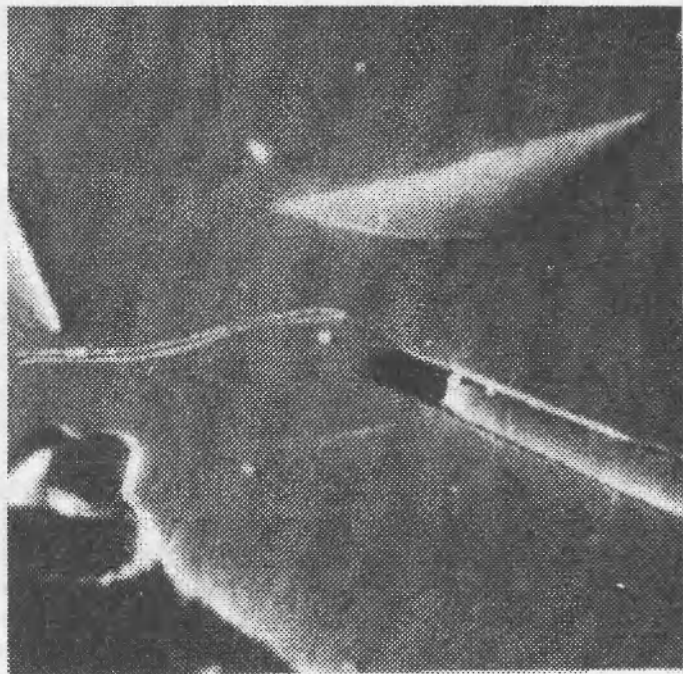


Рис. 15. Включение иридосмина в изоферроплатине; ув.500.

Fig. 15. Iridosmium inclusion in isoferroplatinum, x500.

платиноидов. Наблюдаемые включения размером от 1 до 15 мкм, изредка больше, имеют характерную морфологию (рис. 15), свидетельствующую о распаде твердых растворов первичных минералов. В виде твердых включений в изоферроплатине обнаружены осмий, иридий, Pt-иридий, иридосмин, осмирид, Pt-осмирид, Ir-изоферроплатина, ирарсит (табл.18).

Таблица 18

Состав включений Os-Ir-сплавов в изоферроплатине, вес.%

Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Минерал
0.97	18.40	68.22	1.20	0.50	0.60	10.50	0.16	0.72	101.28	Ir-Pt ₂ Fe
92.79	2.86	1.95	1.00	3.40	0.60	0	0.05	0.13	102.72	Осмий
54.33	40.68	0.55	0.10	3.30	0.10	0.60	0.09	0.54	100.32	Иридосмин
20.19	76.47	0.82	0.30	1.10	0.20	0.50	0.06	0.76	100.50	Иридий
15.36	70.82	10.26	3.00	1.00	0.80	0.30	0.03	0.66	102.32	Pt-иридий
24.68	69.83	2.86	0.40	1.20	0	0.40	0.11	1.05	100.49	Осмирид
18.72	53.69	23.01	2.10	1.10	0.40	1.50	0.03	0.72	101.31	Pt-осмирид

Иридий растворяется в изоферроплатине в пределах от 0 до 20 ат.%, а осмий - от 0 до 5 ат%. Перекристаллизация иридиевой изоферроплатины (первичного минерала) и распад твердого раствора приводят к образованию в ней твердых включений Os-Ir-сплавов. Микрозондом обнаружены еще более мелкие включения (1-2 мкм) с высоким содержанием P, As, Cu, Cr, Cl и других компонентов, которые могут свидетельствовать о высоком миграционном потенциале МПГ. Находки включений в изоферроплатине - явление очень частое, но в ней также нередки пустоты и каверны, как в губчатой платине (рис.16). Известен факт высокой летучести Ir и Os при температурах выше 600°C. Можно предположить, что пустоты и каверны в изоферроплатине - свидетели улутувившихся включений Os-Ir-сплавов. Часто вместо них в пустотах кристаллизуются другие вторичные минералы - водные силикаты - серпентины, хлориты, паргасит и др. Итак, можно выстроить эволюционный ряд состава и текстуры изоферроплатины: Ir-изоферроплатина (богатая Ir и Os) - изоферроплатина с включениями Os-Ir-сплавов - изоферроплатина с пустотами или водными силикатами. Налицо вынос Os и Ir из Fe-Pt-интерметаллидов.

Существует гипотеза о космическом происхождении осмиевых и иридиевых аномалий в терригенных морских осадках и породах, т.е. при взрыве в атмосфере крупного болида, содержащего платиноиды. Мы предлагаем новую (земную) гипотезу образования этих аномалий, предполагая, что вынос Os и Ir происходил в период внедрения концентрически-зональных массивов в земную кору, связан с их декомпрессией и раскрытием ультраосновной системы. В это время был возможен вынос в земную атмосферу значительной массы тяжелых

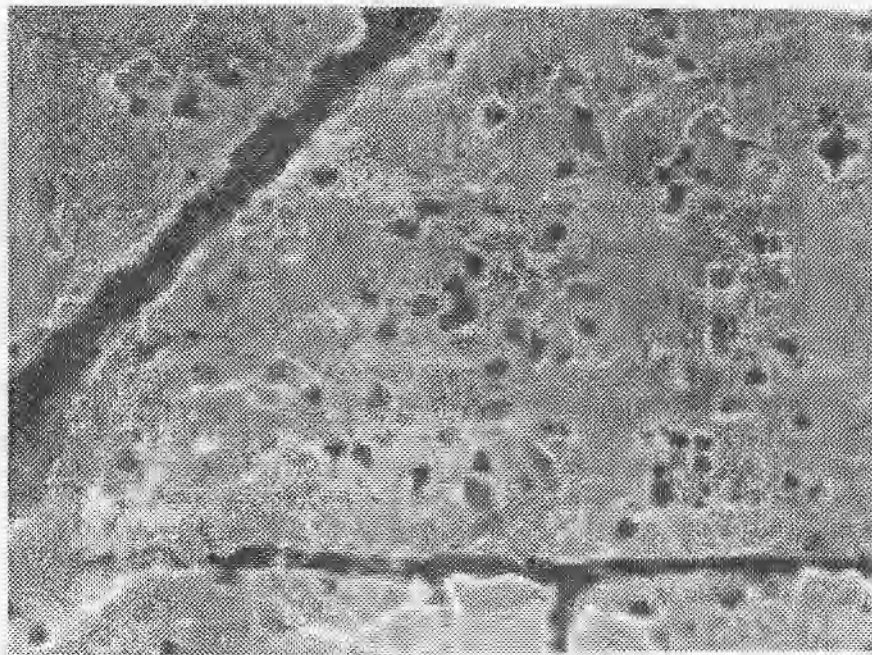


Рис. 16. Зерно губчатой Fe-платины, россыпь р.Кожим; ув.1200.

Fig.16. A porous Fe-platinum grain, (r.Kojim), x1200.

летучих платиноидов, а затем накопление их в морских осадках. Ясно, что образование платиновых поясов и отдельных массивов в земной коре проходило многократно, поэтому разнообразен и возраст аномалий в осадочных породах.

Нам представляется, что накопление осмия и иридия в осадочных породах, в Fe-Mn-конкрециях дна Мирового океана и других образованиях более логично объяснять земными процессами, не привлекая для этого гигантские космические самородки ЭПГ.

В последнее время появились данные о суммарной добыче платины на Урале за всю историю разработок платиноносных массивов и россыпей вокруг них, достигающей 410 т (Лазаренков и др., 1994), а время внедрения Нижнетагильского массива определено свинцовым методом в 375 млн.лет. Первичные соотношения растворенных в платине Os и Ir можно оценить как 89:3:8. Таким образом, "улетучившихся" в процессе декомпрессии уральских концентрически-зональных массивов осмия и иридия вполне могло хватить на все аномалии платиноидов в осадочных породах Земли.

Заключение

Особенности состава и характер сростаний зерен МПГ позволяют сделать вывод о наличии двух минеральных их ассоциаций, генетически связанных с двумя различными формационными типами ультрабазитов: 1) зерна железо-платиновых сплавов и интерметаллидов ассоциируются с зернами осмий-иридиевых сплавов, и их происхождение, вероятно, связано с концентрически-зональными клинопироксенит-дунитовыми массивами уральско-алаянского типа или с щелочно-ультраосновными массивами типа Кондерского; 2) зерна рутениридосмина, ассоциирующегося с лауридом, скорее всего, попали в аллювиальные россыпи из альпинотипных ультрабазитов.

Суперпозиция двух разномационных минеральных ассоциаций МПГ в современном речном аллювии может быть обусловлена сложными процессами перемыва промежуточных коллекторов, таких, как древние аллювиальные и морские россыпи, ледниковые отложения и др. Если альпинотипные ультрабазиты известны на севере Урала и могут быть потенциальным источником зерен рутениридосмина и лаурида в аллювии (Строение..., 1990; Макеев, 1992), то концентрически-зональные массивы, генерирующие Fe-Pt-сплавы, в регионе до сих пор не обнаружены.

Многочисленные находки зерен изоферроплатины, Os-Ir-сплавов, рутениридосмина с низким содержанием Ru, наряду с характерным составом хромшпинелидов в шлихах, говорят о возможном открытии на Приполярном Урале и Тимане концентрически-зональных ультрабазитовых массивов и о возможном продолжении на север платиноносного пояса Урала (Makeyev, 1994). Вероятно, это будут очень мелкие массивы. Скорее всего, часть из них уже полностью эродирована. Для выявления коренных источников платиноидов на севере Урала и Тимана необходимы всестороннее изучение состава шлиховой "платины" и обобщение всех имеющихся геолого-минералогических данных.

Мы полагаем, что в регионе имеются Pt-содержащие россыпи, из которых необходимо извлекать минералы платиновой группы как попутные компоненты. Необходимо вести целенаправленные поиски коренных источников элементов платиновой группы, в том числе в нетрадиционных для них районах - Тимане и Приполярном Урале.

Работа выполнена при поддержке государственной программы "ПЛАТИНА РОССИИ".

Литература

1. Аникина Е.В., Молошаг В.П., Алимов В.Ю. Минералы платиновых металлов в хромитах Войкаро-Сынинского и Райизского массивов (Полярный Урал) // Геология и генезис месторождений платиновых металлов.- М.: Наука, 1994.- С. 167-174.
2. Заварицкий А.Н. Перидотитовый массив Рай-Из на Полярном Урале. -М. -Л., 1932. -221 с.
3. Жерновский И.В. Кристалломорфология и внутреннее строение индивидов гексагональных Os-Ir-Ru твердых растворов из ультрамафитов: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. -Л.: ЛГИ, 1990. -22 с.
4. Лазаренков В.Г., Иванов О.К., Скоробогатов И.Н. Новая оценка перспектив промышленной платиноносности зональных ультрамафитовых массивов платиноносного пояса Урала // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов.- М.: АО "Геоинформмарк", 1994. -С.5-17.
5. Майорова Т.П., Повонская Н.В., Цыганков В.А. Платиноиды из золотоносных россыпей и их возможные коренные источники на севере Урала // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейского северо-востока России: Тез. Всерос. геол. конф. Т.2. -Сыктывкар, 1994. -С. 21-23.
7. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб: Наука, 1992. -197 с.
6. Макеев А.Б. О возможном продолжении Среднеуральского платиноносного пояса на Приполярном Урале // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейского северо-востока России: Тез. Всерос. геол. конф. Т. 2. - Сыктывкар, 1994. -С. 15-17.
8. Макеев А.Б. Формы нахождения платиноидов в альпинотипных ультрабазитах // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. -М.: Наука, 1994. -С.175-183.
9. Малич К.Н., Смольская Л.С. Платиноидные россыпи рек Гулэ и Ингарингда (север Восточной Сибири) // Благородные металлы и алмазы севера европейской части России....: Тез. регион. симпоз. -Петрозаводск, 1995. - С. 80.
10. Новая концепция расширения и комплексного освоения сырьевой базы платиновых металлов / Д.А.Додин, Н.М.Чернышев, О.А.Дюжиков и др. // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. -М.: АО "Геоинформмарк", 1994. -С.5-17.
11. Новый золото-палладиевый тип минерализации в Кожимском районе Приполярного Урала (Россия) / М.Б.Тарбаев, С.К.Кузнецов, Г.В.Моралев и др. // Геология рудных месторождений. -1996. -Т. 38, № 1. -С. 15-30.
12. Состав и свойства платиноидов системы Pt-Ru-Os-Ir из

аллювиальных отложений Урала / А.Б.Макеев, А.А.Котов, В.Д.Бегизов и др. // Минералогическая кристаллография и свойства минералов. - Сыктывкар, 1984. -С. 95-103.

13. Сравнительный петрографо-минералогический анализ платиноносных массивов юго-востока Алданского щита, острова Феклистова и Сихотэ-Алиня / И.Я.Некрасов, С.А.Щека, А.М.Ленников и др. // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. -М.: АО "Геоинформмарк", 1994. -С. 165-174.

14. Строение, эволюция и минерогения гипербазитового массива Рай-Из. -Свердловск: УрО АН СССР, 1990. -228 с.

15. Россыпная платиноносность Центрально-Алданской металлогенической области / Л.В.Разин, В.С.Васюков, В.Д.Избеков, Е.П.Миронов // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. -М.: АО "Геоинформмарк", 1994. -С. 159-165.

16. Makeyev A.B. Platinum metals in alluvium of the North-East of the European part of Russia // VII International Platinum Symposium. Abstracts. - Moscow, 1994. -P. 69-70.

17. VII International platinum symposium. Abstracts.- Moscow, 1994. - 128 p.

18. Ford R.I. Platinum-group minerals in Tasmania // Econ. Geol.-1981. - Vol. 76, №. 2. -P. 498-506.

19. Harris D.C., Cabri L.I. The nomenclature of the natural alloys of osmium, iridium and ruthenium based on new compositional data of alloys from world-wide occurrences // Canad.Miner. -1973. -Vol. 12, №. 2. -P.104-112.

Содержание

Введение	3
Раздел I. Краткий очерк истории изученности	4
Раздел II. Типоморфизм состава и свойств платиноидов из аллювия севера Урала и Тимана	7
Раздел III. Топоминералогия платиноидов в современном аллювии севера Урала и Тимана	19
Полярный Урал	19
Приполярный Урал	22
Северный Урал	26
Средний Тиман	28
Раздел IV. Типизация и формационный анализ платиноидов в аллювии, предполагаемые коренные источники	33
Заключение	40
Литература	41

Лицензия КР №0021

Тираж 200

Заказ 106

Геопринт

Издательско-полиграфический отдел
Институт геологии Коми научного центра УрО РАН
167610, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 54

Таблица 2

Химический состав и расчетные коэффициенты Fe-Pt сплавов реки Кожим (Приполярный Урал)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %								Атомные доли, %			
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Ir	Pt	Fe
Железистая платина																					
0.62	1.94	90.15	1.50	0.10	1.55	5.43	0.12	0.63	102.04	0.53	1.64	75.17	2.37	0.16	2.37	15.81	0.33	1.61	2.33	79.91	17.76
1.13	0.81	90.34	2.36	0.31	0.88	5.55	0.28	0.50	102.16	0.96	0.68	74.75	3.70	0.50	1.34	16.04	0.77	1.27	2.13	79.79	18.08
0.65	0	89.59	3.31	0.86	1.33	5.95	0.22	0.53	102.44	0.54	0	72.38	5.07	1.34	1.97	16.79	0.59	1.31	1.88	79.42	18.70
0.66	1.17	89.13	2.47	0.51	1.25	5.99	0.11	0.58	101.87	0.56	0.97	73.04	3.84	0.81	1.88	17.15	0.30	1.46	2.34	78.76	18.91
0.51	0.04	89.73	2.59	0.35	2.32	6.38	0.14	0.72	102.78	0.42	0.03	71.73	3.93	0.54	3.40	17.81	0.37	1.77	0.99	79.06	19.95
0.78	0.31	86.71	2.70	0.31	2.18	6.33	0.12	0.58	100.02	0.66	0.26	71.17	4.20	0.49	3.28	18.15	0.33	1.46	1.41	78.66	19.94
0.61	0.37	87.92	2.80	0.64	1.08	6.12	0.13	0.53	100.20	0.52	0.31	72.73	4.39	1.02	1.64	17.68	0.36	1.35	1.85	78.76	19.39
0.85	0.65	87.64	1.41	0.58	2.58	6.33	0.15	0.56	100.75	0.71	0.54	71.82	2.19	0.92	3.88	18.12	0.41	1.41	2.17	77.89	19.94
0.79	0.97	92.62	0	0	0.11	5.62	0.09	0.94	101.22	0.69	0.84	78.87	0	0	0.17	16.72	0.26	2.46	1.53	79.04	19.43
2.33	4.47	87.11	0.35	0.14	0.47	5.43	0.06	1.06	101.42	2.02	3.84	73.66	0.56	0.23	0.73	16.04	0.17	2.75	6.09	74.95	18.96
2.84	4.26	86.58	0.50	0.38	0.50	5.36	0.11	1.14	101.67	2.45	3.63	72.76	0.80	0.62	0.77	15.73	0.31	2.94	6.70	74.32	18.98
Изоферроплатина																					
0.54	0.38	89.03	3.00	0.35	1.08	6.53	0.29	0.63	101.83	0.45	0.31	71.79	4.59	0.55	1.60	18.39	0.78	1.56	1.30	77.97	20.73
0.27	0	88.08	2.81	0.39	0.99	6.55	0.33	0.55	99.97	0.23	0	72.25	4.37	0.62	1.49	18.77	0.90	1.38	0.85	78.10	21.05
0.22	0.06	88.43	2.81	0.33	1.40	7.04	0.28	0.35	100.92	0.18	0.05	71.40	4.30	0.51	2.07	19.86	0.75	0.87	0.75	77.78	21.48
0.54	0.05	87.07	2.94	0.24	1.55	7.03	0.28	0.34	100.04	0.45	0.04	70.74	4.53	0.38	2.31	19.95	0.76	0.85	0.87	77.58	21.55
0.63	1.98	87.35	1.45	0.21	0.49	7.03	0.11	0.38	99.63	0.54	1.67	72.70	2.29	0.34	0.75	20.44	0.30	0.97	2.55	75.74	21.71
0.77	0.09	89.69	0.46	0	0.73	8.52	0.09	1.02	101.37	0.63	0.07	71.20	0.69	0	1.06	23.62	0.24	2.49	0.70	72.95	26.35
0.89	0	89.73	0.51	0.01	0.45	8.67	0	1.01	101.27	0.73	0	71.31	0.77	0.02	0.66	24.07	0	2.46	0.74	72.73	26.53
0.86	0.04	86.85	1.40	0	2.04	8.65	0.02	1.42	101.28	0.69	0.03	67.43	2.06	0	2.90	23.46	0.05	3.38	0.72	72.39	26.89
0.97	0.04	85.26	1.12	0.08	2.26	8.79	0	1.48	100.00	0.78	0.03	66.63	1.66	0.12	3.24	23.99	0	3.55	0.93	71.53	27.54
0.23	0.07	90.51	0.41	0	0.80	8.67	0	0.44	101.13	0.19	0.06	72.58	0.62	0	1.18	24.29	0	1.08	0.25	74.38	25.37
0.38	0.28	89.58	0	0	0.69	9.23	0.07	0.61	100.84	0.31	0.23	71.17	0	0	1.00	25.61	0.19	1.49	0.54	72.18	27.29
0.28	0.34	89.71	0	0.07	1.19	9.45	0.02	0.49	101.55	0.23	0.27	70.51	0	0.11	1.72	25.94	0.05	1.18	0.60	72.22	27.18
0.56	0.23	89.16	0.35	0.09	0.13	8.51	0.03	0.79	99.85	0.47	0.19	72.32	0.54	0.14	0.19	24.11	0.08	1.97	0.80	73.05	26.16
0.49	0.76	85.72	0.31	0	2.93	8.78	0.05	0.66	99.70	0.40	0.61	68.13	0.47	0	4.27	24.38	0.13	1.61	1.01	72.87	26.12
0.34	0.64	86.07	0.36	0	2.71	8.87	0.02	0.62	99.63	0.28	0.52	68.49	0.54	0	3.95	24.65	0.05	1.51	0.79	72.98	26.22

Окончание табл. 2

Химический состав и расчетные коэффициенты Fe-Pt сплавов реки Кожим (Приполярный Урал)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Ir	Pt	Fe	
Изоферроплатина																						
0.84	0.30	87.07	1.51	0	1.72	8.30	0	1.18	100.92	0.68	0.24	68.63	2.26	0	2.49	22.85	0	2.86	0.92	73.37	25.71	
0.28	0.29	88.07	0.12	0.02	1.31	9.04	0	0.23	99.36	0.23	0.24	71.25	0.18	0.03	1.94	25.55	0	0.57	0.50	73.38	26.12	
0.56	0.85	88.54	0.55	0.17	0.65	7.92	0.04	0.87	100.15	0.47	0.70	71.98	0.85	0.27	0.97	22.49	0.11	2.17	1.43	73.80	24.77	
0.55	0.26	88.94	1.55	0.51	1.00	7.59	0.08	0.67	101.15	0.45	0.21	71.52	2.36	0.79	1.47	21.32	0.21	1.65	1.46	75.36	23.19	
0.32	0.08	90.79	0.60	0.04	1.02	7.79	0.10	0.49	101.23	0.27	0.07	73.62	0.92	0.06	1.52	22.06	0.27	1.22	0.39	76.05	23.55	
0.85	0.12	87.46	0.14	0	1.83	8.62	0.07	0.75	99.70	0.70	0.10	70.13	0.21	0	2.69	24.14	0.19	1.85	0.80	73.03	26.17	
0.41	0.60	85.63	1.34	0	2.65	9.12	0	0.30	100.05	0.33	0.48	67.51	2.00	0	3.83	25.12	0	0.73	0.81	73.35	25.84	
0.53	1.24	88.50	0.48	0.06	0.53	9.03	0.15	0.58	101.65	0.43	1.00	70.17	0.72	0.09	0.77	25.01	0.40	1.41	1.52	71.66	26.82	
0.71	0.59	89.98	0.22	0	0.24	9.49	0.16	0.82	102.21	0.57	0.47	70.10	0.33	0	0.34	25.82	0.41	1.96	1.03	70.77	28.20	
0.37	0.52	87.58	0	0.01	0.41	9.55	0.85	1.05	100.34	0.30	0.41	68.07	0	0.02	0.58	25.93	2.20	2.51	0.72	68.65	30.63	
Иридистая изоферроплатина																						
0.57	4.74	84.46	1.36	0	1.01	6.91	0.06	0.98	100.09	0.48	3.95	69.44	2.12	0	1.52	19.84	0.16	2.47	4.44	73.08	22.48	
0.50	3.41	85.07	2.09	0.03	0.98	8.46	0.08	0.81	101.43	0.40	2.72	66.90	3.12	0.05	1.41	23.24	0.21	1.96	3.17	71.43	25.40	
0.96	4.20	87.96	0.34	0.08	0.19	8.44	0.04	0.65	102.97	0.78	3.38	69.83	0.51	0.12	0.28	23.40	0.11	1.58	4.29	70.62	25.09	
1.56	5.18	79.10	0.73	0.16	0.33	9.08	0.72	3.00	99.86	1.22	4.00	60.12	1.05	0.24	0.46	24.10	1.82	7.00	5.45	61.63	32.92	
0.91	9.91	80.92	0.19	0	0.04	9.08	0.27	0.68	102.00	0.74	7.92	63.69	0.28	0	0.06	24.96	0.71	1.64	8.65	64.03	27.31	
Иридистая Pt ₂ Fe																						
0.97	18.40	68.22	1.19	0.53	0.61	10.48	0.16	0.72	101.28	0.76	14.2	51.82	1.71	0.78	0.85	27.81	0.40	1.68	15.7	54.39	29.89	
0.71	16.85	70.37	1.10	0.24	0.66	10.77	0.25	0.74	101.69	0.55	12.9	53.04	1.57	0.35	0.91	28.35	0.63	1.71	13.8	55.52	30.69	
1.06	17.09	68.74	1.11	0.60	0.22	10.40	0.14	0.71	100.07	0.84	13.4	52.95	1.62	0.89	0.31	27.98	0.36	1.68	15.1	54.89	30.02	
0.70	12.71	73.11	1.13	0.03	0.26	10.90	0.18	0.50	99.52	0.55	9.95	56.41	1.65	0.05	0.37	29.37	0.46	1.18	10.6	58.43	31.02	
2.56	4.80	80.98	0.35	0.44	0.52	11.36	0.21	1.23	102.45	1.94	3.61	59.94	0.49	0.63	0.71	29.37	0.52	2.80	6.18	61.14	32.68	
0.90	3.71	81.69	0.41	0.06	0.32	11.35	0.15	1.28	99.87	0.70	2.85	61.92	0.59	0.09	0.44	30.05	0.38	2.98	3.64	62.95	33.41	
0.81	2.32	81.35	0.32	0.12	0.39	13.51	0.58	1.26	100.66	0.60	1.69	58.49	0.44	0.17	0.51	33.93	1.39	2.78	2.46	59.44	38.10	

Таблица 3

Химический состав и расчетные коэффициенты Ru-Os-Ir-сплавов реки Кожим (Полярный Урал)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Os	Ir	Ru	
Рутениридоосмины																						
46.63	43.76	0.86	0.15	7.45	0.46	0.58	0.09	0.46	100.44	42.57	39.53	0.77	0.25	12.80	0.75	1.80	0.27	1.26	44.86	41.66	13.49	
46.05	44.64	1.05	0.24	7.09	0.38	0.54	0.07	0.48	100.54	42.16	40.45	0.94	0.41	12.22	0.62	1.68	0.21	1.32	44.46	42.65	12.88	
44.27	24.23	1.32	0.67	29.01	1.29	0.01	0.03	0.30	101.13	34.40	18.63	1.00	0.96	42.42	1.79	0.03	0.08	0.70	36.04	19.52	44.44	
43.52	24.14	1.19	0.51	29.45	1.29	0	0.04	0.36	100.50	33.88	18.60	0.90	0.73	43.15	1.80	0	0.10	0.84	35.43	19.45	45.12	
38.17	37.85	2.67	1.39	18.11	1.13	0.31	0.11	0.55	100.29	31.82	31.22	2.17	2.14	28.41	1.68	0.88	0.30	1.37	34.79	34.14	31.07	
38.58	37.82	3.24	1.28	18.42	1.15	0.30	0.14	0.41	101.34	31.90	30.94	2.61	1.96	28.66	1.70	0.85	0.38	1.02	34.86	33.82	31.32	
36.87	36.12	5.28	1.18	19.40	1.04	0.21	0.12	0.46	100.68	30.52	29.59	4.26	1.81	30.22	1.54	0.59	0.32	1.14	33.79	32.76	33.46	
37.12	35.88	5.39	1.18	19.30	0.87	0.18	0.08	0.51	100.51	30.85	29.51	4.37	1.81	30.18	1.29	0.51	0.22	1.27	34.07	32.59	33.34	
Иридоосмины																						
92.79	2.86	1.95	0.98	3.38	0.55	0.03	0.05	0.13	102.72	86.45	2.64	1.77	1.69	5.93	0.92	0.10	0.15	0.36	90.99	2.78	6.24	
82.30	14.23	0.82	0.30	1.69	0.23	0.39	0.83	0.45	101.24	77.14	13.20	0.75	0.52	2.98	0.39	1.25	2.52	1.26	82.66	14.14	3.20	
75.34	21.34	0.67	0.16	1.98	0.08	0.04	0.04	0.23	99.98	73.70	20.66	0.64	0.29	3.65	0.14	0.13	0.13	0.67	75.20	21.08	3.72	
54.33	40.68	0.55	0.12	3.30	0.11	0.60	0.09	0.54	100.32	51.40	38.08	0.51	0.21	5.88	0.19	1.93	0.28	1.53	53.90	39.94	6.16	
54.83	40.37	0.65	0.03	3.66	0.08	0.50	0.08	0.53	100.73	51.70	37.67	0.60	0.05	6.50	0.14	1.61	0.24	1.50	53.93	39.29	6.78	
55.90	42.24	0.53	0.04	0.17	0.11	0.27	0.03	0.74	100.03	54.78	40.97	0.51	0.07	0.31	0.19	0.90	0.10	2.17	57.03	42.64	0.33	
Осмириды																						
24.68	69.83	2.86	0.42	1.16	0	0.38	0.11	1.05	100.49	23.66	66.24	2.67	0.74	2.09	0	1.24	0.34	3.01	25.75	72.01	2.28	
21.93	73.46	3.32	0.24	1.19	0.16	0.49	0.13	0.87	101.79	20.78	68.89	3.07	0.42	2.12	0.27	1.58	0.40	2.47	22.64	75.05	2.31	
13.31	63.30	20.42	0.76	0.88	0.18	2.42	0.05	0.76	102.08	12.11	56.99	18.11	1.28	1.51	0.29	7.50	0.15	2.07	17.15	80.72	2.13	

Таблица 4

Химический состав и расчетные коэффициенты платиноидов реки Косью (Средний Урал)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu		Ir	Pt	Fe
Изоферроплатина																						
0.44	0	87.86	0.84	0.08	0.35	8.36	0.09	0.73	98.70	0.37	0	71.76	1.30	0.13	0.52	23.85	0.24	1.83	0.50	73.58	25.92	
0.33	2.09	85.96	1.65	0.02	0.79	7.15	0.06	0.53	98.50	0.28	1.77	71.73	2.61	0.03	1.21	20.84	0.17	1.36	2.09	75.55	22.37	
0.39	1.96	86.60	1.59	0.06	0.78	6.93	0.07	0.51	98.80	0.34	1.66	72.44	2.52	0.10	1.20	20.25	0.20	1.31	2.10	76.15	21.76	
0.48	1.89	82.97	0.61	0	0.30	7.64	0.04	0.98	94.90	0.42	1.64	70.97	0.99	0	0.47	22.83	0.11	2.57	2.06	72.43	25.51	
0.41	1.95	86.91	0.39	0	0.32	8.12	0.03	0.37	98.44	0.35	1.65	72.28	0.62	0	0.49	23.59	0.08	0.95	2.00	73.39	24.63	
Иридистая изоферроплатина																						
0.53	2.78	84.78	0.47	0	0.40	7.34	0.06	0.85	97.20	0.46	2.39	71.72	0.75	0	0.62	21.69	0.17	2.21	2.85	73.09	24.06	
0.40	3.07	84.90	0.91	0	0.53	7.56	0	0.67	98.01	0.34	2.61	70.99	1.44	0	0.81	22.08	0	1.72	2.95	73.25	23.80	
0.37	4.09	83.03	0.82	0	0.43	7.98	0.03	0.60	97.30	0.32	3.47	69.35	1.30	0	0.66	23.28	0.08	1.54	3.79	71.31	24.91	
1.00	13.78	72.98	1.14	0.14	0.48	7.04	0.01	0.57	97.10	0.87	11.89	62.02	1.84	0.23	0.75	20.90	0.03	1.49	12.99	64.60	22.41	
0.74	5.98	81.49	0.63	0	0.32	7.15	0.02	0.51	96.80	0.65	5.20	69.82	1.02	0	0.50	21.40	0.06	1.34	5.85	71.35	22.81	
Иридосмины (включения в изоферроплатине)																				Os	Ir	Ru
70.81	25.97	1.67	0.56	0.77	0.18	0.03	0.01	0.20	100.2	70.05	25.24	1.61	1.02	1.46	0.31	0.11	0.02	0.15	72.29	26.05	1.51	
72.37	22.84	2.31	0.65	1.54	0.21	0.07	0.02	0.33	100.3	70.95	22.16	2.21	1.18	2.84	0.36	0.23	0.03	0.51	73.94	23.09	2.97	

Таблица 5

Химический состав и расчетные коэффициенты Fe-Pt-сплавов руч. Кыввож (Средний Тиман)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu		Ir	Pt	Fe
Железистая платина																						
3.69	2.11	82.45	2.05	3.01	1.28	4.06	0.22	0.50	99.37	3.24	1.83	80.44	3.33	4.97	2.11	12.13	0.63	1.31	5.07	80.86	14.07	
0.63	0.49	88.15	1.05	0	0.94	6.01	0.12	0.75	98.14	0.58	0.44	78.69	1.78	0	1.54	14.57	0.36	2.05	1.12	81.90	16.98	
0.67	0.93	88.01	1.11	0.05	0.74	6.13	0.05	0.81	98.49	0.61	0.84	78.23	1.87	0.09	1.21	14.79	0.15	2.21	1.45	81.40	17.15	
0.65	0.77	89.42	0.92	0.18	0.91	6.91	0.14	0.68	99.68	0.58	0.67	77.12	1.50	0.30	1.44	16.18	0.40	1.80	1.25	80.37	18.38	
1.17	1.23	89.02	0.63	0	0.64	6.95	0.01	1.20	100.85	1.03	1.07	76.46	1.03	0	1.01	16.21	0.03	3.16	2.10	78.50	19.40	
1.18	0.50	87.55	1.50	0.18	0.69	5.56	0.02	1.24	98.42	1.03	0.43	74.82	2.43	0.30	1.08	16.60	0.06	3.25	1.76	78.33	19.91	
1.18	0.84	91.20	1.42	0.08	0.64	5.65	0.03	0.76	101.80	1.01	0.71	76.35	2.25	0.13	0.98	16.52	0.08	1.95	1.86	79.59	18.56	
4.44	18.36	69.38	0.85	0.37	0.65	6.19	0.04	0.60	100.88	3.80	15.6	57.97	1.35	0.60	1.00	18.07	0.11	1.54	19.4	60.88	19.72	
Изоферроплатина																						
0.78	0	88.83	0.42	0	2.18	5.90	0.14	1.27	99.52	0.67	0	74.40	0.67	0	3.35	17.26	0.39	3.27	0.67	78.41	20.92	
1.09	1.26	87.05	1.19	0.07	0.98	5.91	0.05	1.47	99.07	0.94	1.08	73.18	1.90	0.11	1.51	17.35	0.14	3.79	2.13	76.58	21.29	
0.91	1.96	88.50	1.20	0.05	1.02	6.16	0.01	0.98	100.79	0.78	1.66	73.61	1.89	0.08	1.56	17.90	0.03	2.50	2.51	77.06	20.43	
0.57	1.30	87.45	1.12	0	0.67	7.71	0.09	0.98	99.89	0.50	1.13	74.78	1.82	0	1.05	17.90	0.26	2.57	1.63	77.64	20.73	
0.92	1.23	84.66	2.08	0	0.35	7.88	0.07	1.10	98.29	0.81	1.07	72.71	3.39	0	0.55	18.37	0.20	2.90	1.88	76.65	21.47	
0.58	0.17	89.03	1.09	0	0.60	8.04	0	0.75	100.26	0.51	0.15	76.03	1.76	0	0.94	18.64	0	1.97	0.66	78.75	20.61	
0.67	0.83	88.46	0.91	0.05	0.05	8.22	0.06	1.12	100.37	0.58	0.71	75.06	1.46	0.08	0.08	18.94	0.17	2.92	1.39	77.70	20.91	
0.48	0.77	87.17	1.12	0	0.39	8.06	0.07	0.78	98.84	0.42	0.67	75.28	1.83	0	0.62	18.90	0.20	2.07	1.09	77.74	21.17	
0.89	0.16	87.12	0.67	0	2.49	8.45	0.10	1.08	100.96	0.76	0.13	72.23	1.05	0	3.78	19.02	0.28	2.75	0.89	77.06	22.05	
0.25	0.24	89.09	0.70	0.03	0.60	8.77	0.03	0.07	99.78	0.22	0.21	76.67	1.14	0.05	0.95	20.49	0.09	0.18	0.43	78.81	20.76	
0.55	0	86.59	0.76	0	2.81	8.85	0.05	0.37	99.98	0.47	0	72.72	1.21	0	4.33	20.18	0.14	0.95	0.47	78.26	21.27	
0.15	1.14	86.18	2.36	0.08	0.58	8.88	0.02	0.38	99.77	0.13	0.98	72.71	3.78	0.13	0.90	20.34	0.06	0.98	1.11	77.51	21.38	
0.20	0.70	86.52	1.48	0	0.72	8.94	0.02	0.41	98.99	0.18	0.61	73.85	2.39	0	1.12	20.72	0.06	1.07	0.79	77.36	21.85	
0.30	0.35	86.33	1.78	0.11	0.42	9.04	0.06	0.24	98.63	0.26	0.30	73.89	2.89	0.18	0.66	21.01	0.17	0.63	0.56	77.63	21.81	
0.60	0.86	86.29	1.37	0.02	0.47	9.03	0.11	0.71	99.46	0.52	0.74	72.92	2.20	0.03	0.73	20.72	0.31	1.84	1.36	75.77	22.87	
0.46	2.10	86.17	0.65	0.03	0.14	8.39	0.05	0.61	98.60	0.41	1.85	74.84	1.07	0.05	0.22	19.78	0.14	1.63	2.26	76.19	21.55	
0.18	0.54	86.54	0.64	0.01	2.27	9.12	0.11	0.22	99.63	0.16	0.46	73.05	1.02	0.02	3.51	20.90	0.31	0.57	0.62	77.60	21.78	

Продолжение табл. 5

Химический состав и расчетные коэффициенты Fe-Pt-сплавов руч.Кыввож (Средний Тиман)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Ir	Pt	Fe	
Изоферроплатина																						
0.43	1.57	86.26	0.74	0	0.51	9.03	0.06	0.24	98.84	0.38	1.37	74.31	1.21	0	0.80	21.12	0.17	0.64	1.75	76.32	21.93	
0.33	0.59	86.93	1.06	0	0.70	9.19	0.05	0.59	99.44	0.29	0.51	73.61	1.70	0	1.09	21.13	0.14	1.53	0.80	76.40	22.80	
0.16	0.39	88.39	0.30	0	0.11	9.35	0.16	0.28	99.14	0.14	0.34	75.87	0.49	0	0.17	21.79	0.46	0.74	0.48	76.53	22.99	
0.74	1.98	84.71	1.10	0	0.38	10.08	0.17	0.83	99.99	0.63	1.66	70.16	1.73	0	0.58	22.67	0.47	2.11	2.29	72.46	25.25	
0.51	1.54	87.37	0.40	0	0.80	10.03	0.05	0.40	101.11	0.44	1.30	72.62	0.63	0	1.22	22.64	0.14	1.02	1.74	74.46	23.80	
0.61	0.03	83.59	0.48	0	1.60	10.48	0.53	0.76	98.08	0.52	0.02	69.29	0.75	0	2.43	23.59	1.46	1.93	0.54	72.48	26.98	
0.91	0.73	82.86	0.71	0.03	0.47	11.96	0.16	0.90	98.73	0.76	0.60	67.60	1.10	0.05	0.70	26.49	0.43	2.25	1.36	69.47	29.17	
0.64	0.78	84.74	0.62	0	0.12	11.95	0.26	0.95	100.06	0.53	0.64	68.44	0.95	0	0.18	26.21	0.70	2.36	1.17	69.56	29.27	
0.61	1.03	83.94	0.77	0.05	0.37	12.74	0.27	0.79	100.57	0.50	0.83	66.75	1.16	0.08	0.54	27.51	0.71	1.93	1.33	68.52	30.15	
0.67	0.24	86.19	0.23	0.12	1.77	7.42	0.01	1.14	97.79	0.57	0.20	71.54	0.36	0.19	2.69	21.51	0.03	2.90	0.97	74.59	24.44	
0.70	0.39	86.89	0.40	0	2.01	8.28	0.04	0.91	99.62	0.58	0.32	69.91	0.61	0	2.97	23.27	0.11	2.25	0.90	73.48	25.62	
0.55	1.38	88.30	0.72	0	0.31	7.67	0.15	0.94	100.02	0.46	1.15	72.16	1.12	0	0.46	21.89	0.41	2.36	1.61	73.74	24.66	
0.64	1.24	88.46	0.50	0	0.53	7.88	0.03	0.92	100.20	0.54	1.03	72.07	0.77	0	0.79	22.42	0.08	2.30	1.56	73.63	24.81	
0.59	0	87.83	0.33	0	1.01	7.56	0.01	1.02	98.35	0.50	0	72.90	0.52	0	1.54	21.92	0.03	2.60	0.50	74.95	24.54	
0.59	0.18	90.79	0.08	0.13	1.25	7.39	0.07	0.95	101.35	0.49	0.15	73.67	0.12	0.20	1.86	20.95	0.19	2.37	0.84	75.66	23.50	
1.17	0.20	87.20	0.82	0	0.96	7.08	0.03	1.64	99.10	0.99	0.17	71.60	1.26	0	1.45	20.31	0.08	4.13	1.15	74.33	24.52	
0.93	0.79	88.13	0.54	0	0.73	7.34	0	1.70	100.16	0.78	0.65	71.59	0.83	0	1.09	20.83	0	4.24	1.43	73.51	25.07	
0.65	1.26	87.34	0.84	0	0.79	7.80	0.02	1.12	99.82	0.54	1.04	70.96	1.29	0	1.18	22.14	0.05	2.79	1.58	73.44	24.98	
1.06	1.31	87.58	0.38	0	0.20	6.95	0.05	2.32	99.85	0.89	1.08	71.41	0.59	0	0.30	19.79	0.14	5.81	1.97	72.29	25.74	
Иридистая Pt ₂ Fe																						
0.62	4.80	77.29	1.19	0.03	0.46	13.29	0.21	0.62	98.51	0.51	3.91	62.01	1.81	0.05	0.68	28.95	0.56	1.53	4.42	64.54	31.04	
0.65	8.36	76.21	1.42	0	0.82	10.98	0.19	1.09	99.72	0.51	6.43	57.78	2.04	0	1.14	29.08	0.48	2.54	6.94	60.97	32.10	
1.72	13.22	69.25	1.94	0.80	0.75	10.72	0.23	0.96	100.03	1.34	10.1	52.39	2.78	1.17	1.04	28.33	0.58	2.23	12.7	56.21	31.13	
0.83	2.46	83.36	0.24	0.05	0.47	12.00	0.18	1.53	101.12	0.63	1.85	61.60	0.34	0.07	0.64	30.97	0.44	3.47	2.55	62.57	34.88	
0.72	2.44	83.56	0.40	0	0.61	12.29	0.24	1.36	101.62	0.54	1.81	61.19	0.55	0	0.82	31.44	0.58	3.06	2.36	62.57	35.08	

Окончание табл. 5

Химический состав и расчетные коэффициенты Fe-Pt-сплавов руч.Кыввож (Средний Тиман)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %								Атомные доли, %			
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Ir	Pt	Fe
Иридийная изоферроплатина																					
0.51	3.95	85.58	0.25	0.08	0.51	8.56	0.07	0.69	100.20	0.45	3.42	72.98	0.40	0.13	0.80	19.82	0.20	1.81	3.87	74.30	21.83
0.59	5.02	83.23	1.42	0.12	0.59	9.17	0.12	0.60	100.86	0.50	4.24	69.32	2.24	0.19	0.90	20.74	0.33	1.53	4.74	72.66	22.60
0.82	3.53	84.49	1.41	0.03	1.18	7.73	0.06	1.18	100.43	0.71	3.02	71.23	2.25	0.05	1.82	17.69	0.17	3.05	3.73	75.36	20.91
0.69	5.22	82.94	0.88	0	0.54	7.80	0.07	0.80	98.94	0.61	4.59	71.83	1.44	0	0.86	18.34	0.20	2.13	5.20	74.78	20.02
0.66	4.14	85.15	0.89	0.10	0.33	7.90	0.03	0.56	99.76	0.59	3.63	73.54	1.46	0.17	0.52	18.53	0.09	1.48	4.22	75.68	20.10
0.48	5.66	85.07	0.64	0	0.28	7.95	0.04	0.66	100.78	0.42	4.92	72.85	1.04	0	0.44	18.48	0.11	1.73	5.34	74.34	20.32
0.33	2.22	82.71	1.20	0	0.63	10.43	0.19	0.73	98.44	0.28	1.88	68.97	1.90	0	0.96	23.61	0.53	1.87	2.16	70.20	27.64
0.46	2.20	83.83	1.17	0.06	0.94	10.32	0.16	0.71	99.87	0.39	1.84	69.10	1.83	0.10	1.42	23.10	0.44	1.80	2.23	72.43	25.34
0.34	4.32	81.69	1.05	0.12	0.31	10.91	0.21	0.29	99.24	0.29	3.64	67.84	1.65	0.19	0.47	24.60	0.58	0.74	3.93	70.15	25.92
0.40	5.73	79.25	1.09	0.07	0.29	11.31	0.35	0.42	98.91	0.34	4.79	65.30	1.70	0.11	0.44	25.30	0.96	1.06	5.13	67.55	27.32
0.56	3.90	80.90	0.93	0.25	0.26	12.30	0.39	0.60	100.09	0.46	3.17	64.88	1.41	0.39	0.38	26.78	1.04	1.48	3.63	67.07	29.30
0.78	2.39	88.10	0.43	0	0.76	7.99	0.07	1.42	100.94	0.64	1.94	69.66	0.65	0	1.11	22.32	0.19	3.49	2.58	71.43	25.99
0.65	2.59	87.16	0.30	0	1.04	7.67	0.06	1.10	100.57	0.54	2.13	70.69	0.46	0	1.55	21.73	0.16	2.74	2.67	72.70	24.63
0.67	4.73	83.46	0.75	0.18	0.64	7.71	0.04	0.63	98.81	0.57	3.97	69.04	1.18	0.29	0.97	22.28	0.11	1.60	4.83	71.19	23.99
0.45	4.76	85.39	0.47	0	0.41	7.69	0.05	0.83	100.05	0.38	3.96	70.05	0.73	0	0.62	22.03	0.14	2.09	4.34	71.40	24.26
0.42	10.61	72.80	0.83	0.02	2.38	10.94	1.43	0.66	100.09	0.34	8.52	57.57	1.24	0.03	3.45	23.49	3.76	1.60	8.86	70.29	28.25

Таблица 6

Химический состав и расчетные коэффициенты Ru-Os-Ir-сплавов руч.Кыввож (Средний Тиман)

Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu		Os	Ir	Ru
Рутениридосмины																						
42.75	31.12	6.67	0.96	17.44	0.82	0.11	0	0.34	100.21	36.38	26.21	5.54	1.51	27.93	1.25	0.32	0	0.87	40.19	28.95	30.86	
41.44	32.99	6.06	0.83	17.61	0.94	0.11	0.07	0.34	100.39	35.13	27.67	5.01	1.30	28.09	1.42	0.32	0.19	0.86	38.65	30.45	30.91	
39.01	31.30	4.08	1.02	23.44	1.15	0.30	0.10	0.43	100.83	31.30	24.85	3.19	1.51	35.39	1.65	0.82	0.26	1.03	34.19	27.15	38.66	
38.48	32.94	3.36	0.85	23.16	1.22	0.29	0.04	0.40	100.74	31.03	26.29	2.64	1.27	35.15	1.76	0.80	0.11	0.97	33.56	28.43	38.01	
32.74	31.14	6.34	1.80	25.58	1.72	0.62	0.09	0.62	100.66	25.47	23.97	4.81	2.59	37.45	2.39	1.64	0.23	1.44	29.31	27.59	43.10	
33.29	31.73	4.75	1.72	26.92	1.37	0.42	0.07	0.40	100.67	25.91	24.44	3.61	2.48	39.44	1.91	1.11	0.18	0.93	28.86	27.22	43.92	
46.45	41.11	0.70	0.33	10.22	0.59	0.57	0.18	0.57	100.72	41.13	36.02	0.60	0.54	17.03	0.93	1.72	0.52	1.51	43.67	38.25	18.08	
43.88	39.80	0.41	0.36	12.32	0.65	0.59	0.15	0.55	99.71	38.89	34.91	0.35	0.59	20.55	1.03	1.78	0.43	1.46	41.22	37.00	21.78	
37.59	34.59	2.36	0.83	22.68	1.28	0.27	0.11	0.42	100.13	30.52	27.79	1.87	1.25	34.66	1.86	0.75	0.29	1.02	32.83	29.90	37.28	
47.69	37.40	1.81	0.65	12.10	0.66	0.54	0.15	0.50	101.52	41.31	32.06	1.53	1.04	19.73	1.02	1.59	0.42	1.30	44.37	34.44	21.19	
46.78	36.69	2.04	0.62	12.93	0.76	0.48	0.12	0.57	100.99	40.45	31.40	1.72	0.99	21.04	1.18	1.41	0.34	1.48	43.55	33.80	22.65	
34.32	28.30	6.46	1.42	28.20	1.42	0.22	0.05	0.49	100.88	26.56	21.67	4.87	2.03	41.06	1.96	0.58	0.13	1.14	29.74	24.27	45.99	
34.47	27.74	6.26	1.62	28.36	1.62	0.12	0	0.42	100.61	26.73	21.29	4.73	2.32	41.39	2.24	0.32	0	0.98	29.90	23.81	46.29	
Иридоосмины																						
54.41	40.86	0.88	0.21	3.81	0.26	0.17	0.10	0.69	101.39	51.00	37.90	0.80	0.36	6.72	0.44	0.54	0.30	1.94	53.34	39.64	7.03	
54.34	41.44	0.81	0.28	3.36	0.30	0.25	0	0.56	101.34	51.24	38.67	0.74	0.49	5.96	0.51	0.80	0	1.58	53.45	40.33	6.22	
Осмириды																						
15.36	70.82	10.26	3.01	1.04	0.84	0.30	0.03	0.66	102.32	14.28	65.16	9.30	5.17	1.82	1.40	0.95	0.09	1.84	17.57	80.19	2.24	
18.72	53.69	23.01	2.07	1.11	0.42	1.54	0.03	0.72	101.31	17.26	48.99	20.69	3.53	1.93	0.69	4.84	0.09	1.99	25.32	71.86	2.83	
36.16	61.91	1.25	0.14	0.68	0.11	0.24	0.05	0.86	101.40	34.79	58.95	1.17	0.25	1.23	0.19	0.79	0.16	2.48	36.63	62.07	1.30	
35.72	61.39	1.38	0.25	0.96	0.02	0.28	0.14	0.82	100.96	34.35	58.42	1.29	0.44	1.74	0.03	0.92	0.44	2.36	36.35	61.82	1.84	

Таблица 7

Химический состав и расчетные коэффициенты платиноидов Полярного Урала

№ анал	Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Os	Ir	Ru	
Рутениридоосмины																							
7-1	40.75	34.29	2.45	0.68	19.31	0.80	0.18	0.03	0.40	98.89	34.53	28.76	2.02	1.07	30.79	1.21	0.52	0.08	1.02	36.70	30.56	32.73	
7-2	39.20	33.34	3.07	0.92	19.87	0.95	0.25	0.04	0.42	98.06	33.16	27.91	2.53	1.44	31.63	1.44	0.72	0.11	1.06	35.77	30.11	34.12	
7-3	40.59	34.02	1.97	0.85	19.34	0.73	0.18	0.05	0.46	98.17	34.52	28.63	1.63	1.34	30.95	1.11	0.52	0.14	1.17	36.68	30.43	32.89	
7-4	39.79	33.96	3.36	0.75	19.30	0.86	0.21	0.07	0.43	98.73	33.68	28.45	2.77	1.17	30.74	1.30	0.61	0.19	1.09	36.27	30.63	33.10	
7-5	40.09	33.11	3.11	0.87	19.94	0.82	0.22	0.05	0.43	98.63	33.78	27.61	2.56	1.36	31.62	1.24	0.63	0.14	1.08	36.32	29.68	34.00	
7-6	39.24	33.33	3.00	0.91	20.25	0.90	0.20	0.05	0.44	98.34	33.06	27.79	2.46	1.42	32.10	1.36	0.57	0.14	1.11	35.57	29.89	34.54	
3-7	48.84	40.91	0	0.37	8.91	0.35	0.46	0.08	0.49	100.40	44.12	36.57	0	0.62	15.15	0.57	1.42	0.23	1.33	46.04	38.16	15.80	
3-8	46.39	39.89	0.03	0.18	11.81	0.49	0.40	0.07	0.47	99.72	41.30	35.14	0.03	0.30	19.79	0.78	1.21	0.20	1.25	42.92	36.52	20.56	
3-9	46.51	40.54	0.01	0.31	11.04	0.47	0.46	0.07	0.46	99.85	41.53	35.82	0.01	0.51	18.55	0.75	1.40	0.20	1.23	43.30	37.35	19.34	
2-1	29.42	25.31	7.36	1.27	33.39	1.28	0.14	0.07	0.29	98.54	22.51	19.17	5.49	1.80	48.08	1.75	0.37	0.17	0.66	25.08	21.35	53.57	
2-2	30.09	25.45	5.92	1.31	32.07	1.22	0.16	0.06	0.31	96.80	23.57	19.73	4.52	1.90	47.27	1.71	0.43	0.15	0.73	26.02	21.78	52.20	
2-3	30.22	25.77	4.22	1.24	34.17	1.27	0.15	0.09	0.30	97.43	23.17	19.56	3.16	1.76	49.31	1.74	0.39	0.22	0.69	25.18	21.25	53.57	
2-4	29.18	25.34	7.09	1.43	32.57	1.19	0.14	0.08	0.31	97.32	22.64	19.45	5.36	2.05	47.55	1.65	0.37	0.20	0.72	25.25	21.70	53.04	
1-5	38.29	33.39	2.77	0.95	21.13	1.00	0.07	0.02	0.36	97.97	32.25	27.83	2.28	1.48	33.49	1.51	0.20	0.06	0.91	34.47	29.74	35.79	
1-6	39.38	33.11	2.83	0.99	20.66	0.94	0.08	0.02	0.40	98.43	33.14	27.57	2.32	1.54	32.72	1.41	0.23	0.06	1.01	35.47	29.51	35.02	
1-7	37.96	33.14	2.87	0.96	21.12	0.90	0.10	0.03	0.37	97.46	32.11	27.74	2.37	1.50	33.62	1.36	0.29	0.08	0.94	34.35	29.68	35.97	
1-8	38.80	33.17	3.01	0.94	20.71	0.77	0.09	0.04	0.38	97.91	32.82	27.77	2.48	1.47	32.97	1.16	0.26	0.11	0.96	35.08	29.68	35.24	
75	37.02	36.65	1.90	1.05	21.22	1.34	0.44	0.16	0.41	100.19	30.18	29.57	1.51	1.58	32.56	1.95	1.22	0.42	1.00	32.70	32.03	35.27	
76	37.32	36.24	2.37	0.84	21.54	1.14	0.50	0.06	0.34	100.35	30.46	29.27	1.89	1.27	33.08	1.66	1.39	0.16	0.83	32.82	31.54	35.65	
83	30.45	30.08	2.71	1.45	34.67	1.59	0.27	0.11	0.56	101.89	22.29	21.79	1.94	1.96	47.77	2.08	0.67	0.26	1.23	24.27	23.73	52.00	
Иридоосмины																							
6-1	54.45	38.57	1.09	0.37	5.01	0.25	0.32	0.06	0.44	100.55	50.96	35.72	1.90	0.64	8.82	0.42	1.02	0.18	1.23	53.36	37.40	9.25	
6-2	57.41	37.85	1.23	0.38	3.81	0.14	0.27	0.03	0.43	101.56	53.91	35.17	1.13	0.66	6.73	0.24	0.86	0.09	1.21	56.26	36.71	7.03	
6-3	54.47	38.91	1.35	0.44	4.79	0.13	0.32	0.04	0.45	100.90	50.95	36.01	1.23	0.76	8.43	0.22	1.02	0.12	1.26	53.41	37.75	8.84	
6-4	54.14	39.24	1.12	0.26	4.99	0.30	0.32	0.05	0.44	100.86	50.58	36.28	1.02	0.45	8.77	0.50	1.02	0.15	1.23	52.89	37.94	9.17	

Окончание табл. 7

Химический состав и расчетные коэффициенты платиноидов Полярного Урала

№ анал	Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Os	Ir	Ru	
О с м и р и д ы																							
4-1	34.62	54.21	6.58	0.68	3.13	0.26	0.65	0.13	0.65	100.92	32.39	50.20	6.00	1.18	5.51	0.44	2.07	0.39	1.82	36.77	56.98	6.26	
4-2	33.14	54.25	6.88	0.70	3.46	0.29	0.73	0.14	0.64	100.21	31.06	50.31	6.29	1.21	6.10	0.49	2.33	0.43	1.80	35.51	57.52	6.98	
4-3	34.34	55.64	5.30	0.71	3.10	0.24	0.62	0.12	0.62	100.69	32.24	51.70	4.85	1.23	5.48	0.40	1.98	0.37	1.74	36.06	57.82	6.13	
4-4	33.35	54.71	7.04	0.50	3.37	0.24	0.83	0.15	0.67	100.86	31.06	50.43	6.39	0.86	5.91	0.40	2.63	0.45	1.87	35.54	57.70	6.76	
5-1	35.02	54.54	6.05	0.64	2.95	0.28	0.62	0.10	0.63	100.82	32.90	50.70	5.54	1.11	5.22	0.47	1.98	0.30	1.77	37.04	57.09	5.87	
5-2	35.42	53.82	4.98	0.69	3.50	0.34	0.71	0.13	0.61	100.19	33.21	49.93	4.55	1.20	6.18	0.57	2.27	0.40	1.71	37.18	55.91	6.91	
5-3	36.31	54.12	4.54	0.67	3.50	0.21	0.58	0.09	0.60	100.64	34.08	50.26	4.15	1.16	6.18	0.35	1.85	0.27	1.69	37.65	55.53	6.83	
5-4	34.87	53.38	5.90	0.71	3.43	0.32	0.72	0.13	0.62	100.09	32.74	49.59	5.40	1.23	6.06	0.54	2.30	0.40	1.74	37.04	56.11	6.86	
77	20.19	76.47	0.82	0.30	1.14	0.22	0.54	0.06	0.76	100.50	19.40	72.72	0.77	0.53	2.06	0.38	1.77	0.19	2.19	20.60	77.21	2.19	
78	26.98	70.40	0.80	0.26	1.18	0.16	0.52	0.15	0.70	101.15	25.75	66.50	0.74	0.46	2.12	0.27	1.69	0.46	2.00	27.29	70.47	2.25	
81	32.55	60.45	2.87	0.53	2.68	0.30	0.38	0.06	0.64	100.46	30.96	56.90	2.66	0.93	4.80	0.51	1.23	0.19	1.82	33.41	61.41	5.18	
82	34.07	59.69	2.42	0.55	2.31	0.26	0.35	0.01	0.68	100.34	32.58	56.48	2.26	0.97	4.16	0.44	1.14	0.03	1.95	34.95	60.59	4.46	

Примечание. Анализы МПГ №75-83 - Ru-Os-Ir-сплавов участка Естошор, остальные - рр. Лонгот-Юган и Елец.

Таблица 8

Химический состав и расчетные коэффициенты платиноидов западного склона Урала

№ обр.	Химический состав, вес. %										Атомные количества, %										Атомные доли, %		
	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Os	Ir	Ru	
Рутениридоосмины																							
2	37.44	34.42	2.10	1.48	23.41	0	0.22	0.03	0.29	99.39	30.68	27.91	1.68	2.24	36.09	0	0.61	0.08	0.71	32.40	29.5	38.1	
6	46.53	39.44	1.26	0.50	12.01	0.01	0.53	0.06	0.43	100.77	40.95	34.35	1.08	0.81	19.89	0.02	1.59	0.17	1.13	43.02	36.1	20.9	
15	46.72	42.86	0.73	0.89	8.00	0	0.30	0.03	0.41	99.94	42.91	38.95	0.65	1.51	13.83	0	0.94	0.09	1.13	44.84	40.7	14.4	
24	40.18	39.93	2.90	0.86	16.41	0	0.30	0.09	0.33	100.00	34.26	33.69	2.41	1.36	26.33	0	0.87	0.25	0.84	36.34	35.7	27.9	
26	34.18	31.92	4.58	1.54	26.51	0	0.40	0.05	0.30	99.48	27.26	25.19	3.56	2.27	39.79	0	1.09	0.13	0.72	29.55	27.3	43.1	
36	66.37	16.60	0.12	0.32	18.56	0.06	0	0.03	0.18	99.24	55.69	13.78	0.10	0.50	29.31	0.09	0	0.08	0.45	56.38	14.0	29.7	
38	44.67	22.88	0	0.43	32.04	0.03	0.01	0	0.19	100.25	34.61	17.54	0	0.62	46.72	0.04	0.03	0	0.44	35.01	17.7	47.3	
3.31	39.24	38.73	1.33	1.43	18.54	0	0.30	0	0.42	100.00	33.06	32.28	1.10	2.23	29.40	0	0.89	0	1.03	34.90	34.1	31.0	
3.32	44.91	34.83	1.53	1.22	16.70	0	0.42	0	0.10	100.00	38.34	29.41	1.27	1.93	26.83	0	0.89	0	1.04	40.54	31.1	28.4	
3.33	47.70	33.37	1.64	1.12	15.56	0	0.21	0	0.42	100.00	41.26	28.56	1.38	1.80	25.33	0	0.61	0	1.06	43.36	30.0	26.6	
3.8	49.73	42.17	1.03	0.17	6.60	0	0.53	0.13	0.40	100.00	45.78	38.41	0.93	0.28	11.43	0	1.66	0.40	1.10	47.88	40.2	11.9	
Os-Ru - сплавы																							
3.5	56.43	10.83	0.02	0.50	28.27	0	0	0	0.10	100.00	46.34	8.81	0.16	0.76	43.68	0	0	0	0.25	46.89	8.91	44.2	
3.7	6.16	10.37	0.07	1.40	78.40	0	0.10	0	0.10	100.00	3.67	6.13	0.04	1.55	88.21	0	0.20	0	0.18	3.75	6.25	90.0	
1	60.82	7.56	0	0.47	30.89	0.07	0.02	0.05	0.16	100.04	47.47	5.84	0	0.68	45.37	0.10	0.05	0.13	0.37	48.10	5.92	46.0	
42	47.05	4.57	0	0.58	47.64	0.10	0.01	0.03	0.09	100.07	32.93	3.17	0	0.75	62.75	0.13	0.02	0.07	0.19	33.32	3.20	63.5	
Иридоосмины																							
8	57.63	35.08	1.87	0.54	4.68	0	0.07	0.10	0.37	100.34	54.55	32.86	1.73	0.94	8.34	0	0.23	0.31	1.05	56.97	34.3	8.71	
12	58.95	36.29	1.62	0.50	2.93	0.12	0.04	0	0.35	99.78	56.53	34.44	1.51	0.89	5.29	0.21	0.13	0	1.00	58.73	35.8	5.49	
17	64.60	30.54	1.58	0.50	2.63	0.02	0.03	0.01	0.37	100.27	62.41	29.20	1.49	0.89	4.78	0.03	0.10	0.03	1.07	64.75	30.3	4.96	
18	58.36	33.11	1.81	0.89	5.41	0	0.07	0.04	0.35	100.04	54.99	30.87	1.66	1.55	9.59	0	0.22	0.12	0.99	57.61	32.3	10.0	
21	69.94	26.70	1.41	0.46	1.18	0.09	0.03	0.03	0.40	100.24	68.32	25.81	1.34	0.83	2.17	0.16	0.10	0.09	1.17	70.95	26.8	2.25	
25	71.09	26.44	0.88	0.27	1.14	0.07	0.04	0	0.25	100.18	69.86	25.71	0.84	0.49	2.11	0.12	0.13	0	0.74	71.52	26.3	2.16	
39.	55.16	40.29	1.32	0.25	2.80	0	0.06	0.01	0.38	100.27	53.33	38.55	1.24	0.45	5.10	0	0.20	0.03	1.10	55.00	39.8	5.25	
3.1	66.67	30.76	2.53	0.13	1.67	0.03	0.03	0	0.30	102.12	64.26	29.27	2.38	0.24	3.00	0.05	0.07	0	0.86	66.57	30.3	3.10	
3.2	56.26	39.37	1.13	0.37	3.33	0.07	0.30	0.03	0.43	101.29	53.27	36.97	1.04	0.58	5.94	0.05	0.07	0	1.22	55.38	38.4	6.18	
3.6	75.80	20.97	1.26	0.46	1.83	0	0	0	0.20	100.52	73.83	20.21	1.20	0.83	3.35	0	0	0	0.57	75.80	20.8	3.44	

Химический состав и расчетные коэффициенты платиноидов западного склона Урала

№ обр.	Химический состав, вес. %										Атомные количества, %									Атомные доли, %		
	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Sum	Os	Ir	Pt	Rh	Ru	Pd	Fe	Ni	Cu	Os	Ir	Ru
О с м и р и д ы																						
4	33.66	62.21	2.35	0.26	1.24	0.09	0.30	0.02	0.54	100.67	32.62	59.66	2.22	0.47	2.26	0.16	0.99	0.06	1.57	34.50	63.1	2.39
7	28.84	56.61	9.15	1.03	3.90	0.06	0.16	0.02	0.57	100.24	27.35	53.13	8.46	1.81	6.96	0.10	0.52	0.06	1.62	31.28	60.8	7.96
9	31.90	58.75	6.01	0.62	2.32	0	0.15	0.06	0.56	100.37	30.73	56.01	5.65	1.10	4.21	0	0.49	0.19	1.61	33.79	61.6	4.62
10	27.34	61.58	7.48	0.83	3.04	0	0.16	0.07	0.49	99.99	26.02	58.00	6.94	1.46	5.45	0	0.52	0.22	1.40	29.09	64.8	6.09
11	26.51	65.07	4.98	0.48	2.37	0.16	0.16	0	0.68	100.41	25.50	61.93	4.67	0.85	4.29	0.28	0.52	0	1.96	27.80	67.5	4.68
13	32.21	57.14	7.15	0.54	2.76	0.07	0.07	0.05	0.48	100.47	31.01	54.43	6.71	0.96	5.00	0.12	0.23	0.16	1.38	34.28	60.2	5.53
14	21.59	68.17	6.15	0.79	2.55	0.01	0.25	0	0.65	100.16	20.74	64.79	5.76	1.40	4.61	0.02	0.82	0	1.87	23.00	71.9	5.11
20	20.85	73.40	3.54	0.60	0.79	0.18	0.18	0.06	0.68	100.24	20.30	70.73	3.36	1.08	1.45	0.31	0.60	0.19	1.98	21.95	76.5	1.57
22	31.03	59.85	5.95	0.55	2.08	0.07	0.15	0	0.47	100.13	30.12	57.48	5.63	0.99	3.80	0.12	0.50	0	1.37	32.95	62.9	4.16
40	23.93	62.17	8.79	0.74	2.89	0.18	0.64	0.06	0.67	100.07	22.68	58.30	8.12	1.30	5.15	0.30	2.07	0.18	1.90	26.33	67.7	5.98
43	0.33	84.09	6.70	5.43	1.57	0.27	1.26	0	0.84	100.49	0.30	75.41	5.92	9.09	2.68	0.44	3.89	0	2.28	0.38	96.2	3.42
Железистая платина																				Ir	Pt	Fe
3.4	0.68	0.10	89.15	2.11	0	2.40	5.14	0	0.50	100.00	0.59	0.10	75.7	3.40	0	3.74	15.2	0	1.29	0.10	83.4	16.5
Изоферроплатина																						
3	0.74	0	90.58	0.01	0.05	0.31	7.59	0	0.84	100.12	0.63	0	74.8	0.02	0.08	0.47	21.9	0	2.13	0.71	75.3	24.0
30	0.26	0.11	86.62	0.12	0	3.89	8.59	0.05	0.34	99.98	0.21	0.09	69.0	0.18	0	5.68	23.9	0.13	0.83	0.30	74.8	24.9
31	0.66	0.33	85.83	0.15	0.02	3.70	8.48	0	0.38	99.55	0.54	0.26	68.8	0.23	0.03	5.44	23.7	0	0.94	0.84	74.5	24.7
71	0.43	0.77	86.98	1.73	0	0.83	8.14	0.02	0.46	99.26	0.36	0.64	70.8	2.67	0	1.24	23.1	0.05	1.15	1.00	74.7	24.3
72	0.52	1.42	88.26	1.44	0.04	1.19	7.94	0	0.51	101.32	0.43	1.16	70.9	2.19	0.06	1.75	22.3	0	1.26	1.65	74.8	23.5
Иридистая изоферроплатина																						
27	1.87	4.94	82.91	0.15	0.06	0.04	9.02	0.32	0.38	99.69	1.55	4.04	66.8	0.23	0.09	0.06	25.4	0.86	0.94	5.68	67.1	27.2
Иридистая Pt ₂ Fe																						
41	0.80	4.67	80.32	0.49	0.06	0	12.04	0.43	1.25	100.06	1.61	3.53	59.8	0.69	0.09	0	31.3	1.06	2.86	4.23	60.5	35.2

Примечание. Образцы 1-6 - р.Вэравож, 7-22 - р.Сывью, 24-27 - р.Кожим (ср.теч.), 30-31 - р.Перебор, 36 - р.Печора, 38-43 - р.Ильч, 71,72 - руч.Естошор. Анализы: 3.1-3.3 - р.Щугор, 3.4 - р.Б.Паток, 3.5-3.8 - р.Кожим (ср.теч.) взяты из работы Т.П.Майоровой и др. (1994).