

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

*Препринт № 6*

А.П. Кривенко, А.И. Глотов, Н.Д. Толстых

**СОСТАВ ПЛАТИНОВЫХ МИНЕРАЛОВ  
И ВОПРОСЫ ПЛАТИНОНОСНОСТИ  
АЛТАЕ-САЯНСКОЙ  
СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ**

НОВОСИБИРСК 1990

Кривенко А.П., Глотов А.И., Толстых Н.Д. Состав платиновых минералов и вопросы платиноносности Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, 1990. 27 с. (Препр. / ИГиГ СО АН СССР; №6).

Изучены состав и распространенность платиновых минералов в аллювиальных отложениях р.Ко в Восточном Саяне и рек Кельбес и Тисуль в Кузнецком Алатау. По данным многочисленных микросондовых анализов показана устойчивая ассоциация в аллювии твердых растворов Os - Ir - Ru с изоферроплатиной и, для бассейна р.Ко, с сульфидами Ru, Os, Rh и хромитом. На основании обзора по минералогии платиноидов Алтае-Саянской области и сопоставления полученного материала с парагенезисами платиновых минералов магматических ассоциаций делается вывод о россыпеобразующей роли хромитсодержащих гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации.

Работа представляет интерес для специалистов в области минералогии, петрологии и металлогении.

## ВВЕДЕНИЕ

Первые сведения о платиновых минералах Алтае-Саянской области появились почти одновременно с началом разработки золотосодержащих россыпей в конце 20-х - начале 30-х гг. прошлого века. Уже в 30-е гг. прошлого столетия в Горном журнале опубликованы сообщения Соколовского, П.Семенова и Е.Ковалевского о находках платины на Салаире и в бассейнах рек Кия, Кондома и Мрассу в Кузнецком Алатау. Обзор публикаций конца прошлого и начала нынешнего веков о находках платины и осмистого иридия в Сибири приведен в известной книге В.И.Вернадского (1955). Более полные сведения о платиновых минералах Сибири содержатся в работах Н.К.Высоцкого (1933) и И.А.Молчанова (1934). Среди платиновых минералов различались самородная платина и осмистый иридий, Os-Ir сплавы назывались иногда невянскимитом или сиерскитом.

На Салаире минералы платиноидов отмечены в бассейнах рек Суенга и Неня, а также в районе Салаирского завода. На Алтае богатые платиной и особенно осмистым иридием шлихи отмывались по притокам р.Устюбы. В Кузнецком Алатау находки платиновых минералов многочисленны. Платиноиды встречались при добыче золота по многим рекам и ручьям в бассейнах рек Тайдон, Нижняя и Средняя Терсь, Ус, Балыкса, Теби, Мрассу, Кондома, Лебедь, Яя, Кия, Кундат, Черный и Белый Июс, Сарала. В ряде случаев здесь были обнаружены самородки весом более 1г, а в р.Таланова (Семеновский прииск) найден самородок платины весом 12,6 г. Наиболее крупный самородок платины, около 200 г. весом, найден в р.Кундат.

На территории Саяна осмистый иридий и платина отмечались в бассейнах рек Ус, Систигхем, Амыл, Тапса, в среднем течении р.Хемчик в верховье р.Абакан. Впервые для Алтае-Саянской области проанализированы платиновый самородок и шлик осмистого иридия из реки Серлих (бассейн р.Ус). Самородок платины весом около 0,6 г содержал в %: Pt - 86, Fe - 9, Ir - 1,3, Pd - 0,5, Rh - 0,5, Cu -

0,3. В шликке осмистого иридия обнаружено, в %: Ir - 55, Os - 31, Ru - 7,7, Rh - 2,9, Pt - 2, Au - 0,5 (Высоцкий, 1933; анализы Б.Г.Карпова и М.Стукаловой).

В восточном Саяне минералы платиноидов выявлены в бассейнах рек Большой и Малый Терел, Козырева, Сисим, Чибижек, Шинда, Кан и Бирюса.

Ни в одном из районов Алтае-Саянской области платиновые минералы специально не добывались и лишь иногда извлекались попутно при разработке золотых россыпей. Имеются сведения, что золотопромышленник Иваницкий продавал платину томским ювелирам, известны случаи использования пуля из платины местными охотниками (легенда "О сойотской пуле"; см.: Высоцкий, 1933, Молчанов, 1934). Иногда платиновые минералы передавались государственным учреждениям, и хотя поступали указания доставлять платиноиды "в Санкт-Петербургский монетный двор и впредь зачислять в казну", цена их не была определена, и поэтому в большинстве случаев платиновые минералы сбрасывались в отвал вместе с черным шликком. Не добывалась платина и в послереволюционные годы. Общее количество платиновых минералов в золотоносных россыпях невелико и составляет обычно доли процента от добываемого золота, лишь в некоторых случаях поднимаясь до 5-6% (р.Амыл). По оценке Н.К.Высоцкого (1934) из россыпей, разработанных до 1930 г., совместно с золотом могло быть добыто немногим более 500 кг платиновых металлов.

Коренным источником платиноидов в Алтае-Саянской области считались, по аналогии с Уралом, породы габбро-пироксенит-дунитовой формации, к которой относились известные в то время массивы ультрабазитов (Высоцкий, 1933). И.А.Молчанов (1934) сообщает о находке А.М.Кузьминым в бассейне р.Кондомы серпентинитов с обильными скоплениями пирротина и тонкими блестками похожего на платину минерала, а также об указании Гельмгеккера на платину в серпентинитах в бассейне р.Ирассу. Однако ни в одном случае присутствие платиноидов в ультрабазитах не подтверждено химическими или надежными минералогическими данными. Кроме того, платиноиды в коренном залегании, по данным Н.К.Высоцкого (1933), установлены в пирротинах рудника Коммунар (Богомдарованного); а также в золотоносных кварцевых жилах в верховье р.Кии, в бассейнах рек Белый Июс и Элегест (Тува).

В публикациях Н.К.Высоцкого и И.А.Молчанова обобщены сведения о платиновых минералах, полученные за столетний период проведения горных и геологических работ. Как мы видим, имеющиеся в то время минералогические и геологические данные о платиноидах были весьма скудными. Главной заслугой этих обобщений является информация о географическом распространении платиновых минералов, позволившая установить их связь с определенными тектоническими структурами. Н.К.Высоцкий подчеркивал, что важнейшей платиноносной провинцией в Сибири является "пояс древних складчатых гор, окаймляющих среднесибирскую гнейсовую плиту с юга от Алтая до бассейна реки Алдан", то есть восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса, часто называемая южным складчатым обрамлением Сибирской платформы. Характерно, что наиболее многочисленные находки платиновых минералов сделаны в различных районах Алтае-Саянской складчатой области. Н.К.Высоцкий считал крайне желательной организацию систематического опробования на платиноиды и минералогического изучения шлихов из золотоносных россыпей. Такие же рекомендации содержатся в работе И.А.Молчанова.

В дальнейшем, несмотря на очевидную необходимость, исследования платиноносности не были организованы. Более того, платиновые минералы, добываемые в золотоносных россыпях, до сих пор выбрасываются в отвал после снятия золота. Сведения о новых находках платиновых минералов в Алтае-Саянской области продолжают появляться, однако принципиально новых данных получено мало. Отметим, что в ряде россыпей обнаружены первичные и эпигенетические сростания золота с платиной и осмистым иридием (Сыроватский и др., 1969; Сыроватский, Зимоглядов, 1969; Нестеренко и др., 1987). Получена дебаеграмма для иридомина из Кельбесского района Кузнецкого Алатау, подтверждающая его принадлежность к гексагональной модификации (Сыроватский и др., 1969). Установлено присутствие палладистой платины в россыпях на юге Горной Шории. Состав этого минерала (в %) следующий: Pt - более 10, Pd - 5, Fe - 5, Rh - менее 1, Os - 0,5, Ir - 0,5, Ru - 0,5, Cu - 0,5, Hg - 1 (Сыроватский, Зимоглядов, 1969). Метод, с помощью которого установлен состав палладистой платины, авторами не указан, по-видимому, использован спектральный анализ.

Микронзондовый метод анализа платиновых минералов открывает новые возможности в их исследовании. Нами получены первые микро-

зондовые данные о составе платиновых минералов из аллювиальных отложений р.Ко в Восточном Саяне и рек Кельбес и Тисуль в Кузнецком Алатау. Эти материалы позволили подойти к рассмотрению вопросов платиноносности Алтае-Саянской области по-новому, с учетом современного представления о геологическом строении территории, а также появившихся сведений о связи платиновой минерализации с различными магматическими и рудными ассоциациями. Все анализы выполнены на микроанализаторе "Камебакс-Микро" в Институте геологии и геофизики СО АН СССР О.Н.Майоровой по методике, разработанной ею совместно с Ю.Г.Лаврентьевым (Лаврентьев, Майорова, 1989). Авторы считают своим приятным долгом выразить им искреннюю признательность и поблагодарить О.И.Пятова, Д.И.Байкалова, Ю.П.Денисова и П.А.Зейба за практическую помощь в проведении этого исследования.

#### ПЛАТИНОВЫЕ МИНЕРАЛЫ ИЗ АЛЛЮВИЯ РЕКИ КО В ВОСТОЧНОМ САЯНЕ

Бассейн р.Ко, правого притока р.Сисим, расположен в зоне сочленения раннедокембрийского Дербинского выступа с кембрийским Сисим-Казырским прогибом (рис.1). Истоки реки размывают графитовые мраморы и сланцы раннего докембрия, слагающие Дербинский выступ. В среднем течении р.Ко вскрыты сланцы и metabазальтоиды кувайской свиты позднего протерозоя, на которых с угловым несогласием залегают вулканогенно-осадочные отложения раннего кембрия. Интрузивные образования представлены гранитоидами раннепалеозойского ольховского комплекса и различными по возрасту габброидами и ультрабазитами. Наиболее ранними среди них считаются габброиды и пироксениты бильчирского комплекса, небольшие штокообразные тела которых развиты в пределах Дербинского выступа. Одно из таких тел, в составе которого присутствуют пироксениты с хромшпинелидом, расположено в истоках р.Левая Ко. Среди сланцев и metabазальтоидов кувайской свиты распространены мелкие линзы серпентинитов, относящихся ранее к лысанскому комплексу. Недавно было

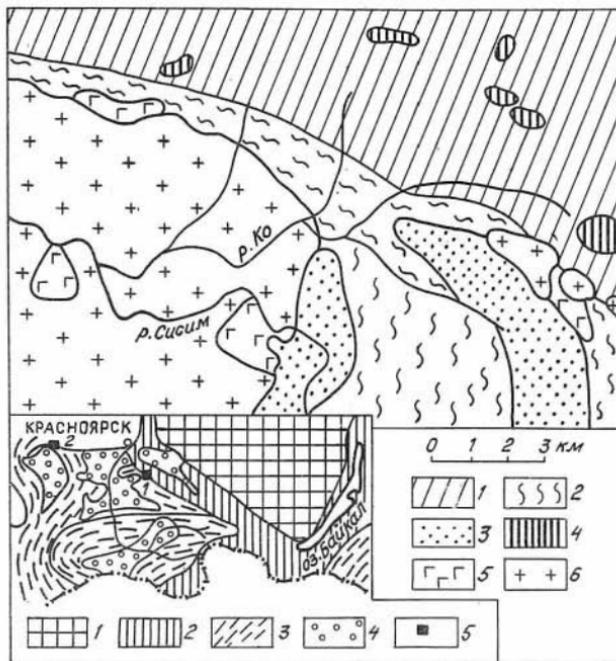


Рис. 1. Схема геологического строения бассейна р.Ко (Восточный Саян). По материалам Ф.М.Чернова и Л.В.Яконюк

1 – нижнепротерозойские графитистые мраморы, кварцево-графитовые сланцы, амфиболиты (дербинская и жайминская свиты); 2 – рифейские сланцы, известняки, метабазальтоиды (кувайская серия); 3 – нижнекембрийские вулканогенно-карбонатно-терригенные отложения (койская, унгутская, колшинская свиты); 4 – рифейские габбро, диориты, пироксениты; 5 – раннепалеозойские габбро и диориты; 6 – раннепалеозойские гранитоиды.

На врезке – положение района р.Ко в структурах южного обрамления Сибирской платформы: 1 – чехол Сибирской платформы, 2 – докембрийский складчатый комплекс, 3 – палеозойский складчатый комплекс, 4 – среднепалеозойский комплекс межгорных прогибов, 5 – местоположение района р.Ко (1) и р.Кельбес (2)

высказано предположение об эффузивной природе этих ультрабазитов, показано присутствие в них зональных хромшпинелидов наряду с ильменитом, титаномагнетитом, халькопиритом, пирротином и пентландитом (Механошин, 1987).

Платиновые минералы в аллювии р.Ко обнаружены при разработке золотоносной россыпи. Среди них преобладают твердые растворы Os, Ir и Ru, варьирующие по составу от самородного осмия до самородного иридия. Около 30 % в концентрате платиновых минералов составляет изоферроплатина. В иридосминах и платине присутствуют мелкие включения сульфидов Os и Ru, общее количество которых не превышает 1 %. Валовый состав концентрата платиновых минералов, судя по результатам их микронзондового анализа и визуальной оценке количественных соотношений, следующий (в %): Os - 35, Ir - 29, Pt - 27, Ru - 4,5, Fe - 2,5, Rh, Pd, Cu и S составляют десятые доли процента.

Твердые растворы Os-Ir-Ru представлены преимущественно пластинчатыми зернами размером до 2,5 мм. Среди них встречаются шестиугольные пластинки, реже - мелкие зерна октаэдрического габитуса. Микронзондовый анализ показал, что в этой группе минералов присутствуют самородный осмий, иридосмин и рутениридосмин, относящиеся по составу к гексагональной модификации, а также существенно иридиевые минералы кубической модификации (табл. I, рис. 2). Взаимоотношения этих минеральных разновидностей сложные. Встречаются зерна самородного осмия с каймой кубического осмиридия (рис. 3). Иногда зерна самородного осмия окружены каймой гексагонального рутениридосмина (рис. 4), причем внутри зерна осмия хорошо заметна зонка рутениридосмина, имеющего состав, промежуточный между самородным осмием и рутениридосмином внешней каймы. В некоторых зернах кубического осмиридия встречаются неправильной формы включения гексагонального иридосмина (рис. 5). Иногда видны отчетливые признаки замещения самородного осмия осмиридием (рис. 6). Характерно, что во всех случаях самородный осмий является более ранним минералом, зерна которого окружены каймой или замещаются разновидностью, обогащенной иридием и рутением. При этом резкие границы видны не только между осмием и кубическим осмиридием, но также между осмием и гексагональным рутениридосмином (см. рис. 4).

Химический состав твердых растворов Os-Ir-Ru  
из аллювия р.Ко, Восточный Саян (мас.%)

Номер образца	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Сумма
C1	50,68	40,13	8,22	0,28	0,18	0,00	99,49
C2	40,85	42,53	14,19	0,25	1,90	0,10	99,82
C3	48,61	35,60	13,91	0,77	1,68	0,00	100,60
C4	55,03	37,23	6,93	0,30	0,30	0,08	100,00
C5a	56,67	34,63	6,65	0,27	1,14	0,00	99,36
C5б	60,93	37,53	0,61	0,01	0,26	0,03	99,37
C6a	72,99	22,09	3,09	0,11	0,25	0,12	98,64
C6б	83,31	13,04	3,24	0,08	0,22	0,00	98,89
C6в	64,22	29,53	5,98	0,25	0,30	0,01	100,39
C7	50,53	40,59	7,74	0,39	0,44	0,00	99,69
C8	54,23	37,05	5,54	0,66	1,71	0,04	99,24
C9	46,27	45,45	7,23	0,22	0,40	0,06	99,66
C10a	94,73	4,22	0,13	0,03	0,08	0,00	99,18
C10б	35,26	62,42	1,70	0,04	0,24	0,00	99,67
C10в	40,12	59,06	1,09	0,05	0,36	0,00	100,71
C21	26,46	55,10	10,36	1,06	7,15	0,03	100,15
C20	50,79	30,42	16,85	0,89	1,45	0,05	100,44
C19	38,76	46,79	12,94	0,56	1,50	0,07	100,60
C18	55,36	28,78	13,17	0,47	2,27	0,05	100,12
C16	56,24	41,65	1,27	0,23	0,64	0,11	100,36
C14a	94,74	3,55	0,21	0,02	0,11	0,01	98,70
C14б	56,72	32,09	9,39	0,54	1,27	0,02	100,03
C14в	88,26	9,64	0,41	0,00	0,30	0,09	98,75
C14г	15,54	50,18	31,46	0,72	2,63	0,23	100,78
C12	19,32	65,08	10,22	1,75	3,53	0,00	99,91
C22	77,03	16,38	4,18	0,28	1,61	0,07	99,55
C23	53,19	37,80	7,24	0,44	1,05	0,00	99,72
C25	54,67	35,10	8,55	0,42	1,32	0,02	100,08
C27	55,01	43,38	1,06	0,04	0,24	0,00	99,71
C26	69,78	23,50	6,11	0,30	0,89	0,01	100,58
C28a	6,70	81,11	11,75	0,24	0,47	0,00	100,28
C28б	0,45	88,03	10,26	0,37	1,77	0,00	100,88

Номер образца	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Сумма
C29	34,73	60,66	1,54	0,72	2,01	0,02	99,68
C30	88,90	8,56	1,09	0,02	0,21	0,03	98,82
C31	53,83	40,39	4,68	0,37	0,85	0,04	100,16
C32	53,37	37,48	7,80	0,35	0,64	0,00	99,72
C33a	34,49	63,60	2,30	0,04	0,23	0,00	100,66
C33б	61,51	36,02	1,91	0,10	0,22	0,00	99,77
C50	46,32	44,16	7,40	0,47	1,34	0,17	99,85
C49	48,09	45,26	5,53	0,34	0,75	0,01	99,98
C47	0,28	95,61	2,78	0,14	0,37	0,02	99,21
C46	6,41	80,42	10,35	0,35	2,13	0,08	99,73
C40	59,27	38,59	1,97	0,13	0,22	0,04	100,22
C39	42,75	43,68	11,44	0,81	2,11	0,01	100,80
C36a	83,66	15,23	0,44	0,04	0,15	0,00	99,51
C36б	32,36	63,84	3,91	0,10	0,14	0,00	100,34
C51	58,34	31,65	7,55	0,23	0,71	0,00	98,48
C53a	51,92	41,60	4,45	0,31	1,30	0,05	99,63
C53б	28,89	54,10	2,87	0,46	12,67	0,11	99,09
C56	17,08	80,55	1,42	0,12	0,35	0,00	99,53
C57a	76,09	15,32	7,01	0,25	1,20	0,01	99,88
C57б	60,47	22,55	12,30	0,53	4,10	0,00	100,03
C72a	85,80	13,21	0,25	0,00	0,17	0,00	99,45
C72б	35,29	63,67	1,27	0,04	0,09	0,00	100,36
C86	73,38	23,60	2,39	0,05	0,23	0,02	99,66
C97	41,60	44,73	11,81	0,54	1,71	0,03	100,45
CI06	57,26	37,66	3,36	0,23	1,08	0,01	99,60
CI12	57,84	31,72	8,07	0,35	1,52	0,08	99,59
CI17	58,97	36,64	3,40	0,23	0,73	0,01	99,98
CI72	82,55	14,31	2,03	0,09	0,32	0,05	99,35
CI27б	31,04	50,07	7,21	0,95	11,08	0,06	100,41
CI20	35,99	63,36	0,96	0,06	0,29	0,00	100,66
CI31	41,95	46,28	9,93	0,33	0,91	0,00	99,40
CI32	60,37	37,57	0,37	0,08	0,35	0,00	98,74
CI35a	34,41	63,85	0,52	0,05	0,47	0,00	99,31

Номер образца	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Сумма
CI356	75,48	22,04	0,26	0,03	0,26	0,00	98,07
CI41	8,24	72,76	15,89	0,44	3,03	0,00	100,36

Примечание. Анализы выполнены в ИГиГ СО АН СССР на микрозонде "Камебакс-Микро", оператор О.Н.Майорова. Здесь и далее в таблицах буквами а, б, в, г обозначены анализы разных участков одного образца.

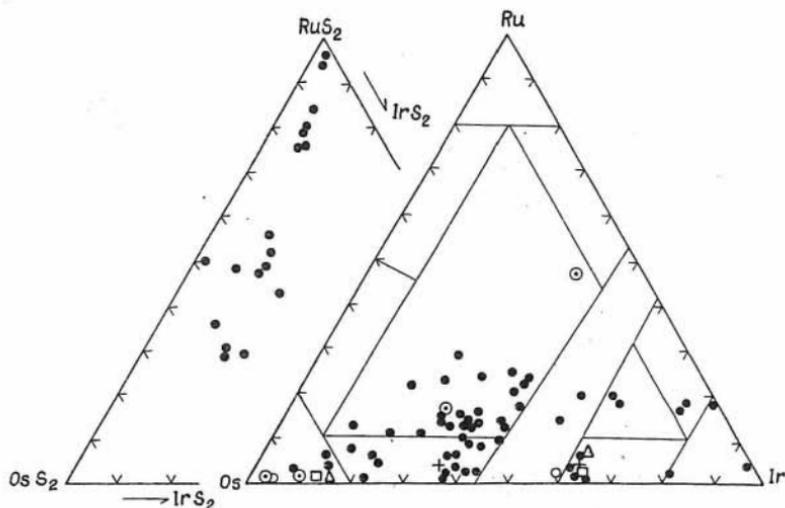


Рис. 2. Состав твердых растворов системы Os-Ir-Ru и сульфидов ряда лаурит-эрлихманит из аллювия р.Ко. Показаны поля минералов по номенклатуре D.Harris, L.Cabri (1973). Одинаковыми незалитыми знаками показаны составы сосуществующих фаз

В качестве примесей в Os-Ir-Ru минералах постоянно присутствуют платина и родий. Для группы гексагональных минералов выявлена положительная корреляция платины, родия и рутения, то есть при переходе от самородного осмия к обогащенным рутением

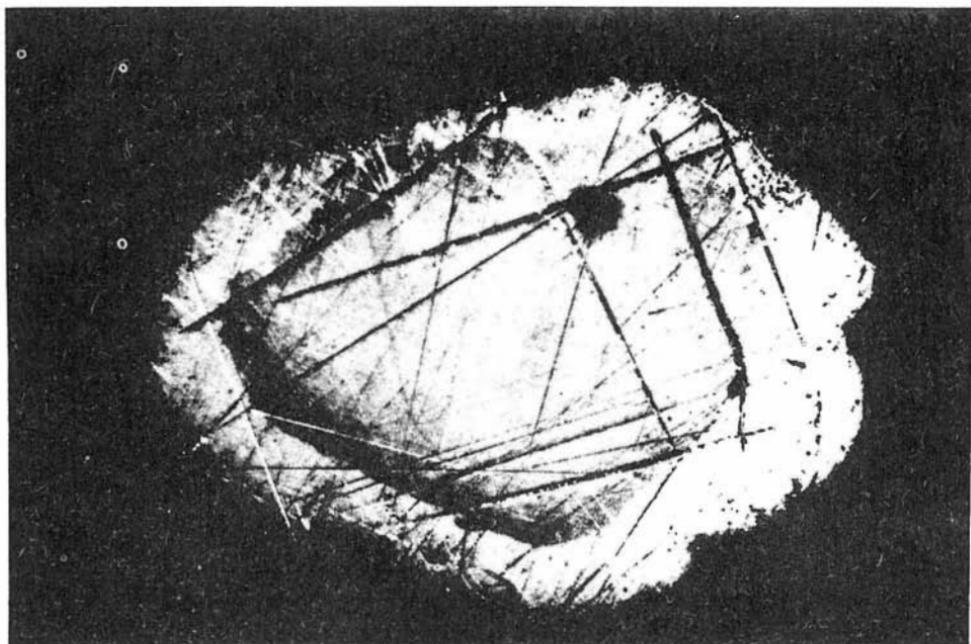


Рис. 3. Самородный осмий (серый) с каймой осмиридия (светлый)  
Обр. С36, увел. 263

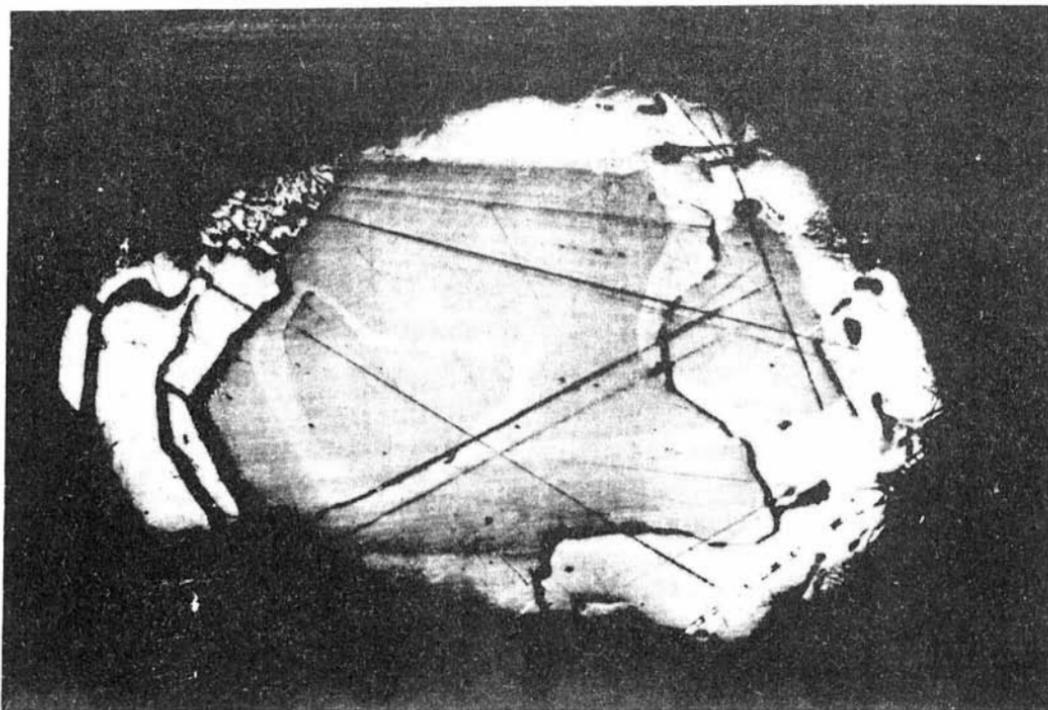


Рис. 4. Зональное зерно самородного осмия (серый) с каймой рутениридосмина (светло-серый).

Обр. С14, увел. 244

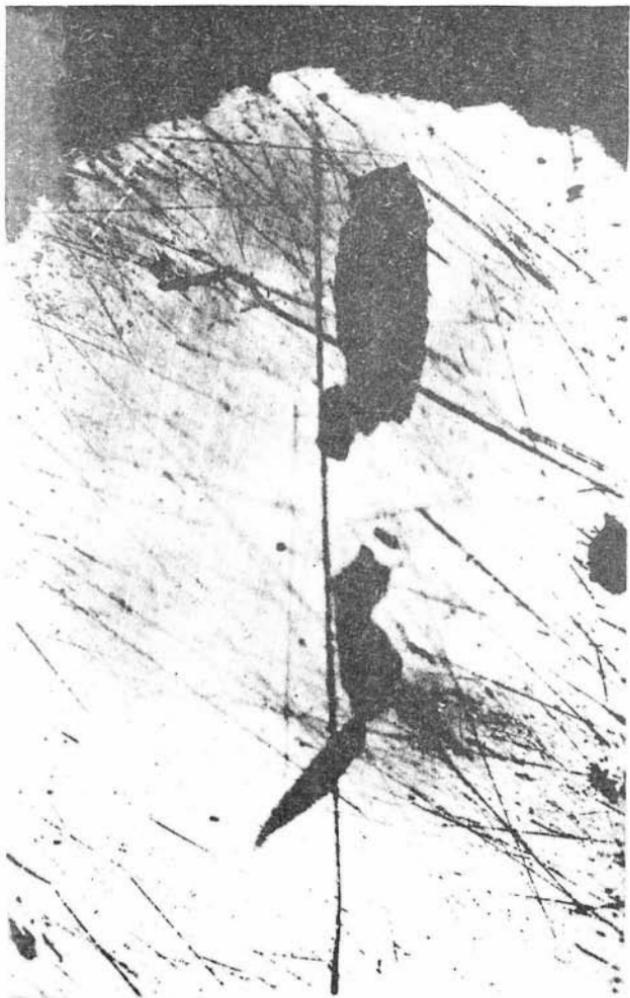


Рис. 5. Реликты иридомина (серый) в осмиридий (светлый)  
Обр. С33, увел. 350

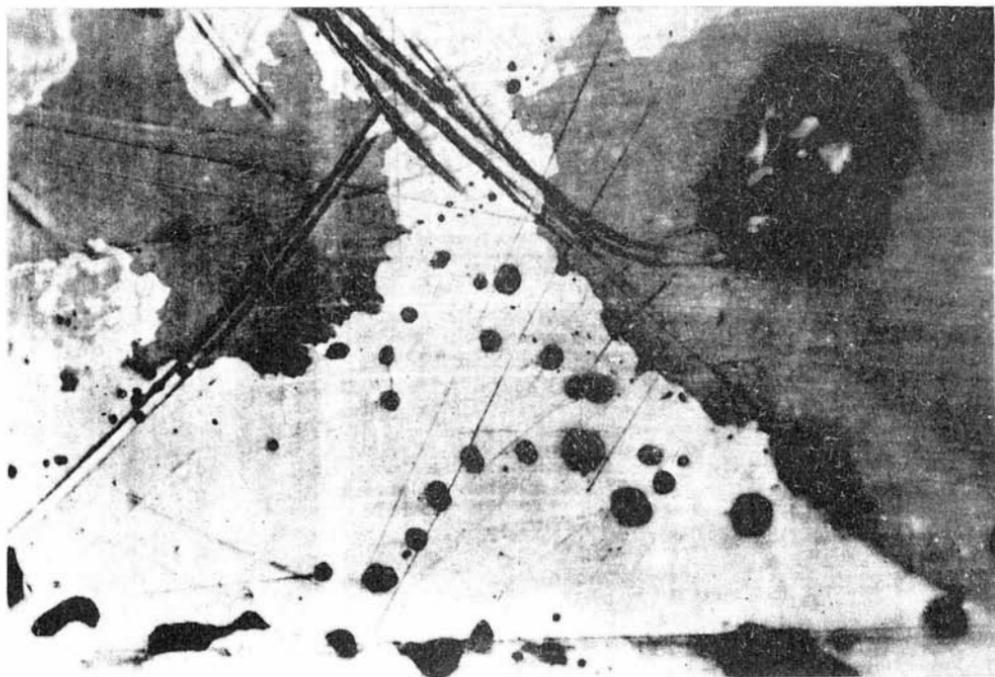


Рис. 6. Характер замещения самородного осмия (серый) осмиридием (светлый).  
Мелкие темно-серые включения в осмириде — сульфиды Os и Ru.  
Обр. С10, увел. 200

Таблица 2

Химический состав сульфидов Os, Ru и Rh  
из аллювия р.Ко, Восточный Саян (мас.%)

Номер образца	Os	Ir	Ru	Rh	Pd	S	Сумма
C3	33,66	12,69	22,64	0,31	0,00	29,44	98,80
C5a	38,75	7,64	23,15	0,37	0,00	30,89	100,80
C5б	46,30	9,28	15,82	0,32	0,01	29,21	100,95
C5в	18,04	7,18	40,82	0,81	0,11	33,57	100,50
CI0a	33,66	17,66	19,77	0,41	0,07	27,35	98,91
CI0б	30,43	10,50	26,94	0,54	0,03	30,38	98,82
CI6	31,22	13,06	24,14	0,73	0,08	30,14	99,21
C23a	34,18	12,64	22,13	0,75	0,04	29,74	99,50
C23б	10,57	6,37	46,71	1,35	0,03	33,35	98,38
C56a	44,74	13,24	12,57	0,26	0,00	26,31	97,13
C56б	45,60	12,58	13,10	0,50	0,00	28,78	100,30
C49	16,34	8,53	40,66	0,22	0,00	33,19	98,94
C97	3,37	3,75	54,91	0,43	0,05	37,36	99,98
CI06	12,87	7,52	43,39	0,00	0,28	36,37	100,50
CI12	41,23	16,25	12,74	0,62	0,00	26,63	97,45
CI17	14,35	6,91	42,70	0,24	0,06	37,82	98,78
C57	0,96	1,85	57,93	2,40	0,00	37,72	100,85
C58	40,27	1,28	22,55	4,58	0,00	31,38	100,08
CI23	0,34	4,60	0,11	63,23	0,56	28,05	98,63

Примечание. Анализы выполнены в ИГиГ СО АН СССР на микрозонде "Камебакс-Микро", оператор О.Н.Майорова. Во всех образцах определялись также Pt, Ni и Cu, содержание которых обычно не превышает 0,03 %; в обр. CI23 - Pt=1,75 %, в обр. C97 - Ni=0,11 % и в обр. CI06 - Ni=0,07 %. Обр. C57, C58 и CI23 - включения в изоферроплатине, остальные - в твердых растворах Os, Ir и Ru.

разновидностям рутениридосминов количество платины и родия возрастает. Для кубических минералов такая зависимость не характерна. Содержания платины в самородном иридии и осмиридии обычно не превышают 2 мол.% и не зависят от концентрации рутения. Однако в этой группе минералов встречены отдельные зерна осмиридия с необычно высоким содержанием Pt, достигающим 12,5 мол.%.

Таблица 3

Химический состав изоферроплатины из аллювия  
р. Ко, Восточный Саян (мас.%)

Номер образца	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Fe	Cu	Сумма
СІ30	0,17	0,35	0,02	1,92	87,84	0,43	8,02	0,68	99,43
СІ33	0,03	0,40	0,04	0,87	88,24	0,40	8,70	0,33	99,01
СІ34	0,22	0,41	0,05	0,36	88,79	0,36	9,01	0,58	99,08
СІ38	0,01	0,48	0,03	0,18	88,61	0,13	8,64	0,74	98,82
СІ39	0,00	0,20	0,04	0,27	89,72	0,46	8,84	0,51	100,04
СІ40	0,03	0,43	0,08	1,16	87,51	0,63	8,69	0,76	99,29
СІ46	0,17	0,43	0,00	1,51	80,75	0,60	7,37	0,89	100,71
СІ47	0,07	0,33	0,01	1,24	88,09	0,48	8,12	0,58	98,92
СІ48	0,08	0,40	0,01	1,25	88,68	0,77	7,24	0,98	99,39
СІ49	0,02	0,32	0,02	1,73	87,76	0,50	7,71	0,68	98,74
СІ50	0,14	0,49	0,00	1,28	88,89	0,27	7,06	0,97	99,10
СІ51	0,13	0,38	0,02	0,80	89,52	0,04	8,36	0,47	99,72
СІ52	0,65	0,38	0,04	1,12	87,27	0,39	9,08	0,81	99,75
С58	0,11	0,49	н.о.	1,68	87,05	0,38	8,26	0,76	98,73
С59	0,35	0,00	н.о.	0,28	87,20	0,22	10,08	0,49	98,62
С60	0,14	0,35	н.о.	1,28	87,55	0,46	8,22	0,73	98,73
СІ23	0,10	0,38	н.о.	1,26	88,06	0,13	7,94	0,65	98,61
СІ25	0,12	0,17	н.о.	1,47	87,21	0,59	8,49	0,63	98,68

Примечание. Анализы выполнены в ИГиГ СО АН СССР на микрозонде "Камебакс-Микро", оператор О.Н.Майорова.

В осмиридии и рутениридосмине присутствуют мелкие включения сульфидов рутения и осмия ряда лаурит ( $RuS_2$ ) - эрлихманит ( $OsS_2$ ) (рис. 6,7). Состав сульфидов варьирует от почти чистого лаурита до эрлихманита, в котором содержание  $RuS_2$  не превышает 30 мол.% (табл. 2, рис. 2). Характерно, что с возрастанием доли эрлихманита в минерале увеличивается примесь  $IrS_2$ , содержание которого достигает 20 мол.%. Состав сульфидов не зависит от состава включающих их Os-Ir-Ru сплавов. В одном зерне рутениридосмина или осмиридия могут присутствовать включения сульфидов, существенно варьирующих по содержанию Ru и Os.

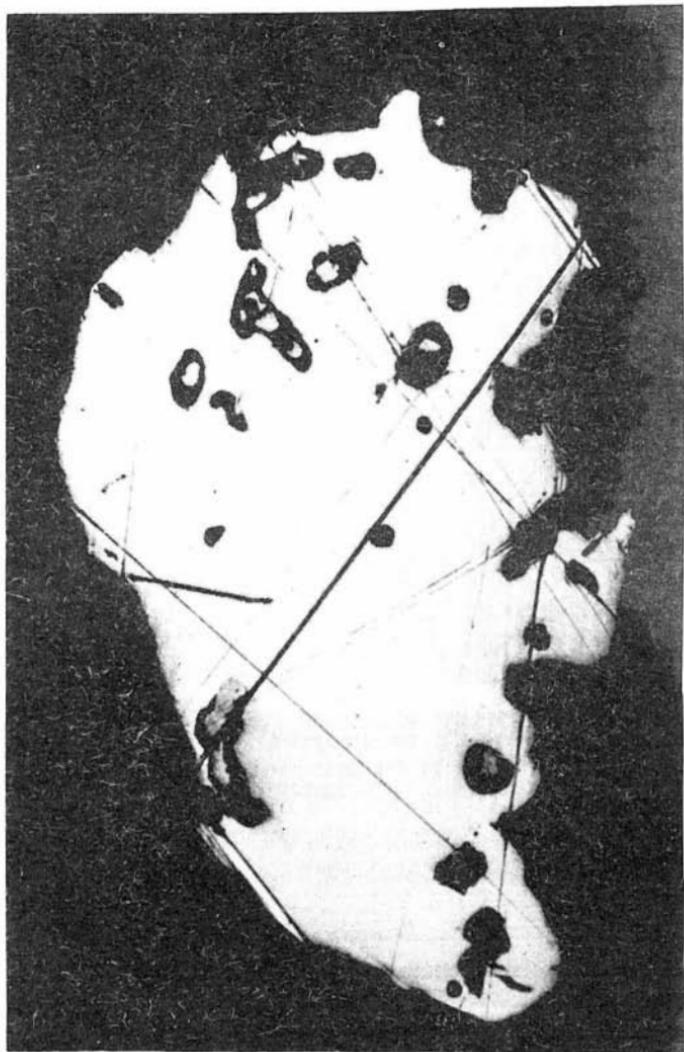


Рис. 7. Включения сульфидов Os и Ru (темно-серые) в иридоsmithе (светлые).  
Обр. С5, увел. 186

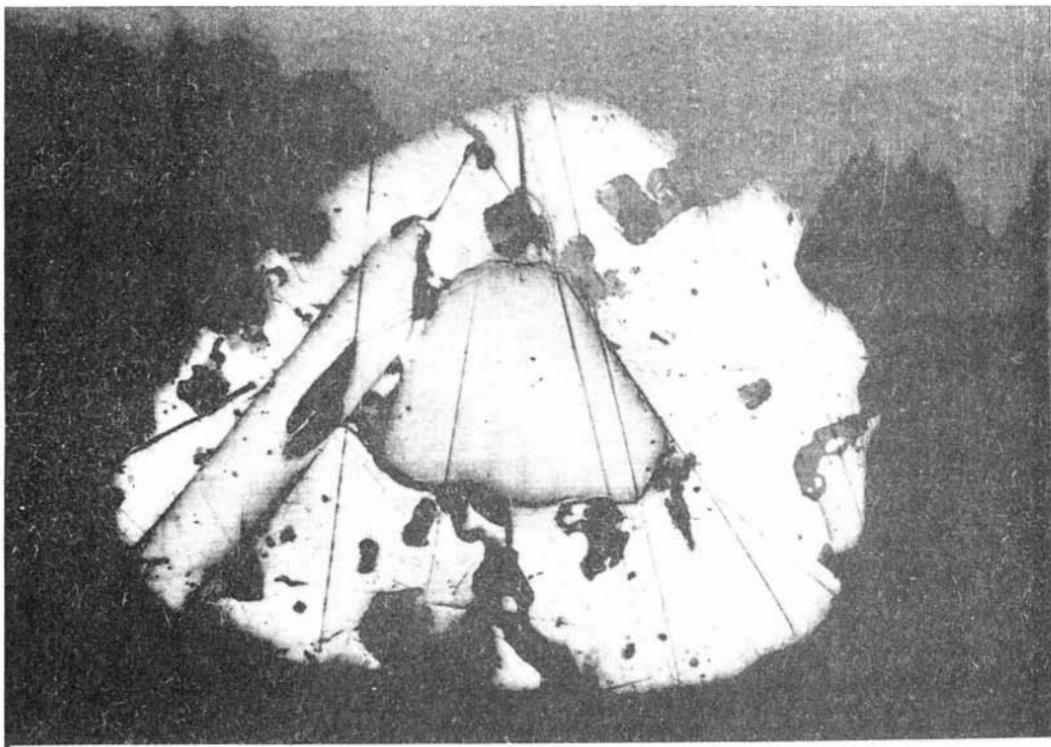


Рис. 8. Кристаллы рутениридосмина (светло-серые) и включения сульфидов Ru и Os (темно-серые) в изоферроплатине (светлая).

Обр. С57, увел. 198

Изоферроплатина представлена в изученном концентрате овальными зернами, достигающими 2,2 мм в поперечнике. Состав ее постоянен и соответствует формуле  $Pt_3Fe$ . В качестве примесей в изоферроплатине присутствуют Os, Ir, Ru, Rh, Pd и Cu (табл. 3). Общее количество элементов-примесей не превышает 6 мол.%. В изоферроплатине встречаются включения идиоморфных пластинчатых кристаллов рутениридосмина и мелкие неправильной формы включения сульфидов ряда лаурит - эрлихманит (рис. 8). Сульфиды, включенные в платину, отличаются от аналогичных включений в Os-Ir-Ru минералах пониженным содержанием иридия и более высокими концентрациями родия. Кроме того, в одном зерне изоферроплатины обнаружено включение редкого сульфида родия (см. табл. 3).

В заключение подчеркнем, что в изоферроплатине и Os-Ir-Ru минералах встречаются включения мелких идиоморфных кристаллов хромита. Изолированные зерна хромита присутствуют в изученном концентрате в существенном количестве. Это позволяет считать наблюдаемое сонахождение в россыпи платиновых минералов и хромита не случайным. Вероятно, платиновые минералы и хромит связаны генетически и произошли из одного коренного источника. В связи с этим наличие хромита в аллювиальных отложениях можно рассматривать в качестве косвенного признака, указывающего на возможное присутствие здесь платиновых минералов. По материалам Ф.М.Чернова, А.Д.Шелковникова и др. в северо-западной части Восточного Саяна хромит присутствует в аллювии многих водотоков, в частности, в бассейнах рек Джетка, Малая Сейба, Пизано, в ручьях Малый Бирюсук, Благовещенский и др. Известно Кизирское рудопроявление хромита, где содержание этого минерала достигает 4,8 кг/м<sup>3</sup>.

#### ПЛАТИНОВЫЕ МИНЕРАЛЫ В РЕЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Минералы платиновых металлов северной части Кузнецкого Алатау изучены в шлиховых ореолах бассейнов рек Кельбес и Тисуль (см. рис. I). Они представлены преимущественно твердыми растворами системы Os-Ir-Ru, а в шлихах по р.Кельбес присутствует также изоферроплатина.

Химический состав твердых растворов Os-Ir-Ru и Pt-Fe  
из аллювия рек Кельбес и Тисуль, Мартайга (мас.%)

Номера п/п образцов		Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Fe	Ni	Cu	Сумма
1	MI	31,65	55,52	3,86	1,20	6,74	0,42	0,06	0,04	99,49
2	MI	45,42	44,25	9,63	0,00	0,02	0,29	0,06	0,03	99,70
3	M7	29,46	63,64	2,03	0,55	3,62	0,31	0,07	0,05	99,73
4	MI7	49,51	16,66	32,06	0,12	0,59	0,00	0,00	0,00	98,94
5	M20	53,28	38,57	4,43	0,42	1,48	0,24	0,04	0,00	98,36
6	M20B	27,80	60,01	3,77	1,30	6,01	0,69	0,10	0,04	99,72
7	M49	55,76	7,44	35,85	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	99,15
8	M50	31,44	37,46	24,92	1,60	4,28	0,11	0,02	0,04	99,87
9	M61	41,80	19,05	37,96	0,03	0,07	0,00	0,00	0,01	98,92
10	M80	30,31	31,46	32,69	1,34	4,22	0,14	0,03	0,03	100,22
11	M81	39,31	37,90	19,67	0,44	1,76	0,36	0,06	0,01	99,51
12	M82	33,97	54,79	1,25	0,90	7,60	0,19	0,03	0,02	98,75
13	M82-I	57,81	36,70	1,19	0,43	0,99	0,05	0,02	0,01	97,20
14	M30	0,00	0,80	0,11	1,39	85,22	9,70	0,69	0,66	99,15
15	M62	0,00	0,17	0,01	1,26	85,04	8,00	0,00	2,74	97,51
16	M66	0,00	0,00	0,09	0,18	86,86	9,59	0,49	0,41	97,88

Примечание. Анализы: I-9, I4-I6 - р.Кельбес, IO-I3 - р.Тисуль. Анализы: I-I3 - Os-Ir-Ru - минералы, I4-I6 - изоферроплатина. Дополнительно определено содержание Pd в анализе I4 - 0,58 %, I5 - 0,29 %, I6 - 0,26 %, в остальных - ниже чувствительности микрозонда.

Минералы Os-Ir-Ru группы из аллювия р.Кельбес образуют пластинчатые зёрна размером до 0,5 мм, причем состав отдельных зерен достаточно однороден. Они представлены рутениридосмином, осмиридием, в единичных случаях - иридосмином и осмистым рутением (табл. 4, рис. 9). На приведенной проекции точки изученных составов группируются в три поля. Три анализа гексагональной модификации ложатся на рутениевый тренд, отчетливо проявленный у рутениридосминов из гипербазитов Новой Гвинеи (Harris, Sabri, 1973) и Наранского массива в МНР (Сидоров и др., 1987). Особенностью состава этих образцов является положи-

• - 1  
○ - 2

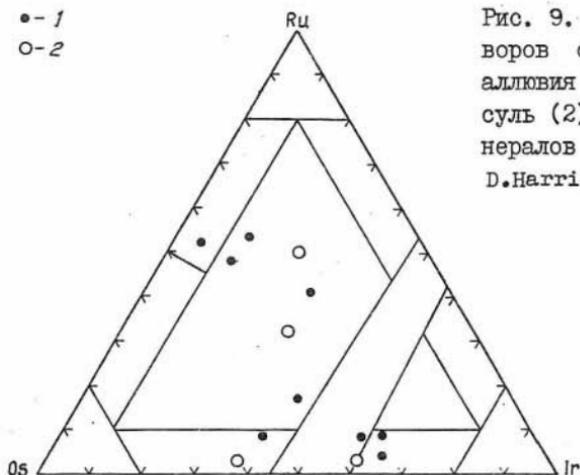


Рис. 9. Состав твердых растворов системы Os-Ir-Ru из аллювия р.Кельбес (1) и р.Тисуль (2). Показаны поля минералов по номенклатуре D.Harris, L.Cabri (1973)

тельная связь примеси Pt с содержанием Ru, причем содержание Pt достигает 4,3 мас.%. Второму полю отвечают рутениридосмины и осмистый рутений с пониженным содержанием иридия (7,4–19,1 мас.%). В отличие от вышеописанных составов, содержания платины в них низкие при высоких содержаниях рутения. Примесь родия в гексагональных минералах достигает 1,6 мас.% и положительно коррелируется с содержанием платины (см. табл. 4). Составы, характеризующие кубическую модификацию, представлены осмиридием с повышенным содержанием Pt (3,6–6,7 мас.%) и Rh (0,6–1,3 мас.%). Примеси Fe, Ni и Cu во всех изученных образцах не превышают десятых долей процента.

Сплавы Fe-Pt, выявленные в аллювии р.Кельбес, представлены как самостоятельными зернами размером 0,2–0,5 мм, так и мелкими овальными включениями (около 0,05 мм) в минералах Os-Ir-Ru группы. Эти соотношения противоположны сростаниям платиновых минералов бассейна р.Ко (Восточный Саян), где Os-Ir-Ru сплавы являются более ранними по отношению к изоферроплатине. Состав Fe-Pt сплавов из аллювия р.Кельбес также отвечает изоферроплатине, в которой определено присутствие Rh до 1,4 мас.% и Cu до 2,7 мас.%. Остальные элементы-примеси составляют десятые доли процента и менее (см. табл. 4).

Платиновые минералы бассейна р.Тисуль, представленные пластинчатыми зернами до 0,8 мм в поперечнике, охарактеризованы четырьмя микросондовыми анализами и по составу отвечают рутениридосмину, иридосмину и осмиридию (см. табл. 4, рис. 9). Гексагональные твердые растворы соответствуют рутениевому тренду и, так же как в районе р.Кельбес, характеризуются корреляцией Pt с содержанием Ru в минерале. Осмиридий из аллювия р.Тисуль содержит наиболее высокую концентрацию Pt (7,6 мас.%) при умеренном содержании Rh (0,9 мас.%).

Приведенный материал по минералам группы Os-Ir-Ru из бассейнов рек Кельбес и Тисуль свидетельствует о сходстве составов изученных ассоциаций, что, возможно, связано с формационной близостью коренных источников.

### О КОРЕННОМ ИСТОЧНИКЕ ПЛАТИНОВЫХ МИНЕРАЛОВ

Приведенные выше данные свидетельствуют, что в аллювиальных россыпях Алтае-Саянской области платиновые минералы представлены главным образом твердыми растворами Os-Ir-Ru, с которыми ассоциируют изоферроплатина и в очень небольшом количестве сульфиды Ru и Os. Характерен парагенезис этих минералов с хромитом. Совершенно очевидно, что пирротиновые породы и золотоносные кварцевые жилы, на присутствие платиноидов в которых указывал Н.К.Высоцкий, не могли быть источником наблюдаемых в россыпях платиновых минералов. В гидротермальных образованиях среди элементов платиновой группы преобладает ра, причем минералы его обычно представлены различными соединениями с серой, мышьяком, сурьмой, висмутом, теллуrom. Другим наиболее вероятным источником платиновых минералов Н.К.Высоцкий (1933) считал ультраосновные породы, которые по аналогии с Уралом относил к габбропироксенит-перидотитовой формации. В дальнейшем исследование гипербазитов Алтае-Саянской области показало, что большая часть их является альпинотипными, входит в состав офиолитовых поясов, и, следовательно, существенно отличается от платиноносной ассоциации Урала (Пинус и др., 1958). Однако часть ультраосновных пород, ассоциирующих с пироксенитами и габбро, была обособлена в качестве габбро-пироксенит-дунитовой формации, сопоставимой с Уральской (Волохов, 1965; Волохов и др., 1969). Несмотря на то, что при-

наков платиновой минерализации в породах этой формации не было обнаружено, она рассматривалась в качестве платиноносной. Для массивов этой формации характерно воронкообразное строение, отчетливая магматическая расслоенность, приуроченность ультраосновных пород к нижним частям разрезов.

Исследование расслоенных ультрабазит-базитовых массивов на территории Тувы и Северо-Западной Монголии привело к нескольким представлениям о их составе и формационной принадлежности (Поляков, Богнибов, 1979; Поляков и др., 1984). Учитывая, что в таких массивах преобладают породы основного состава, среди которых существенную роль играют габбронориты, формацию предложено именовать перидотит-пироксенит-габброноритовой. Детальное описание многочисленных массивов этой формации в Туве и Монголии выявило их отличие от платиноносной ассоциации Урала, массивы которой обладают концентрически-зональным строением с дунитами в ядре и клинопироксенитами на периферии. Уральскими геологами пересмотрен вопрос о формационной типизации платиноносных массивов, которые были объединены в дунит-клинопироксенитовую формацию (Малахов, 1983).

В Номгонском массиве МНР, относящемся к раннепалеозойской перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритовой формации, в оливиновых габбро и анортозитах выявлена платиновая минерализация, представленная арсенидами, сульфоарсенидами и стибноарсенидами платины и палладия (материалы А.Э.Изоха и др.). Преобладающими минералами здесь являются сперрилит ( $PtAs_2$ ), мертиит II ( $Pd_8Sb_{2,5}As_{0,5}$ ), изомертиит ( $Pd_{11}Sb_2As_2$ ). Таким образом, расслоенные ультрабазит-базитовые интрузивы Алтае-Саянской области и Монголии отличаются от платиноносной ассоциации Урала особенностями строения, набором и количественным соотношением магматических пород, составом и парагенезисом платиновых минералов. Совершенно очевидно, что расслоенные перидотит-пироксенит-анортозит-габброноритовые массивы с платиновой минерализацией номгонского типа не могли быть источником платиновых минералов, наблюдаемых в аллювиальных отложениях.

Недавно на территории Монголии выявлена новая ассоциация основных и ультраосновных пород, получившая название дунит-верлит-клинопироксенит-габбровой (Агафонов и др., 1987). В породах Джаргалантуйского массива, относящегося к этой формации, а также

в шлихах обнаружены родистая платина, лаурит, ирарсит (IrAsS), минералы Os-Ir состава (материалы Л.В.Агафонова, А.Э.Изоха). Платиноносность массивов подобного типа, несомненно, заслуживает дальнейшего изучения. Недостаточно проработанным остаётся вопрос, насколько широко такие массивы распространены в структурах Алтае-Саянской области.

Наиболее вероятным источником платиновых минералов, наблюдаемых в аллювии многочисленных рек Алтае-Саянской области, являются альпинотипные гипербазиты, входящие в состав офиолитовых поясов. Прямым свидетельством связи твердых растворов Os-Ir-Ru и Pt-Fe с гипербазитами такого типа является находка рутениридоминов и ферроплатины в пределах Наранского дунит-гарцбургитового массива, расположенного в Дзабханском офиолитовом поясе Монголии (Сидоров и др., 1987). Существенным является тот факт, что Os-Ir-Ru минералы, часто сопровождаемые ферроплатиной, обнаружены в гипербазитах из офиолитовых поясов во многих районах мира. Они известны в альпинотипных гипербазитах Северо-Востока СССР (Грановский и др., 1983; Разин и др., 1979; Химические составы ..., 1985), на Урале (Юшко-Захарова, 1975; Макеев и др., 1984), в Новой Гвинее и Тасмании (Harris, Sabri, 1973; Ford, 1981), в Греции и Новой Каледонии (Augé, 1988; Augé, Johan, 1988), на о-ве Борнео (Burgath, Mohr, 1986), в Саудовской Аравии и Восточной Турции (Legendre, Augé, 1986).

В Восточном Саяне возможным источником платиновых минералов могут быть гипербазиты железистого типа (Глазунов, 1981). Именно к этому типу относятся описанные А.С.Механошиным (1987) мелкие тела гипербазитов среди сланцев и метабазальтоидов кувайской свиты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование платиновых минералов из речных отложений Восточного Саяна и северной части Кузнецкого Алатау подтвердило, что наиболее распространенными среди них являются твердые растворы Os-Ir-Ru и Pt-Fe. Установлено, что Os-Ir-Ru минералы представлены как гексагональной модификацией, варьирующей по составу от самородного осмия до рутениридосминов, богатых рутением, так и кубической модификацией, среди минералов которой преобладают осмиридий и самородный иридий. Минералы Pt-Fe представлены изоферроплатиной, иногда с повышенным содержанием меди. Характерно присутствие сульфидов ряда лаурит - эрлихманит, образующих мелкие включения в Os-Ir-Ru минералах и ферроплатине.

Судя по выявленному парагенезису платиновых минералов и обычному их сонахождению с хромитом, наиболее вероятным коренным источником платиновых минералов являются хромитсодержащие гипербазиты дунит-гарцбургитовой формации, развитые в офиолитовых поясах. В Восточном Саяне источником платиновых минералов могут быть гипербазиты железистого типа. Характерный для Алтае-Саянской области парагенезис платиновых минералов известен в офиолитовых гипербазитах во многих районах мира, однако ни в одном случае не выявлено промышленных концентраций платиноидов. В то же время нельзя исключать возможность возникновения крупных концентраций платиноидов при метасоматическом преобразовании ультрабазитов. Более очевидна россыпеобразующая роль массивов ультраосновных пород, в тесной пространственной ассоциации с которыми могут находиться россыпные месторождения минералов платиновой группы.

## ЛИТЕРАТУРА

АГАФОНОВ Л.В., ИЗОХ А.Э., СТУПАКОВ С.И. Дунит-верлит-клинопироксенит-габбровая формация Монголии. - Новосибирск, 1987. - 47 с. (Препр./ИГиГ СО АН СССР; № 7).

ВЕРНАДСКИЙ В.И. Избранные сочинения. Т. II. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 615 с.

ВОЛОХОВ И.М. О габбро-пироксенит-дунитовом формационном ти-

пе магматических образований в Алтае-Саянской складчатой области. - М., 1965. - С. 7-23.

ВОЛОХОВ И.М., ИВАНОВ В.М., ПРУТОВ В.П. Усинский габбро-пироксенит-дунитовый интрузивный комплекс Кузнецкого Алатау // Проблемы петрологии и генетической минералогии. Т. I. - М., 1969. - С. 216-234.

ВЫСОЦКИЙ Н.К. Платина и районы ее добычи. Кн. 5. - Л.: Изд-во АН СССР, 1933. - 240 с.

ГЛАЗУНОВ О.М. Геохимия и рудоносность габброидов и гипербазитов. - Новосибирск: Наука, 1981. - 191 с.

ГРАНОВСКИЙ А.Г., ЮСИМ Э.И., ТАСКАЕВ В.И. и др. Ассоциации платиноидов в гипербазитах различных формаций Корякского нагорья // Ультраосновные магмы и их металлогения: Тез. докл. Всесоюзного симпозиума. - Владивосток, 1983. - С. 143-144.

ЛАВРЕНТЬЕВ Ю.Г., МАЙОРОВА О.Н. Вопросы количественного РСМА минералов платиновых металлов // Микросонд и прогресс в геологии. - Суздаль, 1989. - С. 93-94.

МАКЕЕВ А.Б., КОТОВ А.А., БЕГИЗОВ В.Д. и др. Состав и свойства платиноидов системы Pt-Ru-Os-Ir из аллювиальных отложений Урала. - Сыктывкар, 1984. - С. 95-103.

МАЛАХОВ И.А. Петрологии главных формационных типов ультрабазитов Урала: Автореф. дис. ... д-ра г.-м.н. - Новосибирск, 1983. - 31 с.

МЕХАНОШИН А.С. Геохимия протерозойских вулканитов Восточного Саяна // Геохимия магматических пород современных и древних активных зон. - Новосибирск, 1987. - С. 109-121.

МОЛЧАНОВ И.А. Платина и металлы платиновой группы (платиноиды) // Полезные ископаемые Западно-Сибирского края. Т. I. - Новосибирск, 1934. - С. 235-238.

НЕСТЕРЕНКО Г.В., КОЛТУНОВ С.В., ЗИМОГЛЯДОВ Б.Н. Эпигенетические сростания золота с платиной в россыпях // Эпигенетические преобразования пород и руд Сибири. - Новосибирск, 1987. - С. 124-128.

ПИЛУС Г.В., КУЗНЕЦОВ В.А., ВОЛОХОВ И.М. Гипербазиты Алтае-Саянской складчатой области. - М.: Изд-во АН СССР, 1958. - 295 с.

ПОЛЯКОВ Г.В., БОГНИБОВ В.И. Раннепалеозойский перидотит - пироксенит-габбро-норитовый комплекс салаирид Юго-Восточной Тувы // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири. - Новосибирск, 1979. - С. 118-126.

ПОЛЯКОВ Г.В., БОГНИБОВ В.И., ИЗОХ А.Э. и др. Перидотит-пироксенит-габбро-норитовая формация Восточной Тувы и Северо-Западной Монголии // Плутонические формации Тувы и их рудоносность. - Новосибирск, 1984. - С. 3-57.

РАЗИН Л.В., МОЧАЛОВ А.Г., РАЗИНА Т.П., ЧУБАРОВ В.М. Минералы платиновых металлов в аллювиальных россыпях одного из районов гипербазитовых массивов (Корякско-Камчатская область) // Геология и геофизика. - 1979. - № 12. - С. 72-79.

СИДОРОВ Е.Г., ИЗОХ А.Э., КРИВЕНКО А.П., ЧУБАРОВ В.М. О минералах платиноидов Монголии // Геология и геофизика. - 1987. - № 12. - С. 108-112.

СЫРОВАТСКИЙ В.В., БАЛЬТЕР Б.Л., МАНАЕВА А.В. Аутигенное золото в сростаниях с осмистым иридием и платиной в россыпях Кузнецкого Ала-Тая // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. - 1969. - Ч. 98, № 3. - С. 338-340.

СЫРОВАТСКИЙ В.В., ЗИМОГЛЯДОВ Б.Н. Связь россыпей золота с интрузиями габбро-дунит-пироксенитовой формации Западной Сибири // Геология россыпей юга Западной Сибири. - М., 1969. - С. 155-159.

Химические составы породообразующих и аксессуарных минералов альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья. Ч. II. / Дмитриенко Г.Г., Мочалов А.Г., Паланджян С.А., Горячева Е.М. - Магадан, 1985. - 60 с. (Препр. СВКНИИ ДВО АН СССР).

ЮШКО-ЗАХАРОВА О.Е. Платиноносность рудных месторождений. - М.: Недра, 1975. - 248 с.

AUGÉ T. Platinum-group minerals in the Tiebaghi and Vourinos ophiolitic complexes: genetic implications // Can. Miner. - 1988. - Vol. 26. - P. 177-192.

AUGÉ T., JOHAN Z. Comparative study of chromit deposits from Troodos, Vourinos, North Oman and New Caledonia ophiolites // Mineral Deposits within the European Community. - Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1988. - P. 267-288.

BURGATH K.P., MOHR M. Chromitites and platinum-group minerals in the Meratus-Bobaris Ophiolite Zone, southeast Borneo // Metallogeny of basic and ultrabasic rocks // The Institution of Mining and Metallurgy. - London, 1986. - P. 333-349.

FORD R.I. Platinum - Group Minerals in Tasmania // Econ. Geol. - 1981. - Vol. 76. - P. 498-504.

HARRIS D.C., CABRI L.J. The nomenclature of the natural alloys of osmium, iridium and ruthenium based on new compositional data of alloys from world-wide occurrences // Can. Miner. - 1973. - Vol. 12. - P. 104-112.

LEGENDRE O., AUGÉ T. Mineralogy of platinum-group-mineral inclusions in chromitites from different ophiolitic complexes // Metallogeny of basic and ultrabasic rocks // The Institution of Mining and Metallurgy. London, 1986. - P. 361-372.

Утверждено к печати  
Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

---

Технический редактор Н.Н.Александрова

---

Подписано к печати 02.03.90. МН 02132.  
Бумага 60x84/16. Печ.л. 1,75. Уч.-изд.л. 1,5.  
Тираж 200. Заказ 99. Бесплатно.

---

Институт геологии и геофизики СО АН СССР  
Новосибирск, 90. Ротапринт.