

## ПЛАТИНОВЫЕ И ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИЕ РОССЫПИ УРАЛА, КРИТЕРИЙ И ПРИЗНАКИ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СВЯЗИ С ПЕРВОИСТОЧНИКАМИ

Баранников А. Г., Осовецкий Б. М.

*К 200-летию открытия россыпей благородных металлов на Урале*

На примере платиновых и платиносодержащих россыпей Урала рассмотрены вопросы их пространственной связи с первоисточниками. Охарактеризованы коренные источники платиноидов – мафит-ультрамафитовые массивы Платиноносного пояса. Россыпи подразделены на группы: ближнего сноса, умеренного сноса, дальнего сноса и переотложения. Последним уделено основное внимание. На примере Исовского и Актай-Талицкого россыпных районов выполнены палеогеоморфологические реконструкции, обосновывающие значимую роль палеопотоков раннемезозойского возраста в формировании россыпей. Описано преобразование зерен платиноидов при их транспортировке. На основе электронно-микроскопического изучения поверхности, данных гранулометрии, химического состава предложен ряд индикаторных признаков, позволяющих оценивать уровень элонгации зерен платиноидов и использовать эти данные при проведении прогнозно-поисковых работ

**Ключевые слова:** платина; платиноиды; первоисточники; россыпи; потоки; депрессии; гранулометрия; типоморфизм; типохимизм.

**Введение.** Урал – родина российской золотой и платиновой промышленности. Коренное золото было открыто Е. С. Марковым в 1745 г., а россыпное Л. И. Бруснициным в 1814 г. (ровно 200 лет назад). В 1819 г. в золотоносных россыпях Верх-Исетского, Невьянского и Билимбаевского промыслов обнаружили «белый металл», оказавшийся осмистым иридием. Вначале от него даже освобождались при промывке песков. Первая собственно платиновая россыпь выявлена в 1824 г. по р. Орулихе, левому притоку р. Баранчи. Вслед за этим металл обнаружили по р. Мартьяну близ подножья горы Соловьевой, в бассейне р. Ис и ряде других мест. Коренную платину открыли значительно позже (1892–1897 гг.). Наиболее масштабным оказался объект в пределах Нижнетагильского дунит-клинопироксенитового массива, получивший название «Господская шахта» (Госшахта). Месторождение обрабатывалось с перерывами несколько десятилетий. Общее количество добытой платины было невысоким и составило по ориентировочным подсчетам от нескольких сотен килограммов до первых тонн [1, 2].

Более высокой оказалась продуктивность платиносодержащих россыпей. Из объектов

Исовского, Баранчинского и других рудно-россыпных районов в начале XX в. был получен металл, составивший до 96 % мировой добычи. Интенсивная добыча платины привела к тому, что этот показатель к 1922 г. сократился до 41,2 %. Всего за столетний период с начала эксплуатации из россыпей региона извлекли около 16 тыс. пудов платины (порядка 260 т), а с учетом неучтенной добычи – около 330 т [1, 2, 3].

Аномально высокой продуктивностью характеризовались платиноносные россыпи долины р. Ис, берущей начало с массивов Светлый Бор и Вересовый Бор. Добыча платины здесь началась с 1860 г. По данным В. И. Вернадского [4] в XIX веке из россыпей куста было извлечено 2/3 мировой добычи металла.

Двухсотлетний период промышленного освоения уральских россыпей благородных металлов привел к исчерпанию наиболее доступных для освоения месторождений. С 40-х годов прошлого столетия начались поиски идей, позволяющих с новых позиций произвести переоценку россыпной металлоносности региона. Большой вклад в решение этой проблемы внесли сотрудники треста «Урал-

золото» Е. Н. Сидоренко, Н. В. Павлова, З. Ф. Панова и др., составившие полистные карты золотоносности (платиноносности) для ряда рудно-россыпных районов; обобщающие работы И. С. Рожкова [5]; исследования А. П. Сигова и коллектива его сотрудников [6, 7, 8].

Новые научные концепции, ориентировавшие разведчиков на оценку (переоценку) металлоносности слабо изученных древних и погребенных россыпей, были успешно реализованы в течение 60–80-х годов. Была осуществлена кардинальная переоценка перспектив экзогенной металлоносности региона, что позволило обеспечить золотодобывающие предприятия необходимым сырьем на длительный период. Балансовые запасы металла по сравнению с 1960 г. при этом возросли более чем в 2,5 раза, а уровень добычи – в 1,5 раза [8].

К настоящему времени большая часть разведанных в упомянутые годы месторождений уже отработана или близка к этому. Объектом оценки на большинстве площадей сейчас преимущественно являются россыпи среднего и мелкого масштаба техногенного и природно-техногенного типов. Актуальной в этой связи является ориентация прогнозно-металлогенических и поисковых работ на объекты так называемого «нетрадиционного типа», призванные стать альтернативой уже известным россыпным объектам. К ним следует отнести металлоносные химические коры выветривания, объекты гипогенно-гипергенного типа (связанные с процессами посторогенной активизации) [9, 10], россыпи с мелким и тонким металлом [11] и т. д.

Признание того, что месторождения платины и иных платиноидов, связанные с массивами дунит-клинопироксенит-габбровой формации, являются в регионе пока что единственным геолого-промышленным типом, никак не отвечает всё возрастающим запросам сегодняшнего дня. Высокую актуальность приобретают исследования, обосновывающие перспективы платиноносности не только в связи с уже известными и достаточно хорошо изученными объектами «нижнетагильского типа», но и с новыми,

потенциально платиносодержащими рудноносными формациями (различного генезиса, состава, возраста). Интерес для дальнейшего изучения и последующей оценки заслуживают полигенные и полихронные скопления металлов платиновой группы (МПГ) в породах «черносланцевых формаций»; проявления сульфидного и малосульфидного золото-платино-палладиевого типа, связанного с ферроклинопироксенит-габбровыми комплексами («волковский» и «баронский» типы); МПГ в парагенезисе с медно-цинковыми и скарновыми рудами; платиноиды в ассоциации с медистыми песчаниками. Установлено присутствие золота и платиноидов в зонах проявления посторогенной (мезозойской) активизации [12]. Золото-платиновые россыпепроявления известны в современном аллювии водотоков Вятско-Камской впадины, перемывающих раннемезозойскую кору выветривания в пределах восточных районов Восточно-Европейской платформы [11]. Платиновые проявления установлены в артинских конгломератах западного склона Урала [13]. Комплексная оценка некоторых песчано-гравийных месторождений строительных материалов в районах, прилегающих к Уралу, показала присутствие платины и золота в количествах, достаточных для попутного извлечения [14].

Высокую актуальность при проведении прогнозно-поисковых работ приобретает на современном этапе изучение типоморфизма и типохимизма визуально наблюдаемых частиц шлиховой платины и иных МПГ, во многих случаях являющихся прямыми признаками прогнозируемого платиноидного оруденения. Эти данные, основывающиеся не только на традиционных, но и новых методах исследования, позволяют конкретизировать геологический прогноз и получить новые сведения, раскрывающие рудно-формационную природу оруденения.

Опыт подобных минералогических и топоминералогических исследований в совокупности с палеогеоморфологическими реконструкциями эпох россыпеобразования отражен в настоящей публикации.

Электронно-микроскопические исследования поверхности зерен платиноидов выполнены в Пермском национальном исследовательском университете на полевом сканирующем электронном микроскопе JSM 7500 F фирмы «JEOL»; химический состав поверхности налетов и пленок определен на сканирующем электронном микроскопе JSM 6390LV фирмы «JEOL» с приставками (EDS и WDS) «Oxford Instruments».

**Первоисточники россыпных платиноидов Урала.** Россыпные месторождения, содержащие платину, пространственно и генетически связаны с мафит-ультрамафитовыми массивами Платиноносного пояса. Эти породы в виде прерывистых полос прослеживаются на протяжении более 900 км. Платиноносность пород не повсеместна и зарегистрирована лишь на отрезке в 450 км – от Денежкиного Камня на севере до Омутнинского массива (Ревдинский комплекс) на юге. Помимо этого, судя по россыпной платиноносности, на восточном склоне Урала к северу от описанной полосы ещё на расстоянии не менее 20 км могут находиться менее крупные первоисточники платины.

В пределах Уральского платиноносного пояса выделено четыре платиноносных узла: Южно-Заозерский, Кытлымский (Конжаковско-Косьвинский), Исовский и Нижнетагильский [3]. В пределах Южно-Заозерского узла россыпеобразующими материнскими источниками платиновых россыпей являются три небольших клинопироксенит-дунитовых массива – Желтая Сопка, Пихтовый и Вересовый увалы. Эти массивы объединяются в крупный тылаит-клинопироксенит-дунитовый массив Денежкин Камень. Согласно О. К. Иванову [15], дуниты этого массива интенсивно перекристаллизованы и прорваны дайками габбро.

В границах Кытлымского узла присутствуют два тылаит-клинопироксенит-дунитовых массива – Тылай-Конжаковский Камень и Косьвинский Камень, которые также объединяются в Кытлымский дунит-клинопироксенит-габбровый платиноносный массив. Коренными источниками россыпной платиноносности являются дуниты, окруженные

аподунитовыми верлитами и клинопироксенитами. В рудных телах с хромитовыми сегрегациями содержание платины составляет от 1 до 50 г/т. Здесь в высокохромистых рудах наиболее распространена тетраферроплатина, в ассоциации с которой находятся туламинит, изоферроплатина, самородный осмий, иридоосмин, эрлихманит и куперит. Однако в менее хромистых рудах главными минеральными компонентами являются изоферроплатина и туламинит.

В пределах Исовского узла расположены три платиноносных площади, генетически связанные с ультрамафитовыми массивами. Два из них являются сравнительно небольшими клинопироксенит-дунитовыми телами (Вересовый Бор и Светлый Бор), третий – клинопироксенитовый (аподунитовый) (Качканарско-Гусевогорский). Дунитсодержащие массивы субмеридионально вытянуты, имеют в плане концентрически-зональную форму с дунитами в центральной части и прерывистыми аподунитовыми обрамлениями верлитов и клинопироксенитов. В составе Качканарско-Гусевогорского массива выделяется ванадиево-титаномагнетитовое Качканарское рудное поле ванадиево-титано-железных руд. Рудное поле объединяет два месторождения – Качканарское и Гусевогорское. Руды этих месторождений, в основном, вкрапленные в продуктивных клинопироксенит-диаллагитах, реже – сплошные, шпировые. Содержание палладия в рудах оценивается в 0,15–0,4 г/т, платины – 0,04–0,12 г/т. Основными минералами платины являются изоферроплатина и в меньшей степени иридийная платина, осмирид, очень редки тетраферроплатина, иридоосмин, лаурит и др.

Нижнетагильский узел платиноносности вытянут с севера на юг вдоль водораздельного Главного Уральского хребта. Коренные источники платиноидов являются здесь питающими породами для россыпей восточного и западного склонов Урала. Они приурочены к Нижнетагильскому ультрамафитовому массиву. Носителями коренной платиноносности являются дуниты, а также аподунитовые серпентиниты и аналоги верлитов и клинопи-

роксенитов. Минералы платиновой группы представлены выделениями разной крупности – от макро- до наночастиц.

Таким образом, в пределах Платиноносного пояса Урала основные источники питания россыпей различаются по минеральному и химическому составу платиноидов. Установлено, что наиболее богаты иридием, отчасти осмием руды, связанные с Конжаковским и Омутнинским массивами. В Конжаковском

массиве содержание Os и Ir в рудах в среднем составляет 20,4 % (табл. 1). По содержанию железа металл соответствует тетраферроплатине (11,2 %). В Омутнинском массиве содержание Os и Ir достигает 23,9 %. Платина в этих объектах низкожелезистая (от 2,5 до 6,6 %), отвечающая изоферроплатине. В других массивах Платиноносного пояса содержание Os и Ir изменяется в пределах от 0,8 до 5,2 %, в среднем – 3,2 %.

Химический состав платиноидов коренных источников россыпей  
(по Н. К. Высоцкому), мас. %

Таблица 1

Массив	Номер массива на рис. 1	Pt	Os + Ir	Fe	Прочие (установленные)
Денежкин Камень	8	84	3,4	9,6	3,0, в том числе: Cu – 0,5; Ir – 0,9; Pd – 1,1; Rh – 0,2; Au – 0,1 (г/т)
Конжаковский	7	60	20,4	11,2	8,4, в том числе: Cu – 0,5; Ir – 3,2; Pd – 0,47; Rh – 0,9; Os – 0,12
Тылайский	6	79	5,2	12,0	не определялись
Кытлымский	5	83	0,8	11,2	5,0, в том числе: Cu – 1,1; Ir – 2,1; Pd – 0,3; Rh – 0,6; Au – 1,0 (г/т)
Соколовско-Вересовский	4	82	5,0	9,7	3,3, в том числе: Cu – 0,5; Ir – 1,8; Pd – 0,2; Rh – 0,7; Au – 0,3 (г/т)
Вересовый Бор	3	85	1,6	9,9	3,5, в том числе: Cu – 0,8; Ir – 1,1; Pd – 0,53; Rh – 0,83
Светлый Бор	2	82	5,2	9,7	3,1, в том числе: Cu – 0,5; Ir – 1,2; Pd – 0,37; Rh – 0,8; Au – 2,0 (г/т)
Нижнетагильский	1	78	1,3	14,3	6,4, в том числе: Cu – 2,1; Ir – 1,6; Pd – 0,5; Rh – 1,0; Ni – 0,6
Омутнинский	9	62	23,9	5,7	8,4, в том числе: Cu – 1,1; Ir – 3,7; Pd – 0,31; Rh – 0,5

Повышенные концентрации Os и Ir в платине отдельных объектов обусловлены присутствием в породах массива иридомина и осмирида. Обособления этих минералов пластинчатой формы в виде единичных мелких включений встречены в изоферроплатине из хромитовых гнезд, реже в дунитах. Концентрации железа в платине отдельных массивов пояса существенно варьируют. Сведения, приведенные в табл. 1, отражают колебания содержания железа в платине в пределах от 0,6 до 14,3 % (в среднем по девяти массивам 10,4 %, что означает присутствие как изоферроплатины, так и тетраферроплатины). Приняв граничное значение в 10,0 %, отметим, что в 36 изученных россыпных объектах (64

% от общего количества) в основном присутствует изоферроплатина (при среднем содержании Fe 6,8 %) и в 20 россыпях (36 %) – тетраферроплатина ( $Fe_{cp} = 13\%$ ) (табл. 2).

**Типизация платиноносных россыпей.** Рудосодержащие массивы окружены ареалами платиновых и платиносодержащих россыпей «ближнего сноса», отчасти «умеренного сноса». На большем удалении от них (на расстоянии в несколько десятков километров) известны кусты золото-платиносодержащих россыпей, относимых к объектам «дальнего сноса и переотложения».

*Россыпи «ближнего сноса»* – крупная геологическая совокупность россыпей, тесно пространственно связанная с коренными

источниками [16]. К ним относятся элювиально-лювиальные) металлоносные накопления, альные, склоновые (делювиальные и про- россыпи в речных долинах первых порядков.

Таблица 2

**Химический состав платиноидов (мас. %) россыпей Урала  
(составлено А. П. Сиговым, В. И. Ромашовой по материалам Н. К. Высоцкого)**

Номер объекта на рис. 1	Платиноносный массив	Наименование россыпи	Pt	Os + Ir	Fe	Прочие
1	Денежкин Камень	р. Сольва	82,6	3,5	10,4	3,5
2	то же	р. Сольва	81,9	3,1	11,6	3,4
3	Конжаковский	п. Богословск	72,6	17,3	6,8	3,9
9	то же	р. Иов	60,4	20,2	11,1	8,3
10	то же	р. Иов, низовья	64,6	20,2	11,7	3,5
4	Тылайский	р. Тылай	78,6	6,2	11,3	3,9
5	то же	р. Тылай	78,5	4,3	12,9	4,3
6	Кытлымский	р. Малая Косьва	87,2	0,8	7,3	4,7
7	то же	Каменно-Косьвинский прииск	82,6	2,5	9,7	5,2
8	то же	р. Кытлым	83,3	0,8	11,3	4,6
11	Соколовско-Вересовский	р. Каменушка	82,5	4,9	9,3	3,3
12	то же	р. Каменушка, низовья	81,9	0,2	14,5	3,4
13	Вересовый Бор	р. Простокишенка	86,6	4,0	7,6	1,8
14	то же	р. Простокишенка	83,4	4,5	9,1	3,0
15	то же	р. Простокишенка	80,3	0,6	15,4	3,7
16	то же	р. Малый Покап	78,7	2,3	11,3	7,7
17	то же	р. Большой Покап	80,1	1,4	12,5	6,0
18	то же	р. Большой Покап	87,5	0,5	8,7	3,3
19	то же	р. Б. Покап, ниже М. Покапа	87,2	0,6	9,3	2,9
20	то же	р. Б. Покап, ниже М. Покапа	87,0	0,6	8,4	4,0
21	Светлый Бор	Вершина VI лога	80,8	7,8	8,6	2,8
22	то же	Вершина I лога	83,9	2,9	8,7	4,5
23	то же	Вершина Травянистого лога	83,2	4,5	9,0	3,3
24	то же	Вершина VI лога	80,4	5,5	9,8	4,5
25	то же	Вершина II лога	81,3	3,2	10,3	5,2
26	то же	Верх-Косьинский прииск	76,8	10,4	8,6	4,2
27	то же	Усть-Косьинский прииск	81,1	5,8	10,2	2,9
28	то же	Петровский прииск	83,6	6,1	8,5	1,8
29	то же	Александровский прииск	82,5	4,7	9,1	3,7
30	то же	Владимирский прииск	83,7	5,5	8,5	2,3
31	то же	Ильинский прииск	84,1	4,8	7,9	3,2
32	то же	Анна-Иосифовский прииск	85,0	4,0	8,2	2,8
33	то же	Юрьевский прииск	84,8	5,2	7,6	2,4
34	то же	Мариинский прииск	86,3	3,7	7,9	2,1
35	то же	Морозный лог, приток р. Ис	83,9	3,5	8,0	4,6
36	то же	Маломальский прииск	85,7	4,0	7,7	2,6
37	то же	Екатерининский прииск	84,6	4,5	8,5	2,4
а	то же	Актай-Талицкая (J <sub>1</sub> )	72,2	16,4	7,2	4,2
б	то же	Актай-Талицкая (J <sub>2</sub> )	83,7	4,1	7,8	4,4
в	то же	Актай-Талицкая (Q <sub>2</sub> )	82,0	5,7	8,8	3,5
г	то же	Актай-Талицкая (Q <sub>4</sub> )	82,5	5,6	8,4	3,5
38	Нижне-Тагильский	р. Матьян	76,9	2,8	12,7	7,6
39	то же	р. Висим	77,8	1,3	14,8	6,1
40	то же	р. Сисим	79,6	1,0	14,9	4,5
41	то же	р. Чауж	80,0	0,8	14,8	4,4
42	то же	р. Бобровка	73,0	1,6	17,5	7,9
43	то же	р. Юблейская Каменка	78,4	1,9	14,2	5,5
44	то же	р. Черная	76,2	1,2	16,9	5,7
45	Омутнинский	р. Омутная	65,3	26,0	6,6	2,1
46	то же	р. Омутная	77,6	10,9	2,5	9,0

Номера массивов и россыпей отражены на рис. 1.

Они формируются в ближайшем окружении рудоматеринских массивов порой на удалении в первые километры (россыпи 1-го типа [17]).

В случае более значительного переноса (4–10, до 15 км) возможно выделение *россыпей «умеренного сноса»* (объекты 2-го типа). К ним на Урале следует относить некоторые объекты долинного типа, связанные с современной гидросетью, россыпи древних (раннемиоценовых) террас в долинах крупных рек (Ис, Чусовая, Миасс, Уй и др.) [6].

При обобщении данных по химическому составу платины из россыпей «ближнего сноса» (отчасти умеренного) в пределах Платиноносного пояса А. П. Сиговым обоснованы отчетливые коррелятивы между составом рудной и россыпной платины (рис. 1, табл. 1, 2) [7]. Сопоставление основано на оценке содержаний ведущих элементов-примесей в природной платине (Os и Ir), отчасти установленных в металле концентраций железа. В основу выполненного обобщения им были взяты сведения, содержащиеся в работе Н. К. Высоцкого (1925) [18].

Минеральные формы присутствия платины в ареалах россыпей ближнего (умеренного) сноса изменчивы, но они находятся в соответствии с особенностями минерального состава МПГ коренных пород. В россыпях обрамления Денежкиного Камня присутствуют как изоферроплатина, так и тетраферроплатина (от 9,6 до 11 % Fe). Та же особенность свойственна Кытлымскому (7,3–11,3 % Fe), Соколовско-Вересовскому (9,3–14,5 % Fe), Вересово-Борскому (7,6–15,4 % Fe) рудно-россыпным узлам. Россыпи в обрамлении массива Светлый Бор характеризуются более низкой железистостью (7,6–9,8 % Fe). В противоположность им металл из рудных объектов и россыпей Нижнетагильского массива оказался наиболее железистым (12,7–16,9 % Fe;  $Fe_{cp} - 15,1\%$ ); он полностью представлен тетраферроплатиной. Сказанное подтверждают данные по этому массиву, полученные при изучении россыпей узла:  $Fe_{cp}$  (по данным 10 анализов) – 11,24 %,  $Fe_{cp}$  (по данным 4 анализов) – 17,36 % [19]. К другим примесям платины в рудоносном массиве относятся: в

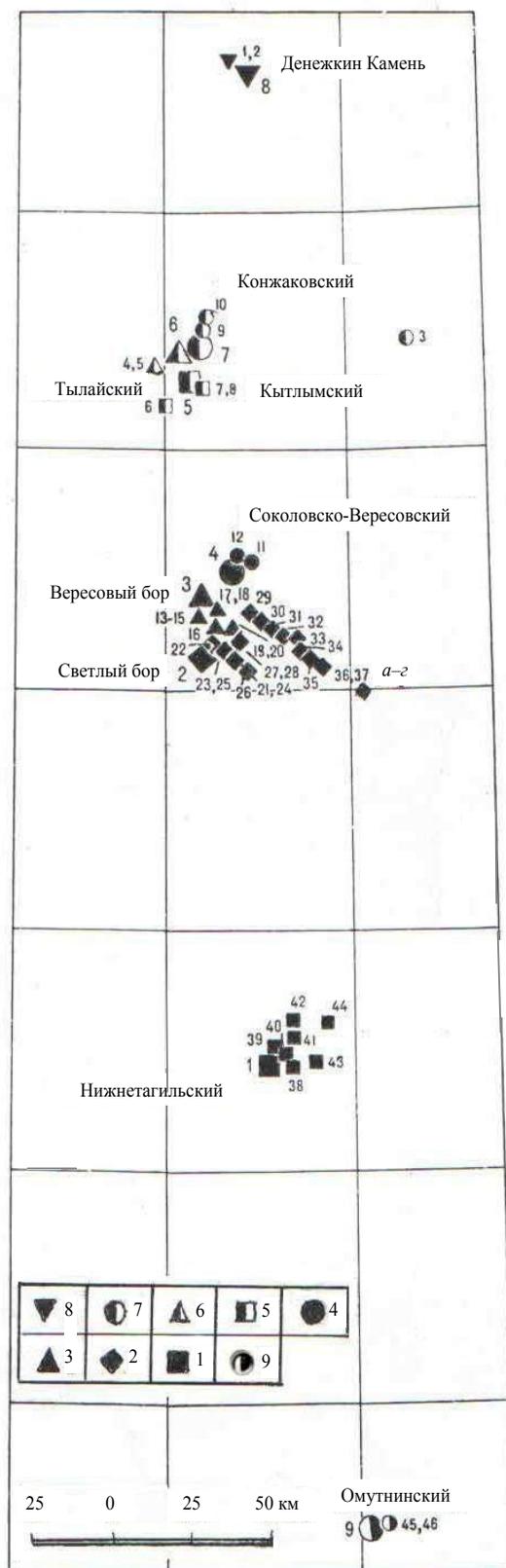


Рис. 1. Схема размещения россыпей ближнего и умеренного сноса в обрамлении платиноносных массивов (по А. П. Сигову, 1997). Массивы (крупный знак) и россыпи (мелкий знак) обозначены цифрами (см. табл. 2); последовательность их рассмотрения соответствует позиции на схеме (с севера на юг)

первой серии проб (приведены средние значения): Pt – 85,05 %, Pd – 0,37, Rh – 0,76, Os – 0,05, Ir – 2,27, Ru – 0,03, Cu – 0,46, Ni – 0,44; во второй серии: Pt – 78,64 %, Pd – 0,29 %, Rh – 0,66, Os – 0,00, Ir – 0,18, Ru – 0,09, Cu – 2,28, Ni – 0,52.

*Россыпи дальнего сноса и переотложения* представляют крупную генетическую совокупность объектов, не проявляющую отчетливой пространственной связи с коренными источниками [16]. Образуются в процессе неоднократного перемыва и сортировки материала за счет региональных источников питания и промежуточных коллекторов (россыпи аллохтонного типа, по Б. В. Рыжкову). Концентрация металла в этих объектах происходила в ходе длительной сортировки материала – по крупности, абразивной прочности, химической устойчивости, определяющих в совокупности способность минералов к транспортировке. К россыпям данного типа относятся, в частности, некоторые долинные россыпи алмазов; прибрежно-морские россыпи титано-циркониевых минералов; мелкие четвертичные россыпи золота и платины в долинах мелких рек Предуралья; россыпи благородных металлов в контурах палеопотоков раннемезозойского возраста.

Исследование системы «коренной источник–россыпь» применительно к россыпям дальнего сноса является одной из наиболее сложных проблем в теории россыпеобразования. Здесь неприемлем упрощенный подход, сводящийся только к анализу системы «коренной источник–элювий–делювий–аллювий». Аргументированное рассмотрение проблемы возможно лишь на основе выполненных палеогеоморфологических реконструкций древних речных систем и потоков с привлечением дополнительной информации, получаемой при минералого-геохимическом изучении шлихового металла, включая современные электронно-микроскопические исследования.

Помимо этого, можно выделить *удаленные шлейфы* выноса платиноидов, приуроченные к обломочным отложениям разного возраста, находящимся на значительных (сотни километров) расстояниях от коренных источников. Здесь они представлены в концентрациях, не имеющих практического значения, однако представляющих интерес для комплексной оценки объектов или имеющих палеогеоморфологическое значение.

***Закономерности формирования и пространственного размещения аллохтонных россыпей.*** При обобщении материала по экзогенной металлогении обоснованы ведущие факторы россыпеобразования в пределах уральского региона [6, 7, 8]. В их числе: насыщенность рудоносных площадей коренными источниками, отвечающими рангу россыпеобразующих; «гипергенная подготовленность» блоков оруденелых пород, вовлекаемых в сферу россыпеобразования; тектоническая активизация в определенные отрезки геологической истории, способствующая денудационному снижению блоков минерализованных пород; благоприятная для накопления устойчивых минералов эрозионно-аккумулятивная деятельность флювиальных систем.

Сочетание разновозрастных речных систем и потоков привело к формированию в регионе полихронных и полигенных россыпей благородных металлов, широкому проявлению процессов унаследования россыпных концентраций. Платиновые и золотоносные платиносодержащие россыпи, развитые на Среднем и Северном Урале, имеют широкий возрастной диапазон распространения ( $J_{2-3}$ ,  $ln$ ,  $K_2ms$ ,  $N_1^{1-2sv}$ ,  $N_2-Q$ ). Им свойственны свои литолого-минералогические и иные особенности, в том числе касающиеся характера пространственной связи с первоисточниками.

Наиболее активно эрозионные процессы пермско-раннемезозойской эпохи захватили верхние (купольные) части рудоносных массивов, что привело к размыву большей части коренной платиноносности. Так как денудационное снижение массивов проявилось себя достаточно резко, то химическое выветривание в этих процессах существенно отставало; по-

этому металл в флювиально-пролювиальных потоках переносился преимущественно в связанном состоянии, что и предопределило воз-

можность его значительной транспортировки.

По данным А. П. Сигова, значительная часть коренных источников благородных ме-

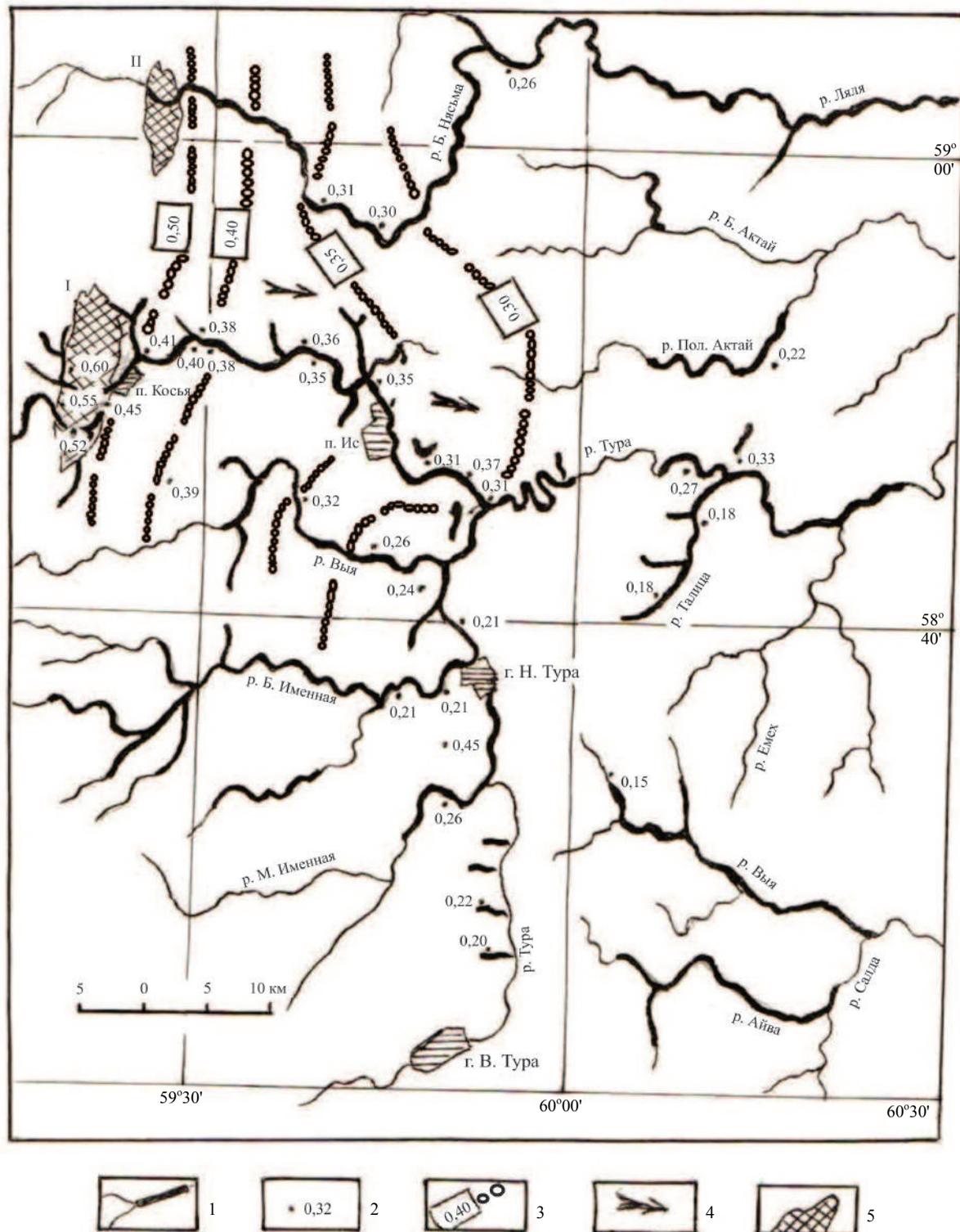


Рис. 2. Предполагаемые направления элонгации зерен шлиховой платины (схема) на площади бассейнов рек Ис – Тура (составлено с использованием карты россыпей Урала (1963) и материалов А. П. Сигова, В. П. Трифонова): 1 – ведущие платиновые и платиноносные россыпи в контурах современной гидросети; 2 – рассчитанные значения параметра  $D_{cp}$  – средней крупности зерен шлиховой платины, мм; 3 – возможные границы, определяющие поля рассеяния шлиховой платины различной средней крупности (0,5–0,2 мм и менее); 4 – тренд, отражающий направленное изменение параметра  $D_{cp}$ ; 5 – рудоматеринские массивы дунит-клинопироксенит-габровой формации Платиноносного пояса

таллов (золота, платины) в регионе оказалась вскрытой эрозионными процессами еще в среднем палеозое, но наиболее масштабно в позднем палеозое – раннем мезозое.

В накопившихся отложениях молассоидного типа не было условий для совершенной дифференциации обломочного материала и формирования в этих толщах промышленно значимых горизонтов с ценными и благородными металлами. По выражению А. П. Сигова, это была «эпоха не концентрирования, а рассеяния благородных металлов». Однако накопившиеся в определенных зонах металлоносные отложения сыграли впоследствии значимую роль в ранге «промежуточных коллекторов».

Молассоидные отложения триас-юрского возраста ранее были развиты на площади значительно шире, нежели сейчас. Они сохранились к настоящему времени в пределах раннемезозойских рифтогенных депрессий. В ряде случаев (Волчанская, Богословско-Веселовская, Мостовская депрессии) установлена металлоносность выполняющих их отложений [20]. На площадях, примыкающих к тектоническим структурам, обломочный материал (в том числе содержащий шлиховой металл) испытал последующее наложение процессов химического выветривания при формировании позднемезозойского пенеплена. Если речные системы позднего мезозоя (мезозойские эрозионно-структурные депрессии) и кайнозоя (раннемиоценовые долины) наследовали контуры раннемезозойских потоков, возникали оптимальные условия для формирования протяженных россыпей платины (и золота) аллохтонного типа.

Обобщение фактического материала по угленосности отложений раннемезозойского возраста позволило В. И. Тужиковой охарактеризовать геологическую историю той эпохи, обосновать палеогеографические и геотектонические факторы угленакопления [21]. Агентами, транспортирующими обломочный материал, были временные потоки, более или менее постоянные реки. Режим потоков был изменчив. Потоки, образующие конусы выноса, впадали в грабены. Размеры обломоч-

ного материала и мощности отложений конусов (до 200–300 м) свидетельствуют о высокой транспортирующей силе потоков. Многократное чередование в разрезе угленосной толщи пролювия с породами фации болот, часто фиксируемые контакты областей размыва и переотложения указывают на неоднократные изменения условий осадконакопления. Это могло быть связано с чередованием фаз тектонической активности областей размыва с фазами тектонической стабилизации.

Опыт палеогеоморфологических реконструкций на примере Исовского и Актай-Талицкого россыпных районов отражен на рис. 3.

Рудоконтролирующими морфоструктурами, определяющими пространственное размещение большинства россыпных месторождений благородных металлов на Урале, являются мезозойские *эрозионно-структурные депрессии* (ЭСД). На базе выявленных в пределах депрессий древних (дочетвертичных) россыпей и была произведена в 60–80 гг. XX века кардинальная переоценка перспектив россыпной металлоносности региона. Заложение наиболее протяженных ЭСД произошло в средней (возможно ранней) – поздней юре при формировании раннемезозойского пенеплена. Однако, как показывает практика прогнозно-металлогенических исследований, для обоснования геологической позиции пространственно оторванных от коренных источников россыпей аллохтонного типа необходимо также учитывать металлоносность более древних накоплений (среднетриасово-раннеюрского возраста), отвечающих наиболее ранним этапам формирования раннемезозойского пенеплена. Эти континентальные образования следует рассматривать в качестве «промежуточных коллекторов» благородных металлов.

Кусты платиновых и платиносодержащих аллохтонных россыпей различного возраста достаточно широко распространены на Среднем и Северном Урале.

К востоку от Денежкиного Камня на расстоянии 40 км находится полоса, изобилующая золото-платиноносными россыпями, а именно: протяженный отрезок долины р.

Сосьвы, где пространственная оторванность от коренного источника достигает 10–15 км; группа ложковых россыпей на склонах Ше-

гультанского увала; россыпь в долине р. Вагран от г. Североуральска до устья реки и т. д. Наиболее богатыми оказались россыпи в пре-

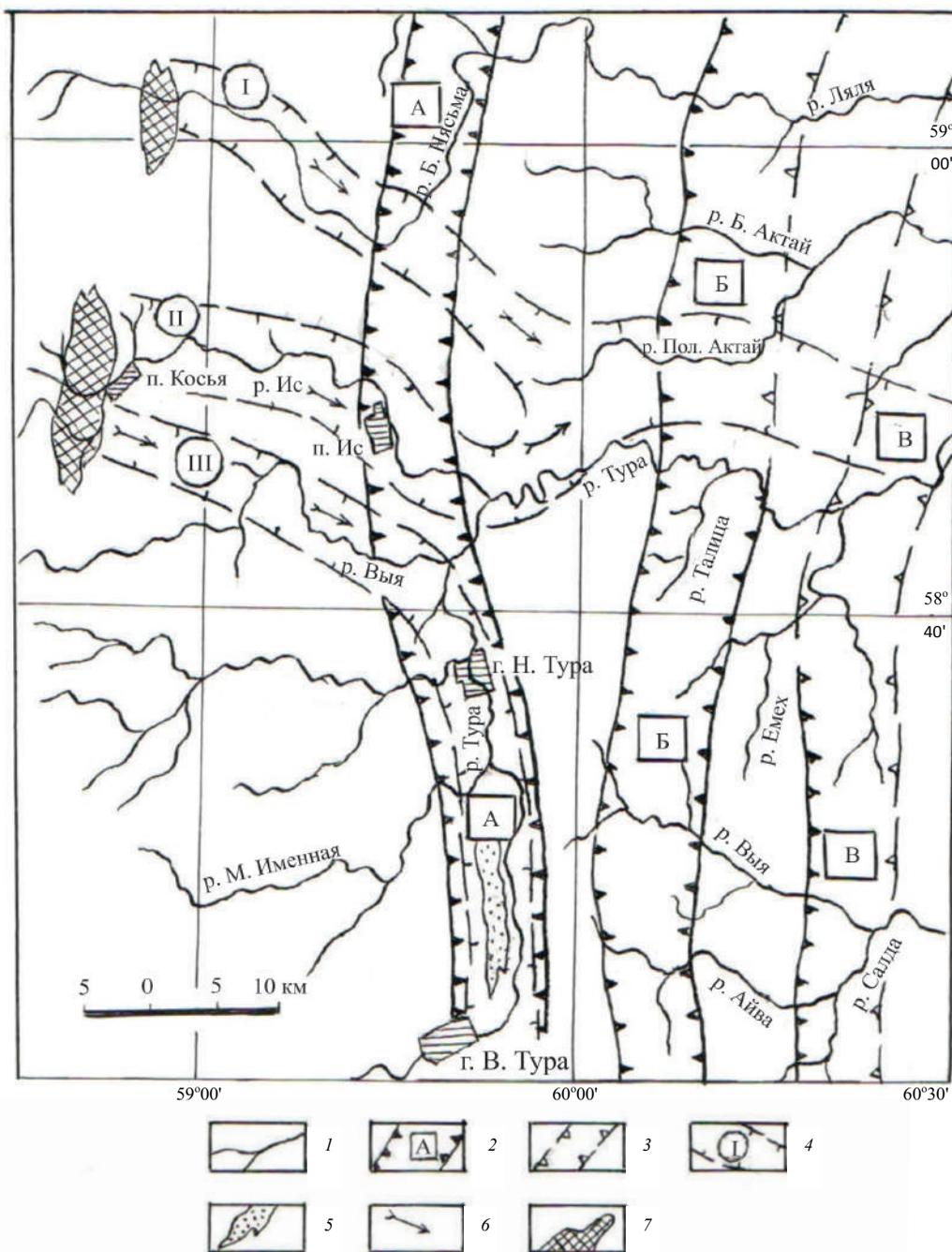


Рис. 3. Палеогеоморфологические реконструкции (схема), отражающие позицию речных систем и потоков в мезозое-кайнозое на площади Исовского и Актай-Талицкого рудно-россыпных районов (составлено с использованием материалов А. П. Сигова и В. П. Трифонова):

1 – контуры современной гидросети, содержащей платиновые и платиносодержащие россыпи (см. рис. 2); 2 – контуры мезозойских эрозионно-структурных депрессий ( $J_{2-3}-K_2$ ): А – Туринско-Богословской, Б – Ивдельско-Тагильской, В – Невьянско-Кантуrowsкой; 3 – участки мезозойских депрессий, перекрытые морскими отложениями; 4 – предполагаемые контуры раннемезозойских палеопотоков ( $T_{2-3}-I_1$ ) субширотной ориентировки, впоследствии «экспонированные» и претерпевшие размыв накопленного в них обломочного материала: I – Пра-Нясьма, II – Пра-Ис, III – Пра-Вья; 5 – сохранившиеся породы раннемезозойского возраста ( $T_3-I_1$ ) в Мостовском грабене – аргиллиты, алевролиты, песчаники с горизонтами конгломератов; 6 – возможные направления переноса обломочного материала и благородных металлов (Au, Pt) в раннем мезозое; 7 – рудоматеринские массивы дунит-клинопироксенит-габбровой формации Платиноносного пояса

делах распространения девонских известняков и перекрывающих их сланцевых пород, где содержание платины по отношению к золоту составляло 37–50 % (по Н. К. Высоцкому).

При определении путей переноса платины от массивов Светлый и Вересовый Бор за основу взят принцип прослеживания платиноносных россыпей, развитых в пределах современной гидросети. Можно предполагать, что р. Ис, от верховьев до п. Маломальска, укладывается в контуры раннемезозойского потока (Палео-Ис, по А. П. Сигову). Далее палеопоток, повернув на северо-восток, следует долину р. Полуденный Актай, достигнув Актай-Талицкой площади. Присутствующая здесь в россыпях платина несет признаки значительной транспортировки и имеет состав, характерный для массива Свет-

лый Бор [7].

Сказанное подтверждают результаты микронного изучения платиноидов Актай-Талицкой площади (табл. 3).

Контуры других раннемезозойских палеопотоков выделены авторами на схеме (рис. 3) предположительно. Возможно, что с Соколовско-Вересовского массива спускался в раннем мезозое субширотно ориентированный поток (Пра-Нясьма), позднее наследованный платиноносной р. Большая Нясьма. На удалении в 35 км от массива он соединился с Палео-Исом. Верховья другого палеопотока (Пра-Выйского) также начинаются с Вересовского Бора. На значительном отрезке поток унаследован р. Выя, затем он поворачивается на юг. На южном отрезке контуры палеопотока наследованы позднее субмеридиональной

Таблица 3

Химический состав зерен платиноидов Актай-Талицкой россыпи, мас. %

Элемент	1	2	3	4	5	8	9	14	21
Pt	85,46	89,11	86,27	86,26	87,05	89,33	89,54	57,42	82,34
Ir	2,44	0,44	3,48	1,48	0	1,12	2,33	30,07	6,56
Os	0	0	0,92	0	0	0	0	4,83	0,66
Ru	0,21	0	0	0	0	0	0	0,55	0
Rh	0,68	0	0	0,97	0,88	0	0	0,86	0,65
Pd	1,50	0,61	0,21	0,74	1,01	0,43	0	0,37	0,62
Fe	8,71	8,80	8,57	9,28	10,29	8,26	6,26	5,06	8,47
Ni	0	0	0	0,22	0,15	0,07	0,06	0,08	0
Co	0,06	0	0	0	0	0,08	0	0	0
Cu	0,95	1,04	0,54	1,05	0,62	0,70	1,25	0,76	0,69
Сумма	100,01	100	99,99	100	100	99,99	99,44	100	99,99

1–8 – изоферроплатина; 9 – медисто-иридино-железистая платина; 14 – изоферроплатина с мелкими включениями родиево-осмирида; 21 – изоферроплатина с мелкими включениями иридиевых фаз.

мезозойской Ивдельско-Тагильской эрозионно-структурной депрессией и современной долиной р. Туры. На Именновском участке в пределах развития пород рэт-лейасового возраста (Мостовской грабен) установлено присутствие россыпной платиноносности. Раннемезозойские металлоносные отложения явились на участке промежуточными коллекторами, за счет перемыва которых произошло формирование куста платиновых ложковых россыпей (р. Малая Именная, Мостовая, Медведка и др.).

**Преобразования платиноидов в процессе миграции.** Детальный материал многолетних исследований позволяет сделать вывод

о значительном разnose зерен платины от коренных источников на восток и запад. Так, находки кластогенного золота в девонских отложениях Северного Урала описаны в работах В. С. Шуба, В. В. Мурзина, Б. А. Шнейдера. Авторами статьи золото подобного типа встречено в бокситоносных среднедевонских отложениях Субровского горизонта Кальинского месторождения [22]. О присутствии мелкого золота и платины в артинских гравелитах и конгломератах упоминается в работах Токарева И. Ф. (1922), Золоева К. К., (2001), Наумовой О. Б. (2010), Чувашова Б. И. [13] и др.

Столь значительный отмеченный перенос шлихового металла по системе современных

речных долин не типичен для уральской россыпной провинции, где абсолютно преобладают россыпи ближнего сноса, которым и уделялось первостепенное внимание. Поэтому поднятая проблема изучения аллохтонных россыпей заслуживает специального обсуждения.

Сложность процессов формирования аллохтонных россыпей требует привлечения новых методов их прогнозирования и интерпретации. Среди них важное место может принадлежать детальному изучению самих платиноидов. Это дает возможность прогнозировать позицию коренного источника благородного металла, оценивать дальность переноса россыпного металла, восстанавливать палеогеоморфологическую обстановку россыпеобразования и т. д.

Для решения всех этих вопросов необходимо иметь представление о процессах изменения платиноидов в ходе миграции и механизмах их концентрации. Такие изменения наблюдаются в гранулометрическом составе зерен платиноидов, их морфологии, характере поверхности, химическом составе и т. д.

*Гранулометрия.* Для коренных источников в целом характерно преобладание мелких частиц платиноидов. В россыпях процессы механической концентрации обуславливают изменение гранулометрического состава в направлении повышения доли крупноразмерных классов. Кроме того, укрупнению металла способствует ковкость зерен платины, которая относительно легко расплющивается в ходе миграции и, оставаясь такой же по массе, переходит в более крупные размерные классы. Однако миграционная способность крупных зерен платиноидов весьма ограни-

ченна. Вследствие этого по мере удаления от коренного источника доля крупных фракций снижается. Кроме того, возрастает степень сортировки зерен платиноидов по крупности. С привлечением данных по гранулометрии металла появляется возможность оценивать дальность его переноса.

На расстоянии в 50 км от Денежкиного Камня в Екатеринбургской золотоносной россыпи юрского возраста ( $I_{2-3}In$ ) установлено присутствие платины, отвечающей по составу изоферроплатине (табл. 4). Металл соответствует мелкому, отчасти среднему классам крупности, хорошо и удовлетворительно окатан. На удалении пород платиноносного пояса в несколько десятков километров располагается Чернореченская золотоносная россыпь ( $I_{2-3}In$ ), также содержащая мелкие окатанные зерна платины. Здесь также отмечено присутствие зерен изоферроплатины (табл. 4).

Уникальный для региона материал по гранулометрии шлиховой платины россыпей Исковского и Туринско-Актайского рудно-россыпных районов был собран в 30-е годы XX века профессором В. П. Трифоновым, занимавшим должность главного геолога Исковского прииска треста «Уралзолото». Выполненная авторами статьи обработка сохранившихся архивных материалов профессора позволила отстроить ряд схематических карт (схем), отражающих закономерное изменение параметра металла россыпей – среднего рассчитанного значения крупности зерна шлиховой платины ( $D_{cp}$ ). На отстроенной схеме (рис. 3) проявлен отчетливый тренд, отражающий изменение  $D_{cp}$  в направлении с запада на восток от значения 0,60–0,50 мм (в пределах рудоносных массивов) до 0,18–0,16 мм (в удалении от массивов на десятки км).

Таблица 4

Химический состав платиноидов россыпей Урала, мас. %

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pt	87,47	83,77	75,49	88,49	74,93	4,03	87,20	0	0	0
Os	0,81	0,82	0	0,83	0,46	0	0,56	22,12	31,53	63,51
Ir	0,07	0	12,95	0	0	91,48	0,78	75,57	47,97	33,77
Pd	0,99	0,85	0,39	0,50	0	0,12	0,37	0	0,30	0
Ru	0,23	0,18	0,64	0,21	0,18	1,13	0,38	0,75	18,99	1,18
Rh	0,58	0,43	1,81	0,54	0	1,94	0,70	1,03	0,77	0,70
Fe	9,02	13,04	8,20	8,68	18,55	0,66	8,81	0,46	0,24	0,77
Ni	0,02	0,16	0	0,07	0,30	0,08	0	0,07	0,09	0

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Co	0,02	0,04	0,10	0	0,18	0,06	0,12	0	0	0
Cu	0,73	0,71	0,17	0,91	4,87	0,18	0,75	0	0,12	0
Ti	0,02	0	0,25	0,01	–	–	0	0	0	0,07
V	0,01	0,01	0	0,01	–	–	0,04	0	0	0
As	–	–	–	–	0,11	–	–	–	–	–
Сумма	99,97	100,01	100	100,25	99,58	99,68	99,71	100	100,01	100
Элемент	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pt	0,22	0	0	86,31	0	88,51	83,93	0,20	0	3,08
Os	41,85	55,67	20,27	0	72,33	0,04	0	31,14	56,15	21,34
Ir	26,22	36,94	73,46	0	25,72	1,61	1,48	39,00	37,56	72,18
Pd	0	0	0,26	0,20	0	0,39	0,29	0,06	0,18	0,10
Ru	30,31	6,44	3,58	0	1,46	0,08	0,13	25,81	4,91	0,89
Rh	0,87	0,34	0,60	0,16	0	0,73	0,75	1,56	0,49	1,14
Fe	0,38	0,37	1,70	12,48	0,15	7,87	13,06	0,26	0,39	0,27
Ni	0,09	0,17	0,24	0,16	0,13	0,17	0,08	0,29	0,04	0,01
Co	0,02	0	0	0	0,10	–	–	0	0	0
Cu	0,04	–	0	0,68	0,11	0,51	0,45	0,83	0,35	0
Ti	–	–	–	0	0	–	–	0,01	0	0
V	0	0,06	0	0	–	–	–	0,01	–	0
Сумма	100	99,99	100,11	99,99	100	99,91	100,17	99,17	100,07	99,01

*Екатерининская россыпь*: 1 – изоферроплатина (22), 2 – тетраферроплатина (13), 3 – иридиевая платина (1); *Ис-Косью*: 4 – изоферроплатина (12), 5 – медистая тетраферроплатина (2), 6 – самородный иридий (3); *Чернореченская россыпь*: 7 – изоферроплатина (2), 8 – осмирид (2), 9 – рутениридосмин (1), 10 – ирийдосмин (1); *Колчинская россыпь*: 11 – рутениридосмин (5), 12 – ирийдосмин (1), 13 – осмирид (1); *Курьинская россыпь*: 14 – тетраферроплатина (2), 15 – ирийдосмин (1); *Вятско-Камская впадина (юрские отложения)*: 16 – изоферроплатина (34), 17 – тетраферроплатина (3), 18 – рутениридосмин (8), 19 – ирийдосмин (3), 20 – осмирид (4). Цифры в скобках обозначают количество аналитических определений.

В. П. Трифонов при обобщении материала по гранулометрии шлиховой платины в долинных россыпях ряда рек (Косья, Ис, Выя, Тура, Талица и др.), полученного в 30-х годах прошлого века на стадии разведки и эксплуатации месторождений, приводит следующие сведения, отражающие степень элонгации шлихового металла. В заголовках ряда россыпей, берущих начало с массивов Светлый Бор, на долю фракций металла +1,0 и –1,0 +0,5 мм в сумме приходится до 60 %; на удалении от коренного источника в 10 км – 28 %; на расстоянии 20 км – 17 %, 30 км – 9 %, 40 км – 4 %, 50 км (устье р. Ис) – 2–3 %. Таким образом, даже при переносе в мутьевой грубообломочной массе донных наносов дифференциация шлихового металла по крупности проявляется вполне отчетливо. В этом отношении особенно показательны данные по гранулометрическому составу зерен платиноидов юрских отложений Вятско-Камской впадины. Наиболее вероятным первоисточником этих зерен являются породы Нижнетагильского массива. От-

сюда дальность переноса платиноидов в россыпепроявлениях впадины составила около 400 км. В гранулометрическом составе платиноидов основная доля приходится на чешуйки размером менее 0,1 мм (более 80 %), причем среди них заметную часть составляют микрозерна размером менее 50 мкм.

*Морфология зерен.* Основными факторами, определяющими изменение формы зерен платиноидов в процессе переноса, являются расплющивание, дробление и истирание. Эволюция формы зерен платиноидов с удалением от первоисточника питания происходит в направлении повышения степени уплощенности и округленности (особенно краев зерен).

В россыпях ближнего сноса присутствуют такие формы зерен платиноидов, как комковидно-гнездовая, комковидно-угловатая, комковидно-уплощенная, брусковидная, ветвистая и др. Кристаллы идиоморфного и гемиидиоморфного облика относительно редки. По мере переноса в первую очередь снижается доля сростков кристаллов и кристал-

лических индивидов. Постепенно исчезают выступающие фрагменты. Среди преобладающих типов облика зерен все большую роль играют таблитчатые, чешуйчатые и листовые. Типичный облик платиноидов, отражающих различную степень удаленности от первоисточников (ближнего – умеренного – дальнего сноса), приведен на рис. 4.

Основной характеристикой морфологических изменений зерен является степень окатанности, которая оценивается на качественном (балл окатанности) и количественном

(значения коэффициентов уплощенности, округленности, извилистости внешнего контура и др.) уровнях.

Рассмотрим ряд примеров.

В районе Нижнетагильского платиноносного комплекса элонгация зерен, высвободившихся при денудационном снижении купольных частей рудоносных массивов, была весьма значительной. Платина средней и слабой окатанности присутствует в древних аллювиальных отложениях россыпей Новый лог и Западно-Александровской ( $J_{2-3}ln$ ,  $K_2ms$ ,

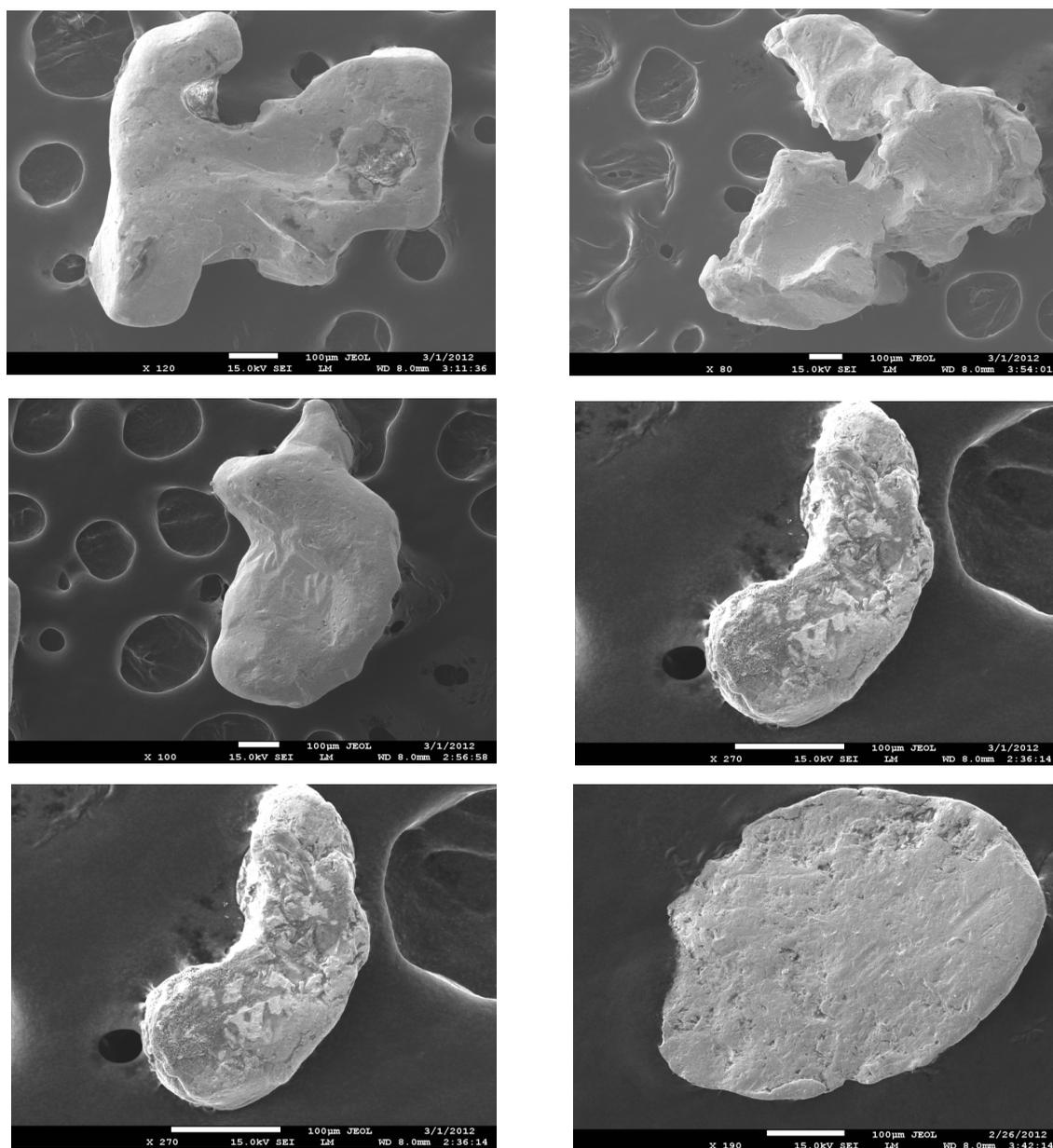


Рис. 4. Типичный облик зерен платиноидов из россыпей Урала: верхний ряд – россыпи ближнего сноса, средний – умеренного сноса, нижний – дальнего сноса и переотложения

$N_1^{1-2nr}$ ). Удаленность россыпей от коренных источников подножья г. Соловьевой составляет порядка 8–10 км [19]. Ещё большей удаленностью от коренных источников (15–20 км) характеризуется платина в россыпях р. Межевая Утка.

Россыпи платины в долинах р. Ис и Тура характеризуются наиболее значительной для уральского региона протяженностью. По р. Ис они вытянуты на 57–60 км, по р. Тура – на 88 км, по р. Выя – на 52 км. Характеризуя эти объекты, В. И. Вернадский отмечает увеличение окатанности зерен платины по мере приближения зерен к устью р. Ис. Платина в верховьях р. Ис (прииски Усть-Косьинский, Елизаветинский, Александровский и др.) шероховатая, нередко в «кожухе». Здесь присутствовали самородки массой до 4 г. Ниже по реке (у Артельного прииска) зерна платины мельче, они более окатаны. Еще ниже (район приисков Иов и др.) зерна уже мелкие, плоские, окатанные. Подчеркивается, что главное изменение платины при переносе *сводится к ее истиранию*.

*Характер поверхности.* Нередко характер поверхности зерен в россыпях ближнего сноса описывается как угловато-ступенчатый, реже ямчатый, иногда ячеистый и занозистый. Достаточно долго сохраняются отпечатки граней смежных минералов, а иногда и признаки индукционных граней. В ряде объектов характерно присутствие на поверхности минеральных включений, многие из которых представлены сильно разложившимися минеральными компонентами вмещающих пород. При интенсивном воздействии на поверхность агрессивных факторов среды в корках выветривания она становится неровной с разнообразными следами коррозии. На поверхности зерен появляется гипергенная пленка, представленная преимущественно гидроксидами марганца и железа.

При переносе зёрна платиноидов приобретают мелкоячеистую или ступенчато-гладкую поверхность, отчетливо наблюдаются признаки сглаженности и завальцованности краев зерен, присутствие борозд скольжения.

Среди характерных форм микрорельефа

поверхности зерен шлиховой платины, наблюдаемых под электронным микроскопом, можно выделить различные дефекты и новообразования, отражающие воздействие внешних факторов (следы окатывания, микроборозды, микропоры, поверхностные микровключения, каверны, пленки, налеты и т. д.) и особенности внутреннего строения (микротрещиноватость, микрослоистость, микрозернистость, нитевидность кристаллитов).

Для поверхности платиноидов в россыпях ближнего сноса весьма характерны многочисленные следы пребывания в коре выветривания: налеты и пленки, микропоры, микрокаверны, микротрещины. В то же время сохраняются признаки, свидетельствующие о внутренней структуре зерен. Так, повышенная трещиноватость и кавернозность свидетельствуют о дефектности кристаллической решетки. Физико-химические параметры среды минералообразования влияют на процесс роста платиноидов, которые могут быть сложены микрослоистым монокристаллом, агрегатом микрозерен или кристаллитами нитевидной формы.

По мере удаления от первоисточника на поверхности зерен платиноидов все в большем масштабе фиксируются следы окатывания и истирания, уничтожаются поверхностные пленки и примазки. В то же время постепенно завальцовываются признаки внутреннего строения.

Среди наноразмерных форм поверхности платиноидов наибольшее распространение имеют нанопоры, нанотрещины и разной формы наноуглубления. Их обилие может быть проявлением степени дефектности кристаллической решетки и воздействия коррозионных агентов. Особые детали нанорельефа поверхности отражают характер внутреннего строения зерен.

Нанотрещины и наноуглубления характеризуют повышенную дефектность приповерхностного слоя платиноидов. Тем самым они должны заметно влиять на абразивную прочность и миграционную способность частиц металла. Сканирование поверхности некоторых зерен платиноидов показывает

исключительно широкое распространение нанотрещин. Оценка миграционной способности таких зерен – задача последующих исследований.

*Химический состав.* Сохранение химического состава зерен платиноидов в течение длительного времени пребывания в осадочной оболочке Земли является важнейшим условием установления их связи с первичными источниками. Поэтому более детальное изучение на современном уровне химического состава платиноидов разных массивов Платиноносного пояса Урала является одной из первостепенных задач. При этом требуется на представительном материале оценить соотношение основных групп МПГ в рудопоявлении (подгрупп железистой платины и осмий-иридиевых сплавов, сульфидов, селенидов, теллуридов элементов группы платины и т. д.), для каждого минерального вида выделить разновидности, акцентировать внимание на индикаторных элементах-примесях.

Имеющийся опыт работ по выявлению источников сноса на Урале показывает перспективность использования для этой цели химического состава платиноидов. Так, в удаленной от коренного источника россыпи (см. табл. 2, п. Богословск, № 3) содержание осмия и иридия остается аномально высоким (17,3 %), но концентрация железа существенно снижается (6,8 % – изоферроплатина). В Омутнинском массиве содержание иридия и осмия составляет 26,0 % в россыпях против 23,9 % в коренных источниках.

Сведения по химическому составу платиноидов ряда россыпей Урала приведены в табл. 4. Во многих случаях эти данные позволяют уверенно коррелировать шлиховую платину в россыпях дальнего сноса с их первичными источниками. В то же время следует принимать во внимание возможность формирования в экзогенных условиях на зернах платиноидов оболочки измененного химического состава. В частности, для уральской платины установлено появление в процессе выветривания пленки пиглиита (PtSn). Кроме того, наблюдается процесс более активной диффузии из платиноидов в окружающую среду Pt и Ru, в

то время как атомы Os и Ir являются наименее подвижными.

### **Заключение.**

Россыпи платины – одна из достопримечательностей уральской рудно-россыпной провинции. Ещё исследователи XIX века обратили внимание на значительную пространственную удаленность от коренных источников (до нескольких десятков км) отдельных аллювиальных платиноносных россыпей. В те годы аргументированного объяснения этому явлению предложено не было. Причина значительной элонгации шлихового металла заключалась, по мнению А. П. Сигова, в том, что в россыпеобразующих процессах ранней стадии были задействованные «промежуточные коллекторы» – толщи грубообломочных накоплений, содержащих рассеянный металл.

На примере Исовского, Актай-Талицкого и ряда других россыпных районов, где известны наиболее удаленные от первичных источников платиновые и платиносодержащие россыпи, охарактеризована эволюционная направленность процессов россыпеобразования на мезозойско-кайнозойском этапе континентального развития региона. В качестве промежуточных коллекторов рассматриваются грубообломочные накопления триас-юрского возраста в пределах палеопотоков субширотной и диагональной ориентировки, переносившие платину как в свободном, так и в связанном состоянии. При обобщении данных по гранулометрии шлиховой платины отчетливо проявлен тренд, отражающий закономерное изменение с запада на восток значения рассчитанного параметра (среднего размера зерна платины) с 0,60–0,55 до 0,15 мм.

На последующих этапах континентальной истории, благоприятных для формирования россыпей ( $J_{2-3}$ ,  $K_2$ ,  $N_1^{1-2}$ ,  $N_1^{2-3}$ ,  $N_2-Q$ ), сохранившийся в объеме молассоидных толщ, металл испытывал высвобождение из обломков (при неоднократно проявленных процессах химического выветривания) и многократное переотложение. В конечном итоге россыпи платины, приуроченные к различным

элементам современной гидросети, потеряли отчетливые признаки пространственной связи с первоисточниками.

По результатам электронно-микроскопического изучения зерен шлиховой платины установлены индикаторные признаки, позволяющие оценивать характер и степень элонгации металла (ближнего – умеренного сноса, дальнего сноса и переотложения). Эти сведения, наряду с данными по гранулометрии и химическому составу платиноидов, рекомендуется использовать при проведении прогнозно-металлогенических и поисковых ра-

бот на коренную платину. Следует выделять локальные участки и зоны, перспективные на определенный тип платинометалльного оруденения (в том числе нетрадиционных типов). В последние годы получены примеры, подтверждающие правомерность подобного подхода. Так, в пределах Айвинско-Емехского блока (Северо-Красноуральская площадь) при опробовании современной гидросети встречены в значительном количестве шлиховых проб зерна платины рудного облика, близкие по составу (изоферроплатина) к металлу «нижнетагильского типа» [23].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волченко Ю. А., Коротеев В. А. Платина в дунитовых массивах Платиноносного пояса Урала: критерии коренной и россыпной платиноносности // Магматические и метаморфические образования Урала и их металлогения (памяти Д. С. Штейнберга). Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 25–37.
2. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений уральского типа. Ч. I / Волченко Ю. А. [и др.] // Литосфера, 2007. № 3. С. 3–27.
3. Разин Л. В. Промышленно-перспективный минерально-сырьевой потенциал Уральского Платиноносного пояса. М.: Университетская книга, 2008. 175 с.
4. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (с дополн. автора). Самородные элементы // Избранные сочинения. Т. II. М.: Изд. АН СССР, 1955.
5. Рожков И. С. Геология золотых и платиновых россыпей Среднего и Северного Урала и закономерности их развития. М.: Госгеолтехиздат, 1954. 232 с.
6. Золото Урала. Россыпные месторождения (к 250-летию золотой промышленности Урала) / В. С. Шуб [и др.]. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 135 с.
7. Сигов А. П., Ромашова В. И. Закономерности образования и размещения золото-платиновых россыпей Урала. Свердловск: Изд-во УГСЭ УТГУ, 1977. 280 с.
8. Россыпные месторождения Урала / Шуб В. С. [и др.] // Изв. Вузов. Горный журнал. Уральское горное обозрение. 1994. № 2(6). С. 27–50.
9. Баранников А. Г. Золотое оруденение нетрадиционного типа в пределах рудно-россыпных узлов Урала // Изв. вузов. Горный журнал, 2012. № 1. С. 129–133.
10. Грязнов О. Н., Баранников А. Г., Савельева К. П. Нетрадиционные типы золото-аргиллизитового оруденения в мезозойских структурах Урала // Изв. УГУ. Вып. 22. Екатеринбург, 2007. С. 41–53.
11. Осовецкий Б. М. Россыпеобразующие минералы Вятско-Камской впадины. Пермь: Пермский ун-т, 2011. 250 с.
12. Александров В. В., Баранников А. Г. Золотое оруденение нетрадиционного типа в пределах Екатеринбургского рудно-россыпного узла (Северный Урал) // Литосфера. 2012. № 1. С. 161–165.
13. Чувашов Б. И., Дюпина Г. В., Мизенс Г. С., Черных В. В. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья. Свердловск, 1990. 412 с.
14. Илалтдинов И. Я., Наумов В. А., Осовецкий Б. М. К комплексной оценке месторождения стройматериалов Усть-Игум / Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Пермский ун-т, 2005. С. 131–137.
15. Иванов О. К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала: металлогения, петрография, генезис. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1997. 488 с.
16. Геологические критерии поисков россыпей / А. З. Быховский [и др.]. М.: Недра, 1981. 253 с.
17. К вопросу о распределении золота по протяжению аллювиальных россыпей / Синюгина Е. С. [и др.] // Вопросы геологии золотоносных россыпей и древних конгломератов. М.: Труды ЦНИГРИ. 1972. Вып. 103. С. 3–12.
18. Высоцкий Н. К. Платина и районы ее добычи. Вып. 11. Ч. IV. Л.: Кепс России, 1925. 692 с.
19. Баранников А. Г., Волченко Ю. А. Золото-платиновые россыпи Среднего Урала / Путеводитель экскурсии А – 1. Матер. XI Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторожд. кор выветривания. Москва – Дубна, ИГЕМ, 1997. 14 с.
20. О золотоносности отложений раннемезозойских рифтогенных структур (на примере Волчанской и Веселовско-Богословской депрессий) / Баранников А. Г. [и др.] / Постколлизийная эволюция подвижных поясов: тез. докл. Междунар. научн. конфер. (VI чтения акад. А. Н. Заварицкого). Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2001. С. 24–27.
21. Тужикова В. И. История нижнемезозойского угленакопления на Урале. М.: Наука, 1979. 246 с.
22. О золотоносности Субровского бокситоносного комплекса / Баранников А. Г. [и др.] // Известия УГГА. Сер. «Геология и геофизика». 2000. Вып. 10. С. 116–119.
23. Первые находки карбидов хрома в зоне Серовско-Мауского глубинного разлома (Северо-Красноуральская площадь), связь с золото-платиноидной минерализацией / Азовскова О. Б. [и др.] // Проблемы минералогии, петро-

графии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. ст. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2009. Вып. 12. С. 30–38.

Поступила в редакцию 7 июля 2014 г.

**Баранников Александр Григорьевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии, поисков и разведки МПИ. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

**Осовецкий Борис Михайлович** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и петрографии. 614990, г. Пермь, ул. Букирева 15, Пермский государственный национальный исследовательский университет. E-mail: opal@psu.ru