

ПЕТРОЛОГИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 550.42(571.61)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В
РАССЛОЕННЫХ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ ИНТРУЗИЯХ СТАНОВОЙ
СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ВЕСЕЛКИНСКОГО МАССИВА)**

И.В.Бучко

Отделение региональной геологии и гидрогеологии ДВО РАН, г.Благовещенск

По содержанию элементов платиновой группы (ЭПГ) в расслоенном интрузиве дунит-клинопироксенит-габбровой формации по преобладанию того или иного платиноида установлено два типа их распределения - платиновый и палладиевый. Первый приурочен к горизонтам с малосульфидным оруденением, распространенным в оливинитах, и характеризуется преобладанием платины над палладием. Второй пространственно совпадает с горизонтами хроммагнетитов в орто- и клинопироксенитах, для него свойственно превышение количества палладия над платиной.

Ключевые слова: Становая система, расслоенные интрузии, ультрабазиты, базиты, элементы платиновой группы.

Проблема изучения элементов платиновой группы (ЭПГ) в расслоенных интрузивах Становой складчато-блоковой системы (СБС) издавна привлекает внимание исследователей. Из мировой практики известно, что основными промышленными типами платинового оруденения являются месторождения малосульфидного и сульфидного медно-никелевого типа, а также хромитовые слои. Попытка выявить наличие вышеуказанных типов платинометалльного оруденения в одном из расслоенных массивов дунит-клинопироксенит-габбровой формации Становой СБС, перспективной в отношении сульфидной медно-никелевой минерализации, была проведена при участии автора статьи.

Веселкинский массив ультрабазит-базитов находится на северо-западе Амурской области в бассейне верховьев р.Средний Уркан. Он располагается в пределах Урканского (Амазаро-Гиллюйского) блока Становой СБС Алдано-Станового щита юго-восточного обрамления Сибирской платформы [1, 2, 6]. А.И. Лобовым [3] описываемый интрузив включен в Верхне-Урканскую платиноносную зону, общей протяженностью около 90 и шириной около 15 км, в которой интрузии основных и ультраосновных пород

образуют многочисленные мелкие тела, локализованные в зонах шовных дислокаций позднего архея, площади которых редко достигают 10-15 км².

Веселкинский массив представляет собой вытянутое в субширотном направлении тело длиной 8 км и шириной 3 км (рис.1). В его пределах выделена расслоенная серия пород [1], в основании которой находятся ультраосновные разности (дуниты, оливиниты, пироксениты), приуроченные к центральной части интрузива (рис.1). Основные разности тяготеют к периферии массива (западная, юго-западная и южная части массива) и представлены роговообманковыми габбро, анортозитами. С востока на запад в массиве уменьшается количество и мощность оливиновых пород (рис.1). Породы расслоенной серии пересекаются более поздними вебстеритами и габброноритами. В краевых частях интрузива распространены диориты и кварцевые диориты. Массив разбит на блоки, граничащие по тектоническим нарушениям. В пределах блоков залегание пород согласное, с падением их в южном направлении под углом 60° [1].

В пределах плутона выделены две ассоциации пород - дунит-клинопироксенит-габбровая и оливинит-пироксенит-габбровая. Первая ассоциация по-

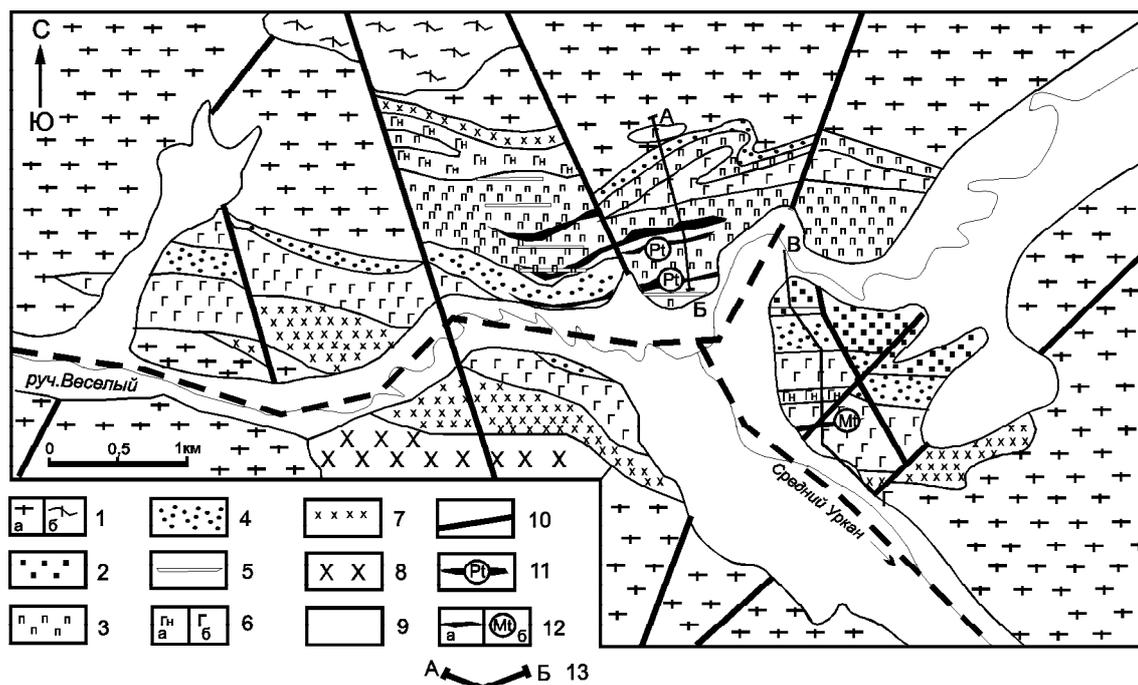


Рис. 1. Схема геологического строения Веселкинского массива. Составила И.В.Бучко по [1].

1 - позднеархейские образования: а - граниты и плагииграниты гнейсовидные, б - амфибол-плагноклазовые кристаллические сланцы; 2 - 7 - породы расслоенного Веселкинского массива: 2 - оливиниты серпентинизированные, верлиты; 3 - оливиновые клинопироксениты и клинопироксениты, вебстериты; 4 - чередующиеся горнблендиты, плагиигорнблендиты; 5 - предполагаемые внемасштабные дайки вебстеритов; 6 - габбронориты с отдельными прослоями магнетитовых разностей (а), роговообманковые габбро с прослоями клинопироксенитов (б); 7 - диориты и кварцевые диориты с прослоями габброноритов; 8 - юрские диориты; 9 - четвертичные отложения; 10 - разрывные нарушения; 11 - проявления платиноидов; 12 - горизонты ортопироксен-оливин-хромитовых руд (а); горизонт магнетитового габбро (б); 13 - линии геолого-геофизических профилей. Прерывистой линией указан предполагаемый разлом близширотного направления.

род расположена к северу от субширотного разлома и представлена дунитами, ортопироксен-хромитовыми кумулатами и хромититами, лерцолитами, оливиновыми клинопироксенитами, клинопироксенитами, габброидами. Оливинит-пироксенит-габбровая ассоциация свойственна для южной части интрузива и представлена оливинитами, верлитами, ортопироксенитами, горнблендитами, габброидами.

В целом, это типично расслоенный интрузив, относимый к дунит-клинопироксенит-габбровой формации.

Распределение элементов платиновой группы в породах Веселкинского расслоенного плутона крайне неравномерное. Наибольшие их содержания составляют 0.24-1.74 г/т (по данным атомно-абсорбционного анализа (таблица) и 5.73 г/т (по данным спектрально-сцинтилляционного анализа) в дунитах и ортопироксен-хромитовых породах, образующих небольшие прослои мощностью до 20 см, расположенные в нижней части разреза интрузива (рис. 1). В меньших количествах ЭПГ (до 0.1 г/т) присутствуют в оливинитах (Pd, Pt) и лерцолите (Pt, Pd), причем максимальные их содержания приходятся на образцы с максимальным количеством никеля.

Золото приурочено к перидотитам и клинопироксенитам с максимальным содержанием меди.

Кроме ЭПГ, связанных с хромитсодержащими породами, в верхней части разреза интрузива (габброидной) по данным спектрального-сцинтилляционного анализа выделена зона с повышенными содержаниями ЭПГ в ассоциации с пирротинном и золотом.

Анализ распределения содержаний ЭПГ, нормированных по хондриту, позволил выделить два типа: палладиевый (А) и платиновый (Б) (рис. 2). График нормированных по хондриту содержаний ЭПГ, свойственный палладиевому типу распределения, характеризуется отчетливым обогащением тяжелыми платиноидами по сравнению с легкими. Это придает графику восходящий характер, что характерно для многих известных расслоенных интрузивов (Бушвельд, Стиллуотер, Великая Дайка и др.) (рис. 2). Этот тип является преобладающим для клинопироксенитов Веселкинского массива. Платиновый тип распределения характеризуется преобладанием Pt в отношении Pd и Rh, что выражено отчетливым максимумом на диаграмме (рис. 2). Он харак-

Таблица. Содержание элементов платиновой группы (ЭПГ), золота, никеля и хрома в породах Веселкинского массива, г/т

Номер		Характеристика породы	Атомно-абсорбционный анализ													Сцинтилляционный спектральный анализ				
п/п	пробы		Pt	Pd	Ir	Ru	Rh	Au	Ag	Ni	Cr	Pt	Pd	Rh	Au					
1	1009/8	клинопироксенит	0,084	0,04	0,015	0,012	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,04	0,04	-	0,10					
2	1007/10	дунит	0,18	0,06	<0,005	0,014	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	949	0,20	1зн.	0,09						
3	1011/6	роговообманковое габбро	0,12	0,014	<0,005	0,009	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	72	0,04	-	0,01						
4	1010/37	габбронорит	0,06	0,004	<0,005	0,011	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	165	0,04	-	-						
5	1012/19	оливинит	0,06	0,004	0,005	0,006	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	402	0,008	-	-						
6	1013/20	вебстерит	0,06	0,010	0,015	0,011	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	369	-	-	-						
7	1008/35	роговообманковое габбро	0,06	0,026	0,012	0,03	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	37	-	-	-						
8	1013/17	лерцолит	0,03	0,004	0,02	0,012	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	461	-	-	-						
9	1007/11	дунит	0,10	0,01	-	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	1127	0,04	0,03	2зн.	0,02					
10	1007/38	оливиновый клинопироксенит	-	-	0,10	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	412	0,108	-	-						
11	12/23-2	оливиновый клинопироксенит	-	-	-	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	532	0,04	0,0005	12зн.	0,30					
12	12/24	оливиновый клинопироксенит	-	-	-	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	459	0,008	-	7зн.	-					
13	12/25	оливиновый клинопироксенит	-	-	0,08	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	422	-	-	22зн.	0,02					
14	13/17	ортопироксенит	0,41	1,03	н.о.	н.о.	0,020	0,020	0,057	0,775	3000	5,26	0,47	-	н.о.					
15	13/17a	хромитовая порода	0,45	1,29	н.о.	н.о.	0,028	0,028	0,03	0,38	н.о.	0,4	0,36	-	н.о.					
16	13/17b	ортопироксенит	0,28	0,97	н.о.	н.о.	0,020	0,020	0,092	0,38	н.о.	0,03	0,13	-	н.о.					
17	13/27	дунит	0,009	0,14	н.о.	н.о.	0,005	0,005	0,015	0,285	6000	-	0,14	-	н.о.					
18	13/28	оливиновый клинопироксенит	0,07	0,15	н.о.	н.о.	0,002	0,002	0,023	0,195	7000	0,02	0,18	-	н.о.					
19	13/31	оливиновый клинопироксенит	0,075	0,23	н.о.	н.о.	<0,002	<0,002	0,018	0,057	10000	0,24	0,02	-	н.о.					
20	1011/60	клинопироксенит	0,028	0,069	н.о.	н.о.	<0,002	<0,002	0,008	0,18	3000	0,18	-	н.о.	-					
21	13/53	серпентинит (по дуниту)	0,05	0,15	н.о.	н.о.	<0,002	<0,002	0,005	0,034	н.о.	0,3	-	н.о.	н.о.					
22	17/2	клинопироксенит	0,07	0,195	н.о.	н.о.	<0,002	<0,002	0,004	0,026	1000	0,67	0,08	-	н.о.					

Примечание. Атомно-абсорбционный анализ проб 1-13 выполнен в лаборатории АмурКНИИ ДВО РАН, аналитик С.М.Радомский, 14-22 - в аналитическом центре ОИГТМ СО РАН, аналитик В.Г.Цимбалист. Сцинтилляционный спектральный анализ выполнен в Институте геохимии СО РАН, аналитик С.И. Прокопчук. Результаты определения родия по данным сцинтилляционного анализа даны в знаках (импульсах), н.о. - не обнаружен.

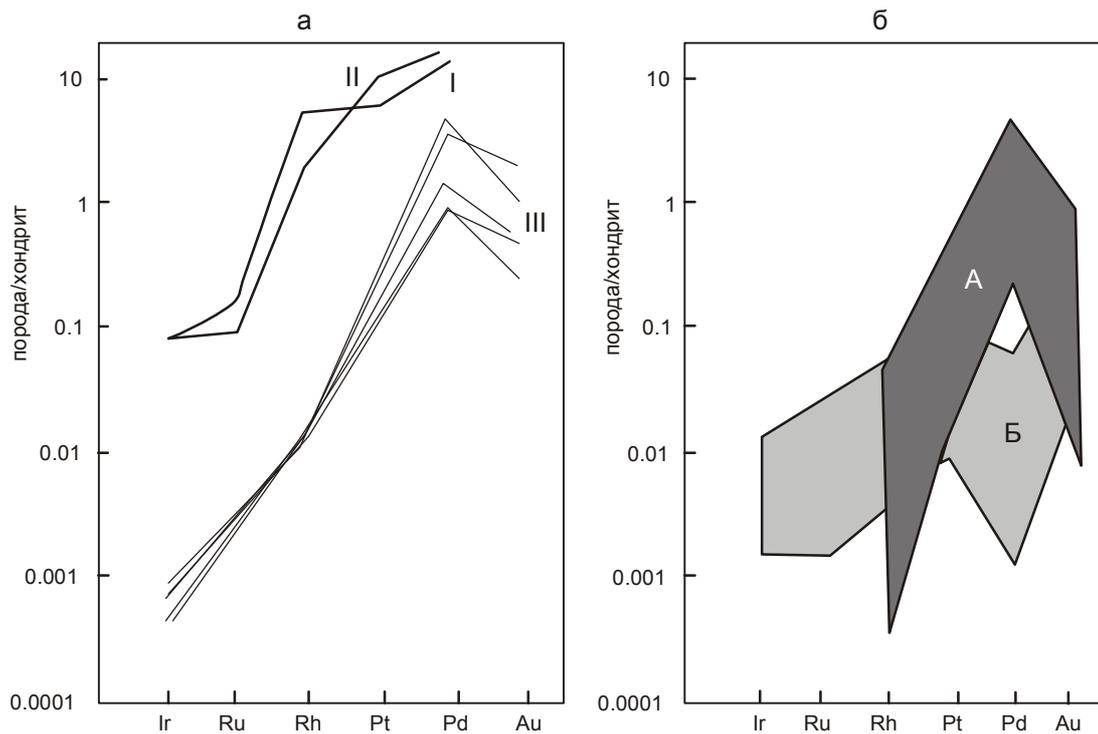


Рис.2. Содержание элементов платиновой группы, нормализованные по хондриту C_1 .

а - риф Меренского, Бушвельд (I), риф G-M, Стиллуотер (II), Великая Дайка (III); б - Веселкинский массив; графики, характеризующие типы распределения ЭПГ: А - палладиевый (ортопироксен-хромитовые кумулаты, оливиновые клинопироксениты); Б - платиновый (дуниты-оливиниты, ортопироксениты, роговообманковые габбро).

терен для ортопироксенитов и дунитов-оливинитов изучаемого массива.

Выделение вышеописанных типов распределения ЭПГ также наглядно подтверждается на трехкомпонентных диаграммах Pt-Pd-Ru, Pt-Pd-Ir (рис. 3). Платиноиды, характеризующиеся палладиевым типом распределения, существенно обеднены рутением и иридием, поэтому точки их составов расположены вблизи Pt-Pd ребра диаграммы в нижнем левом углу, в то время как элементы, свойственные платиновому типу – в верхнем углу диаграммы. Необходимо отметить, что распределение содержаний платины, палладия, иридия и родия в дунитах, ортопироксенитах и роговообманковых габбро (тип Б (платиновый) распределения ЭПГ) совпадают с распределением этих элементов в дунитах и сульфидных рудах Бушвельдского интрузива, единичные пробы попадают в поле II (рис. 3) хромитоносных пород.

Наиболее ранние дифференциаты массива - дуниты, орто- и клинопироксениты, ортопироксен-хромитовые кумулаты - практически не содержат Ru и Ir, в то время как в более поздних - оливинитах, вебстеритах, роговообманковых габбро – отмечается появление этих элементов.

По теории экстремальных состояний химических элементов ближайшими аналогами платины являются палладий и никель, которым соответствуют минимумы ионных радиусов, что соответствует максимумам электросродства. Это отражает сильную индифферентность металлов к кислороду и максимальное сродство к сере [4, 5].

По сродству к сульфидной сере выделяются ряды элементов, в которых этот параметр нарастает в последовательности Cr-Mn-Fe-Co-Ni (максимум) и затем понижается Ni-Cu-Zn. Аналогичные соотношения прослеживаются и в рядах, в которые входят легкие и тяжелые платиноиды: Mo-Te-Ru-Rh-Pd (максимум относительного сродства к сере)-Ag-Cd и W-Re-Os-In-Pt (максимум относительного сродства к сульфидной сере)-Au-Hg [4, 5].

В связи с этими свойствами элементов в расчлененных интрузивах дуниты обычно обогащены (табл.) никелем, палладием и платиной (обладающими максимальным сродством к сере), количество которых возрастает снизу вверх, что фиксирует направление кристаллизации дунитовых расплавов. При этом в остаточных расплавах на фронте кристаллизации проявляется жидкостная несмесимость, приводящая к появлению прослоев магмы, обога-

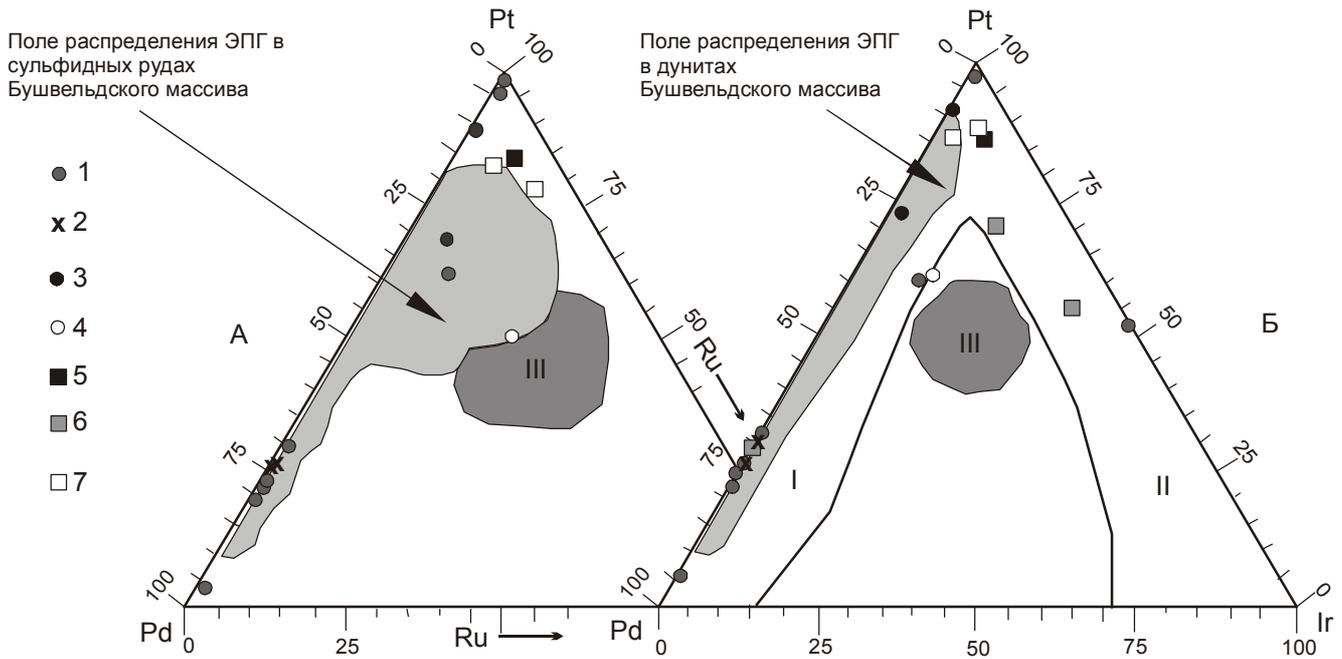


Рис. 3. Распределение элементов платиновой группы в породах Веселкинского массива: А - диаграмма Pd - Pt - Ru; Б - диаграмма Pd - Pt - Ir. Цифрами на диаграмме обозначены поля рудоносных серий: I - сульфидоносной, II - хромитоносной. III - поле хондритов.

Породы Веселкинского массива: ассоциации пород, характеризующиеся 1-2 - палладиевым типом распределения ЭПГ: 1 - клинопироксениты и их оливиновые разности; 2 - ортопироксен-хромитовые кумулаты; 3 - 7 - платиновым типом распределения: 3 - дуниты; 4 - роговообманковые габбро дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации; 5 - оливиниты; 6 - ортопироксениты, вебстериты; 7 - роговообманковые габбро оливинит-пироксенит-габбровой ассоциации.

щенных хромитом или сульфидами. В хромитоносных прослоях, подчиненных дунитам, концентрируется Pt, а Pd свойственен пироксенитовым слоям, залегающим выше дунитов. Эти закономерности четко проявлены в пределах Веселкинского массива, где по распределению элементов платиновой группы четко выделяются два типа (рис. 2; 3) – палладиевый (А) – с преобладанием палладия, характерный для ортопироксен-хромитовых кумулатов, оливиновых клинопироксенитов, платиновый (Б) - с преобладанием платины, свойственный дунитам, оливинитам, ортопироксенитам, роговообманковым габбро.

Породы, принадлежащие палладиевому типу (А) - клинопироксениты - можно считать более поздними дифференциатами, чем породы, образующие платиновый тип - Б (дуниты), так как в них палладий преобладает над платиной, что характеризует общее направление дифференциации расплава, приводящее к накоплению палладия и уменьшению количества платины.

Наибольшие содержания ЭПГ, как отмечалось выше, связаны с хромитсодержащими породами и характерны для палладиевого типа распределения платиноидов. На рис. 4 изображен детальный разрез пород, составленный по канаве, длиной 50 м,

характеризующий нижнюю часть разреза интрузива. В основании разреза (южный конец канавы) залегают оливиновые клинопироксениты и клинопироксениты, пересекаемые более поздними образованиями габброноритов, которые вверх по разрезу сменяются дунитами и ортопироксен-хромитовыми кумулатами. Выше залегают клинопироксениты (иногда с прослоями хромититов), переходящие в габброиды. В верхней части описываемого разреза наблюдаются габбронориты и дайки габбродиабазов. Оливин отмечается не во всех породах приведенного разреза, что характеризует временное прекращение его кристаллизации. Отмечается рост железистости оливина и ортопироксена вверх по разрезу, т.е. с юга на север по канаве. Сквозным минералом является клинопироксен, отвечающий по составу титан-авгиту. На рис. 4 видно, что повышенные содержания суммы платиноидов приурочены к горизонтам хромитсодержащих пород, в которых отмечаются повышенные количества никеля и кобальта.

Таким образом, в пределах Веселкинского массива, отнесенного автором к дунит-клинопироксенит-габбровой формации, выделяются два типа распределения элементов платиновой группы: пал-

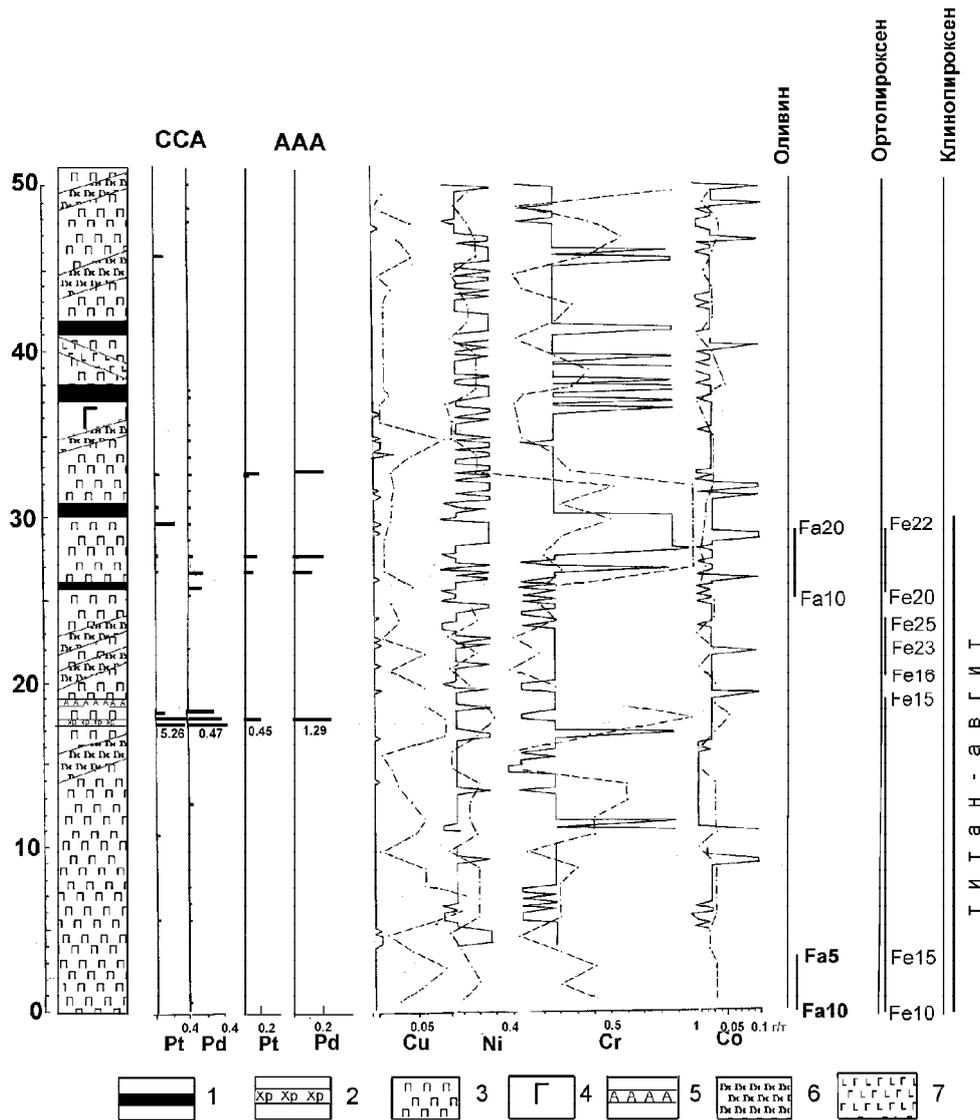


Рис. 4. Детальный геологический разрез, построенный по результатам опробования дна канавы в северной части Веселкинского интрузива.

1 - породы, содержащие прослойки хромитов (дуниты, лерцолиты); 2 - ортопироксен-хромитовые кумулаты; 3 - клинопироксениты и их оливиновые разности; 4 - роговообманковое габбро; 5 - прослойки анортозита; 6 - габбронориты; 7 - габбродиориты. Элементы-примеси даны в г/т по данным спектрального анализа: сплошная линия - результаты Проскурникова, 1961; прерывистая - результаты авторов. Данные минералогических исследований: Fa - содержание фаялитового компонента в оливине; Fe - содержание железистой составляющей в ортопироксене. CCA - спектрально-сцинтилляционный анализ, AAA - атомно-абсорбционный анализ.

ладиевый и платиновый. С первым типом распределения ЭПГ можно ожидать появление платинометалльного оруденения, связанного с хромитами (хромитоносный тип) в орто- и клинопироксенитах, тогда как платиновый тип перспективен на обнаружение малосульфидного платинометалльного оруденения (сульфидоносный тип). Наличие в породах изучаемого массива двух типов распределения ЭПГ, аналогично известным платинометалльным месторождениям (Бушвелд, Стиллуотер, Великая Дайка),

позволяет предполагать возможность обнаружения в пределах Веселкинского интрузива промышленных концентраций указанных металлов и рекомендовать постановку более детальных работ для выявления масштаба оруденения.

Автор выражает благодарность научным руководителям д.г.-м.н. С.С.Зимину (ДВГИ) и к.г.-м.н. А.А. Сорокину (ОРГИГ) за полезные замечания по содержанию статьи и к.г.-м.н. Р.Н.Ахметову (Амур-

геолком) за организацию полевых исследований и аналитических работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов Р.Н., Бучко И.В.. Геологическое строение и платиноносность массива базитов кл.Веселого (Верхнее Приамурье) // Тихоокеан. геология. 1995. Т.14, №3. С. 53-59.
2. Красный Л.И., Вольский А.С., Васькин А.Ф. и др. Геологическая карта Хабаровского края и Амурской области. 1:2500000: Объясн.зап. Л., 1986.
3. Лобов А.И. Комплексные прогнозно-минерогенические исследования территории Амурской области. 1:500000. Отчет по объекту ГМК-500 за 1991-1996 гг. Хабаровск, 1996. 2008 с.
4. Маракушев А.А., Безмен Н.И. Эволюция метеоритного вещества, планет и магматических серий. М.: Наука, 1983. 185 с.
5. Маракушев А.А., Безмен Н.И. Минералого-петрологические критерии рудоносности изверженных пород. М.: Недра, 1992. 317 с.
6. Мартынюк М.В., Васькин А.Ф., Вольский А.С. и др. Геологическая карта Хабаровского края и Амурской области. 1:500000: Объясн.зап. Хабаровск, 1983.

Поступила в редакцию 29 октября 1998 г.

Рекомендована к печати Ю.И. Бакулиным

I.V.Buchko

PGE distribution types in stratified ultrabasite-basite intrusions within the Stanovoy fold block system, an example from the Vesselkinsky massif

Considering the predominance of one or another platinoid, two types are established based on the investigations of PGE contents in stratified intrusive of the dunite-clinopyroxenite-gabbro formation, namely, the platinum (Pt) type and palladium (Pd) one. The first type is confined to layers with poor sulfide mineralization distributed in olivinite and characterized by the predominance of Pt over Pd. The second type spatially coincides with chromemagnetite in ortho- and clinopyroxenites. The latter one is dominated by Pd.