

## ПЕРСПЕКТИВЫ КОРЕННОЙ ПЛАТИНЫ В ПРЕДЕЛАХ ГАЛЬМОЭНАНСКОГО ГИПЕРБАЗИТОВОГО МАССИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ (СЕВЕР КАМЧАТКИ)

*Ю.С. Литвиненко,*

*директор ООО «Экогеолит», кандидат геолого-минералогических наук*

Бедность микроэлементного состава собственно платиновых руд обуславливает ограниченность и непостоянство элементов-спутников платины, определяемых спектральным анализом, и диктует необходимость вести поиски по основным компонентам руд с использованием количественных методов анализа, что существенно увеличивает финансовые затраты, а, следовательно, ограничивает возможности потенциальных Заказчиков работ.

В таких условиях может представлять интерес пересмотр имеющихся данных ранее проведенных геохимических поисков коренной платины на известных потенциальных рудопроявлениях с учетом появившихся новых сведений о них в смежных геологических областях.

Одним из таких объектов является Гальмоэнанский гипербазитовый массив, расположенный на севере Камчатского края в Корякии на правом берегу р. Вывенка, с которым были связаны практически отработанные на сегодняшний день богатые месторождения россыпной платины.

Площадная литохимическая съемка по первичным геохимическим ореолам в пределах Гальмоэнанского массива проведена в 1996 г. Сейнавской поисковой партией по сети в среднем 100 x 20 м на площади около 7,3 км<sup>2</sup> (рис. 1). Всего отобрано 3643 сколковых проб по 59 профилям. Все пробы проанализированы спектрохимическим анализом на Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Ni, Co и приближенно-количественным спектральным анализом на 21 элемент.

Обработка аналитических материалов указанной литохимической съемки выполнена ООО «ЭкоГеолит» в 1996-1997 гг. по данным, предоставленным ЗАО «Корякгеолдобыча». Работа проведена с использованием методов геохимических исследований, разработанных на кафедре геохимии МГУ под руководством профессора А.П. Соловова [7, 8]. Результаты исследований вошли в состав Отчета по поискам рудной и россыпной платины в окрестностях Гальмоэнанского и Сейнавского массивов (бассейны рек Ветвей, Тапельваям, Гальмотапельваям) [5].

В процессе исследований геологическая основа была несколько упрощена в малозначащих для решаемых задач деталях и изменена в тектонической части с учетом установленных особенностей строения геохимического поля Гальмоэнанского массива (рис.1). Для удобства изложений выделенные основные тектонические блоки были пронумерованы.

Геохимической съёмкой по первичным ореолам была охвачена полоса, включающая преимущественно центральную и восточную части дунитового ядра, занимающего около 80% объема Гальмоэнанского массива (рис. 1).

При выполнении повторного анализа данных литохимической съемки была уточнена геохимическая специализация дунитов ядерной части Гальмоэнанского массива путем расчета кларков концентрации (Кк) рудных элементов как отношения их средних содержаний (Сср.) в изучаемых породах, установленных по всему массиву

аналитических данных (N= 3643 проб), к кларками этих элементов в гипербазитах из более свежих публикаций [1]. Ряд элементов, ранжированный по убыванию их Кк имеет вид:

**Cu (9.1) – Sn (4.6) – Cr (1.45) – Pt (1.14) – Zn (1.02) – Mn (0.99) – Co (0.87) – Ni (0.45)**

Дуниты массива обнаруживают довольно сильную геохимическую специализацию по Cu и Sn, что может являться отражением общей металлогенической специализации пород Корьякии. Специализация ядерной части массива по Pt положительная, но слабая. Содержание Zn и Mn на уровне кларка.

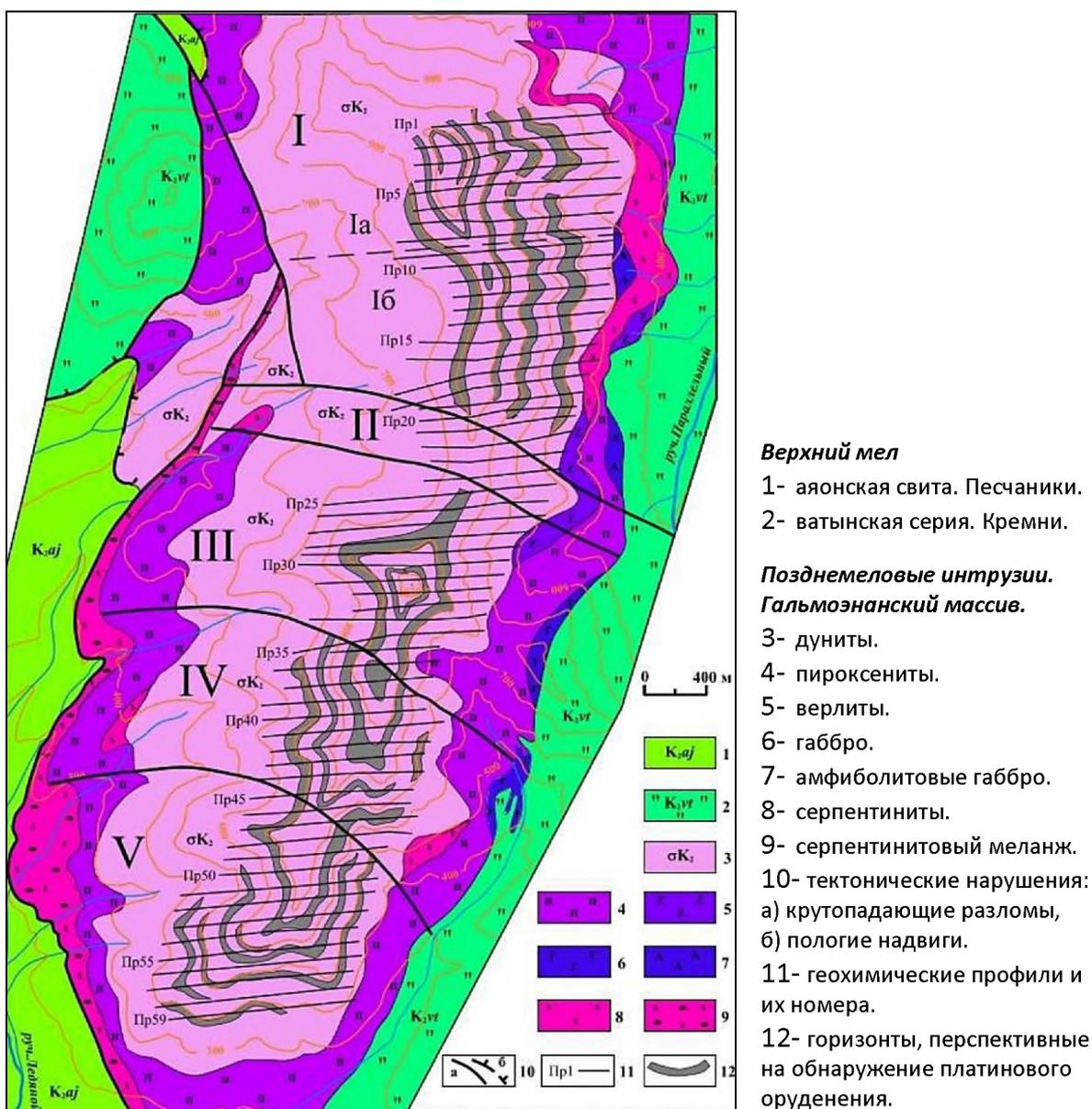


Рис. 1 Карта-схема интерпретации результатов литохимической съемки

В дунитах на фоновых участках массива с близкларковыми содержаниями Pt переместилась в конец аналогичного ряда по Кк, при сохранении близкого порядка остальных элементов:

**Cu (5.50) – Sn (2.80) – Cr (1.11) – Co (0.73) – Mn (0.73) – Zn (0.54) – Pt (0.50) – Ni (0.34)**

Такое поведение Pt может быть следствием наличия некоторой самостоятельности в пространственно-временных процессах ее миграции и концентрации в пределах массива.

Это подтверждают исследования по установлению и оценке интенсивности процессов концентрирования платины, которые могли приводить к формированию рудных тел. С этой целью были подсчитаны площадные продуктивности Pt (в м<sup>2</sup>%) при различных значениях бортового содержания (табл.1). Здесь же вынесены размеры площадей, на которых эти количества Pt локализованы.

По данным табл.1 можно сделать вывод, что в дунитах Гальмоэнанского массива имел место сильный процесс концентрирования Pt. Это проявилось в локализации основного количества металла в пределах крайне ограниченной части исследованной площади с наиболее высокими концентрациями металла.

**Таблица 1. Изменение величины площадной продуктивности Pt в зависимости от величины ее бортового содержания**

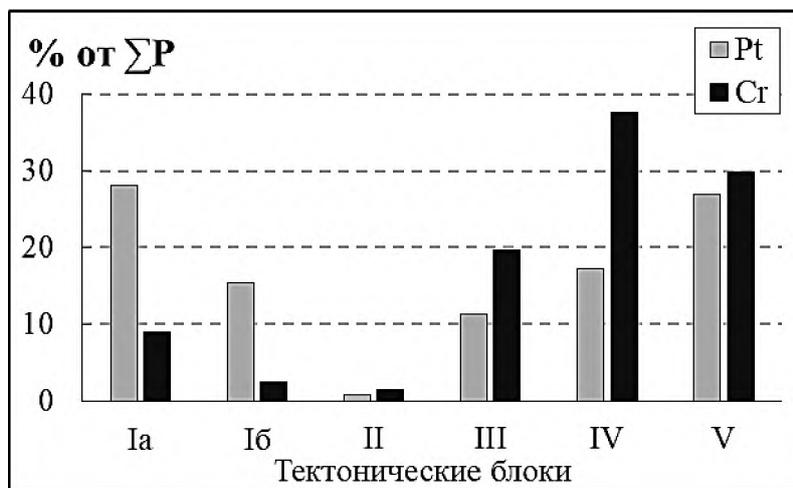
<i>Бортовое содержание Pt</i>	<i>Площадь</i>		<i>Площадная продуктивность</i>	
	<i>км<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>м<sup>2</sup> %</i>	<i>%</i>
1.0	0.064	0.9	8.3	25.60
0.5	0.12	1.6	11.7	35.90
0.2	0.31	4.2	16.7	51.50
0.1	0.65	8.9	20.8	64.00
0.05	1.37	18.9	25.0	77.00
0.02	2.88	39.5	29.4	90.60
0.01	4.08	56.0	30.9	95.10
0.005	6.29	86.3	32.2	99.10
0.002	7.12	97.7	32.5	99.96
0.0005	7.29	100.0	32.5	100.00

Более 25% от общего количества Pt (бортовое содержание 1 г/т) находятся на 0.064 км<sup>2</sup>, что соответствует всего 0.9% от общей площади съемки, это при условии, что область граммowych концентраций металла по причине точности спектрохимического анализа ограничена сверху значением >> 1 г/т (при подсчетах условно заменяется на величину 2 г/т). При бортовом содержании 0.2 г/т уже 51.5% Pt локализованы на 4.2% площади. С другой стороны, на 60.5% площади съемки локализовано только 9.4% Pt (бортовое содержание <0.02 г/т).

Рассматриваемое геохимическое поле имеет весьма неоднородное строение. На фоне площадей с пониженными, близкларковыми содержаниями Pt выделяются участки с явными аномальными концентрациями. Заметную роль в пространственном распределении Pt и элементов-спутников играют субширотные тектонические разломы. Это выражается в падении концентраций элементов вблизи нарушений до образования так называемых «мертвых» зон. При этом максимально контрастные ореолы тяготеют к центральным частям блоков. Вышеназванные особенности морфологии первичных геохимических ореолов могут быть следствием мобилизации и перераспределения рудных элементов, включая Pt, в процессе вторичной гидротермально-метасоматической проработки дунитов вдоль тектонических нарушений (серпентинизации).

Основной вклад в строение исследуемого геохимического поля вносит зона двух сближенных разломов в центре площади, разделяя его на две главные части: северную (блок I) и южную (блоки III-V), которые заметно отличаются по интенсивности и размерам аномалий ряда элементов. Северная часть, особенно

блок Ia, выделяется заметно большей контрастностью первичных ореолов Pt, Cu, Co, Mn, Sn и отчасти Ni, при уменьшении размеров аномалий и содержаний Cr. Напротив в блоках III, IV и отчасти в блоке V – по геохимическим данным предполагалось оруденение, относительно обогащенное Cr (табл. 2).



**Рис.2. Распределение площадной надфоновой продуктивности  $P$  ( $m^2\%$ ) первичных геохимических ореолов Pt и Cr по тектоническим блокам в опробованной части Гальмоэнанского массива в % от ее суммарной величины.**

Было установлено, что интервалы с повышенными содержаниями Pt имеют преимущественно узкие вытянутые вдоль горизонталей формы, подчиненные морфологии склонов с частым проявлением линзования и перерывов по простиранию (рис.1). Это позволило предположить, что платиновое оруденение в пределах Гальмоэнанского гипербазитового массива слагает субгоризонтальные тела, представляющие собой обогащенные горизонты и линзы, не имеющие четких геологических границ. Мощность перспективных горизонтов, требующих заверочных работ, 10-50 м. При этом ожидаемая мощность собственно рудных тел ориентировочно первые метры. Составленная по результатам интерпретации геохимических данных карта-схема потенциальной коренной платиноносности Гальмоэнанского массива с незначительными дополнениями (россыпи) была использована при составлении «Карты полезных ископаемых Камчатской области» масштаба 1:500 000, 1999 г.

Приоритетные ряды немногочисленных элементов-спутников, ранжированные по величине коэффициента концентрации  $K_c = C_i / C_f$ , позволили отнести платиновую минерализацию Гальмоэнанского массива к сидерофильной окисно-силикатной минералого-геохимической группе [6]. В рядах стабильно второе место после Pt занимает Cr и высокое место - Cu.

Потенциально рудоносные горизонты в целом характеризуются весьма низкими значениями коэффициентов концентрации всех рассматриваемых элементов-спутников. Установлено практически полное отсутствие корреляционных связей Pt с остальными компонентами, входящими в состав наиболее обогащенных интервалов. Тесная значимая положительная корреляция пары Cr-Pt, рассчитанная по всей совокупности данных, постепенно ослабевает в выборках с повышением содержаний Pt и, как правило, переходит в область незначительных величин коэффициента корреляции в горизонтах, наиболее перспективных на обнаружение промышленного оруденения. Это в какой-то степени противоречит выводам

минералого-технологических исследований [9]. Неоднозначные взаимоотношения Pt и Cr позволяют сделать вывод о том, что использование аномалий Cr (хромитов) в качестве поискового признака платинового оруденения рассматриваемого рудно-формационного типа может носить вспомогательный, но не решающий характер. Главным образом ореолы Cr могут служить критерием оконтуривания общей площади поисков.

В качестве попутных полезных компонентов предполагаемого платинового оруденения Гальмоэнанского массива были рассмотрены Pd, Rh, Ru и Ir. К сожалению, их повышенные концентрации встречены только в редких точках.

Прогнозируемые по геохимическим данным промышленные ресурсы Pt в пределах опробованной части Гальмоэнанского массива, с учетом сделанных при повторном анализе данных поправок, составляют около 40 т. Ожидаемое распределения этих ресурсов по выделенным тектоническим блокам составляет: Ia – 13 т, Ib – 7 т, II – 0.5 т, III – 4.0 т, IV – 6.0 т, V – 9.5 т. Проведенная количественная оценка оруденения относится только к площади покрытой литохимической съемкой на вскрытой эрозией части массива. Для прогноза оруденения на прилегающих к этой площади участках и на глубину в настоящее время недостаточно данных.

Проведенные исследования позволили рекомендовать в качестве участка постановки первоочередных заверочных работ северную часть площади геохимической съемки, выделенную нами как тектонический блок Ia (профили 1-8).

В период после проведения обсуждаемой литохимической съемки ЗАО «Корякгеолдобыча» выполнило большой комплекс поисковых и научных работ в пределах Гальмоэнанского массива, по результатам которых был сделан вывод о наибольшей перспективности для локализации коренного платинового оруденения южной оконечности интрузива [3]. При этом рудные зоны были привязаны к дунитам с прожилково-вкрапленным и шлировым хромитом, хромшпинелидами [3] с соответствующей направленностью научных и производственных исследований. Возможно, именно эта визуально-аналитическая связь и послужила первопричиной отнесения южного окончания массива к наиболее перспективной площади и расхождения с прогнозами и рекомендациями по данным литохимической съемки, выполнение которой не подвержено зависимости от наличия или отсутствия хромитов.

Указанные работы подтвердили предположенное по геохимическим данным пологое залегание и пластообразную форму прогнозируемых рудных тел с раздувами и пережимами.

Сотрудником Санкт-Петербургского университета С.В. Петровым в «ТЭС о возможной промышленной значимости платинометаллических руд Гальмоэнанского массива» рассчитаны бортовое - 0.2 г/т и минимально промышленное содержания платины - 0.6 г/т [3]. Перерасчет прогнозных ресурсов коренной платины в пределах опробованной литохимической съемкой площади Гальмоэнанского массива с использованием указанного бортового содержания 0.2 г/т показал общую величину ~ 37 т, из них в блоке I - ~20 т, в блоках II-V в сумме ~ 17 т. Полученные цифры прогнозных ресурсов Pt, рассчитанные по ее бортовому содержанию, практически совпали с выше приведенными величинами, рассчитанными традиционным методом количественной интерпретации геохимических данных по площадной надфоновой продуктивности первичных ореолов ( $m^2\%$ ) [8] с использованием плотности дунитов, равной  $3,28 \text{ т/м}^3$  [4], поправочного множителя  $K=0.65$  на ожидаемую долю забалансовых руд.

Пересмотр и корректировка данных геохимических исследований 1996-1997 гг подтвердили бóльшую перспективность северной части площади литохимической съемки, особенно в пределах тектонического блока Ia. Нарращивание перспектив прогнозируемого платинового оруденения в пределах Гальмознанского гипербазитового массива возможно за счет территории к северу от блока Ia в границах дунитового ядра, т.к. крайний северный геохимический профиль 1 не оконтуривает первичные ореолы Pt. Не исключено обнаружение рудных тел в частях массива, неохваченных литохимической съемкой, и на глубину.

Выполненный большой комплекс поисковых работ ЗАО «Корякгеолдобыча» не позволил произвести корректную оценку масштабов платинового оруденения в пределах Гальмознанского гипербазитового массива, чему препятствовало отсутствие достоверных данных о морфологии и размерах рудных тел, особенностях их локализации, уровнях содержаний полезного компонента, при полном отсутствии разведанных объектов - аналогов в мировой практике [3]. В этих условиях необходимо более внимательно отнестись к результатам ранее проведенной литохимической съемки в пределах массива с целью принятия инвестиционных решений и использования в практике.

По результатам минералого-технологических исследований предложена технологическая схема гравитационного извлечения Pt из потенциальных дунитовых руд Гальмознанского массива [9]. Предварительные консультации с химиками показали, что возможность извлечения Pt из низкоконцентрированных, но большеобъемных руд методом цианирования не исключена. Возможно целесообразно провести научные исследования и технико-экономические расчеты в этом направлении, тем более что изучения такой технологии ведутся и есть примеры практического применения [2].

#### *Литература*

1. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009.
2. Гужов Б.А., Нетрусов А.О. Современные методы переработки бедного платиносодержащего сырья. Сборник тезисов IX научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках мероприятий, посвященных 150-летию открытия Периодического закона химических элементов Д.И. Менделеевым «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2019» (с международным участием). СПб.: 2019. С.147.
3. Зайцев В. П. Изучение и оценка коренного платинового оруденения в зональных гипербазитовых массивах с использованием крупнообъемного валового опробования. Горный вестник Камчатки. Выпуск № 2 (16). 2011. С.50-58.
4. Краткий справочник по геохимии. Изд. 2-е. М., «Недра», 1977. С. 36.
5. Литвиненко Ю.С. Результаты геохимических поисков коренной платины в пределах Гальмознанского массива. В составе Отчета по поискам рудной и россыпной платины в окрестностях Гальмознанского и Сейнавского массивов (бассейны рек Ветвей, Тапельваям, Гальмотапельваям). Том II. ЗАО «Корякгеолдобыча», Корф, 1997ф.
6. Минералы благородных металлов: Справочник/ О.Е.Юшко-Захарова, В.В.Иванов, Л.Н.Соболева и др.-М.: Недра, 1986. С.181-203.
7. Соловов А.П. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. -М.: Недра, 1990. С.20-22.
8. Соловов А.П., Матвеев А.А. Геохимические методы поисков рудных месторождений. Изд. 2-е. - М., Изд-во МГУ, 1985. 232 с.
9. Чантурия В.А., Козлов А.П., Толстых Н.Д. Дунитовые руды – новый вид платиносодержащего сырья. Горный вестник Камчатки. Выпуск № 2 (16). 2011. С.59-67.