

3. Альбов М. Н. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 216 с.
4. Безсмертная М. С., Логинова Л. А., Соболева Л. Н. Определение теллуридов под микроскопом. М.: Наука, 1969. С. 72.
5. Новгородова М. И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. С. 287.
6. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Издательство иностранной литературы, 1969. С. 1132.
7. Рапопорт М. С., Азовскова О. Б., Кузнецов В. Н. Геологическое строение, метаморфизм и золотое оруденение Мраморской зоны смятия (Средний Урал) // Ежегодник – 2001. Проблемы геологии и рудообразования в геологической истории Урала. Екатеринбург: Министерство природы РФ. ДПР по Урал. региону. ОАО УГСЭ. С. 55-72.
8. Чивлева Н. Т., Безсмертная М. С., Спиридонов Э. М. и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. М.: Недра, 1988. С. 504.

## **ПРЕДПОСЫЛКИ К ПОСТАНОВКЕ ПОИСКОВЫХ И РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВЫХ МАССИВАХ С ЗОЛОТО-ПАЛЛАДИЕВЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОРОД И РУД БАРОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*ТУМАНОВ М. В., МАЛАХОВ И. А.*

Уральская государственная горно-геологическая академия

Расхожее утверждение, что все сколь-нибудь значимые месторождения полезных ископаемых на Среднем Урале, в том числе и рудных, уже открыты и не предвидится новых находок, опровергнуты геологами Урала, обнаружившими в 80-е годы XX столетия такие месторождения, как Гагарское золоторудное, Баронское платинометалльное и др.

Баронское золото-платино-палладиевое месторождение обнаружено в 1985 году и расположено в юго-западной части Волковского габбрового массива и приурочено к относительно крупному пироксенитовому телу. К данному моменту Волковский массив был относительно хорошо изучен, и в его пределах уже было вовлечено в отработку одноимённое месторождение медно-сульфидных и апатит-титаномагнетитовых руд, которые служили сырьём для Красноуральского медеплавильного комбината. Баронское рудопроявление было обнаружено в процессе доразведки Волковского месторождения и, как оказалось, является, по мнению ведущих геологов Урала, самостоятельным типом подобных месторождений (Баронский тип).

Баронский тип платиноидного оруденения обнаружен пока лишь в единственном месте и, вероятно, случайно. Однако перспективы обнаружения рудопроявлений и месторождений подобного типа в других местах Платиноносного пояса, по мнению авторитетных геологов Урала (Золотов К. К., Волченко Ю. А., Коротеев В. А. и др.), весьма положительны.

Месторождения подобного типа, по мнению автора, тем быстрее и эффективнее будут обнаружены и разведаны, чем более чётко будут выявлены закономерности оруденения в пределах Баронского месторождения. К настоящему моменту в процессе научно-исследовательских и поисково-разведочных работ выявлены некоторые особенности баронского золото-платино-палладиевого оруденения в пределах Волковского габбрового массива, которые в перспективе могут быть также обнаружены и в других объектах Платиноносного пояса.

Трудность, а следовательно, и неоднозначность выявления месторождений подобного типа заключаются в том, что руды Баронского месторождения являются малосульфидными и визуально неотличимы от вмещающих их пород. Только на основании опробования можно получить положительный или отрицательный ответы на вопрос о перспективности того или иного участка (объекта). Очевидно, что всю площадь Платиноносного пояса дорогостоящими геологоразведочными работами покрыть невозможно, но вместе с тем практически вся поверхность Урала в той или иной мере покрыта геолого-геофизическими съёмочными работами того или иного масштаба.

Автор данного доклада, изучив имеющуюся литературу и учитывая современные взгляды на данную проблему, а также проведя некоторые собственные измерения, предлагает некоторые предложения по решению данной проблемы.

## Строение Баронского месторождения

Как уже отмечалось, Баронское платинометалльное месторождение расположено в юго-западной части Волковского габбрового массива и приурочено к крупному пироксенитовому телу, которое вытянуто в северо-западном направлении на 3,0 км при видимой мощности 250-600 м. Пироксениты имеют сложное дифференцированное строение. Наиболее распространены мономинеральные апатитсодержащие клинопироксениты, в которых участками, согласно общему простиранию, выделяются полевошпатовые разновидности. Вмещающими породами для пироксенитов служат пироксеновые и пироксен-роговообманковые габбро, которые образуют многочисленные мелкие тела пироксенитов. На границе с габбро в пироксенитах развивается метасоматический плагиоклаз, замещенный соссюритом.

Непосредственно в рудной зоне золото-платиноидного оруденения и близ нее наблюдаются многочисленные чередующиеся разновидности клинопироксенитов: апатитсодержащие (ар до 5 %), апатитовые (ар 5 % и более), плагиоклазсодержащие, плагиоклазовые, оливинсодержащие, оливиновые, апатит-оливиновые, апатит-плагиоклазовые, роговообманковые, апатит-роговообманковые и др. «Сквозными» минералами во всех этих разновидностях пироксенитов являются клинопироксен, апатит и титаномагнетит. Содержание апатита варьирует от единичных зерен до 20-25 % и более. В таких же пределах изменяется содержание титаномагнетита, в отдельных местах (скв. В6, гл. 25,3 м) апатит и титаномагнетит вытесняют пироксен, образуя титаномагнетит-apatитовые руды, как правило, не содержащие платиновых металлов. Нацело соссюритизированный плагиоклаз наблюдается чаще всего близ жил габбро и связан, очевидно, с процессом фельдшпатизации. Его содержание обычно не превышает 5 %, но в отдельных местах достигает 10-15 %. Оливинсодержащие и оливиновые пироксениты отмечаются, главным образом, на участках с золото-платиноидной рудной минерализацией. В большинстве случаев оливин замещен вторичными продуктами (серпентин, хлорит, тальк и др.), по которым устанавливается его первоначальное содержание – от единичных зерен до 20-25 %. При микроскопическом изучении пород отмечается некоторая закономерность в распределении оливина и плагиоклаза. Совместное нахождение минералов наблюдается редко, то есть условно все пироксениты разделяются на три основные группы: мономинеральные, оливиновые и плагиоклазовые. В каждой из них присутствует апатит, при этом его содержание в оливиновых разновидностях пород значительно выше, чем в плагиоклазовых.

Кроме описанных пироксенитов в строении золото-платиноидной рудной зоны принимают участие апатитовые оливиниты – породы, состоящие в основном из апатита и оливина. *Апатитовые оливиниты* залегают в виде маломощных (до 1-2 м, реже более 2 м) прослоев и линз среди пироксенитов. Внешне это темно-серые пятнисто-полосчатые породы, состоящие из оливина, большей частью псевдоморфно замещенного криптозернистыми агрегатами вторичных минералов, – серпентина, иддингсита, боулингита, талька, карбонатов, магнетита, гематита, переменных количеств апатита, титаномагнетита, иногда в сростаниях с зеленой шпинелью. Спорадически присутствуют клинопироксен, плагиоклаз, обычно полностью соссюритизированный. По данным Волченко Ю. А., реликтовый оливин апатитовых оливинитов имеет железистость 18-20 мол. %. Апатит относится к фторсодержащей разновидности и по распределению РЗЭ подобен фторапатиту верхних и средних горизонтов Волковского массива. Структурные соотношения первичных минералов апатитовых оливинитов идентичны описанным для баронских пироксенитов. Аналогичны и зеленокаменные метаморфические изменения: почти полное псевдоморфное замещение оливина и плагиоклаза вторичными минералами, развитие реакционных существенно хлоритовых кайм по границам оливина, плагиоклаза, титаномагнетита.

По данным Волченко Ю. А. с соавторами, в апатитовых оливинитах, а также в оливиновых пироксенитах в пределах зон, насыщенных телами апатитовых оливинитов, присутствует медно-золото-платинометалльная минерализация, представленная борнитом, халькопиритом, карролитом, меренскином, котульскином, золотом. Золото и теллуриды благородных металлов содержатся в виде тонких включений в сульфидах меди, серпентине, хлорите, что указывает на низкотемпературные условия образования медно-золото-платинометалльной минерализации. Содержания благородных металлов достигают в отдельных образцах 25-30 г/т. Их концентрации убывают в следующем порядке: палладий, золото, платина, рутений, осмий, родий, рутений.

\* Волченко Ю.А. и др. Основные минералого-геохимические черты нового баронского типа золото-палладиевых руд Урала. Ежегодник-2000 / ИГТ УрО РАН. Екатеринбург, 2000. С. 148-157.

Ультрасовновые и основные породы Баронского участка подверглись местами интенсивному тектоническому воздействию с образованием катаклизмов, милонитов и зон брекчирования. Малосульфидное платинометалльное оруденение локализуется в метаморфизованных апатитовых оливинитах и апатит-оливиновых клинопироксенитах, нередко тесно ассоциирующих или образующих перемежающиеся участки. По предварительным данным поискового бурения, такие участки, обогащенные оливином и апатитом, содержат повышенные и максимальные количества благородных металлов при среднем содержании палладия 4,36 г/т, платины 0,1 г/т и золота 0,3 г/т. Разновидности пироксенитов хотя и обогащены апатитом (ар 5 %), в том числе плагиоклазодержащие пироксениты имеют пониженное содержание палладия – 0,2 г/т, которое, однако, значительно выше фоновых значений. Наиболее низкие содержания палладия, колеблющиеся в пределах 0,02-0,26 г/т, имеют безапатитовые, мономинеральные, плагиоклазодержащие и плагиоклазовые пироксениты. Среднее содержание в них палладия составляет 0,1 г/т.

Таким образом, судя по предварительным данным, намечается петрологический признак оруденения баронского типа – приуроченность максимальных концентраций палладия к апатитовым оливинитам и апатит-оливиновым клинопироксенитам.

### Физико-петрологические особенности пород и руд Баронского платинометалльного оруденения

Автором произведены измерения остаточной намагниченности, магнитной восприимчивости и плотности образцов пород и руд Баронского месторождения в количестве 22 штук. Образцы были отобраны автором доклада в процессе производственной практики минувшим полевым сезоном в составе горно-разведочного предприятия ЗАО «Баронское Майнинг». Измерения произведены с целью выявить на основе физических свойств пород и руд Баронского оруденения признаки, характерные для данного типа платинометалльного оруденения.

Результаты измерений приведены на рис. 1. На данном графике видно, что, несмотря на небольшой массив экспериментальных образцов, четко видна связь магнитной восприимчивости и плотности в двух разновидностях образцов: пироксенитах и апатитовых оливинитах. Эта зависимость подтвердилась при математической обработке полученных цифровых данных магнитной восприимчивости ( $\hat{\alpha}$ ) и плотности ( $\sigma$ ) раздельно по пироксенитам и апатитовым оливинитам при вычислении коэффициента корреляции:

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

где  $x = \sigma$ ;  $y = \hat{\alpha}$ .

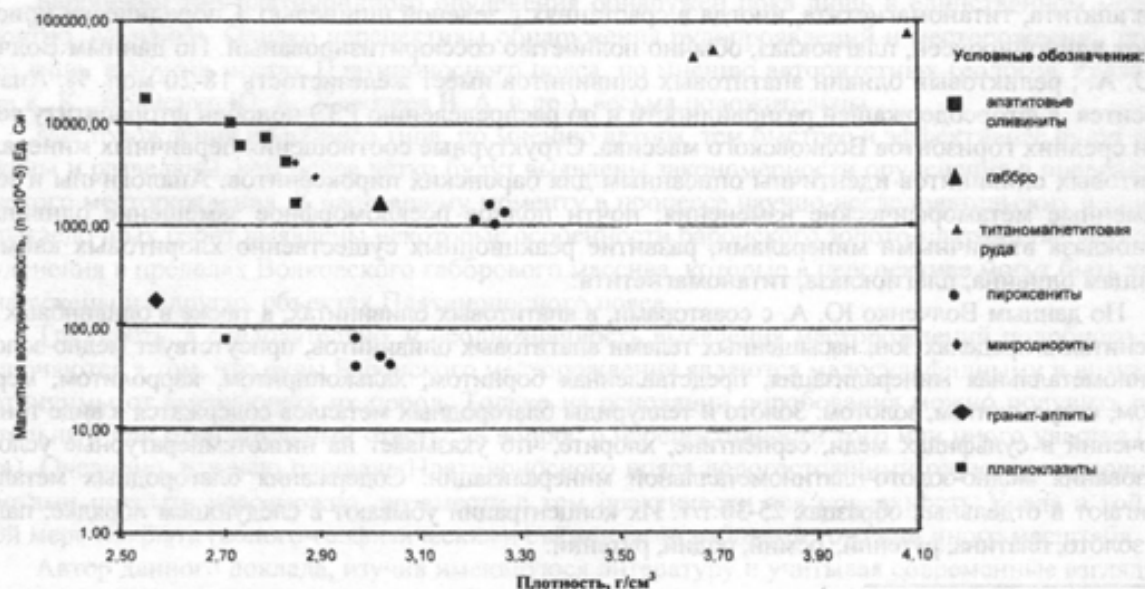


Рис. 1. Зависимость магнитной восприимчивости от плотности пород

Для апатитовых оливинитов  $r = -0,96$  (рис. 2).

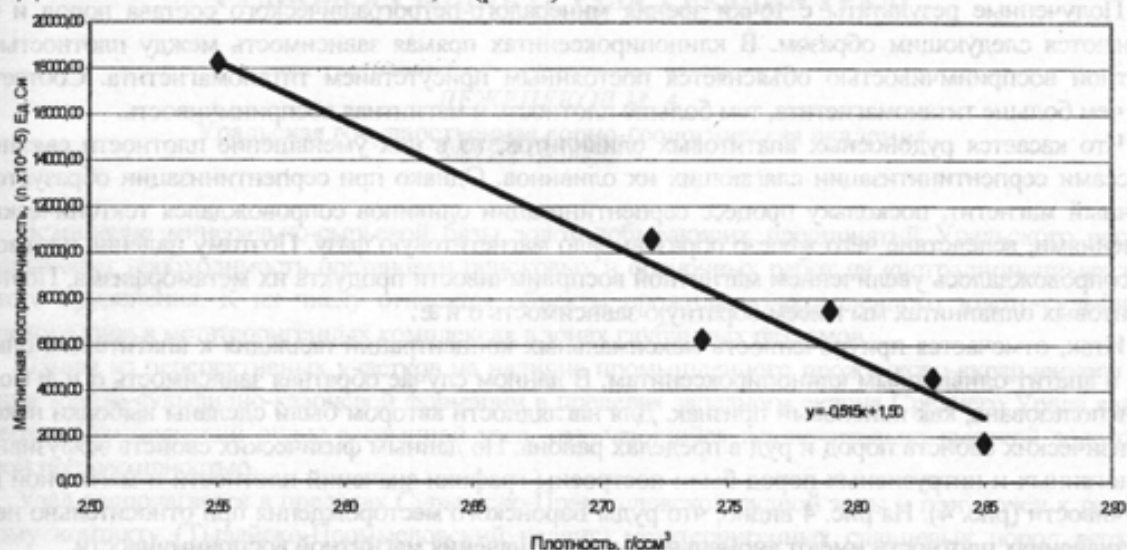


Рис. 2. Зависимость плотности от магнитной восприимчивости апатитовых оливинитов

Для пироксенитов  $r = 0,82$ , (рис. 3).

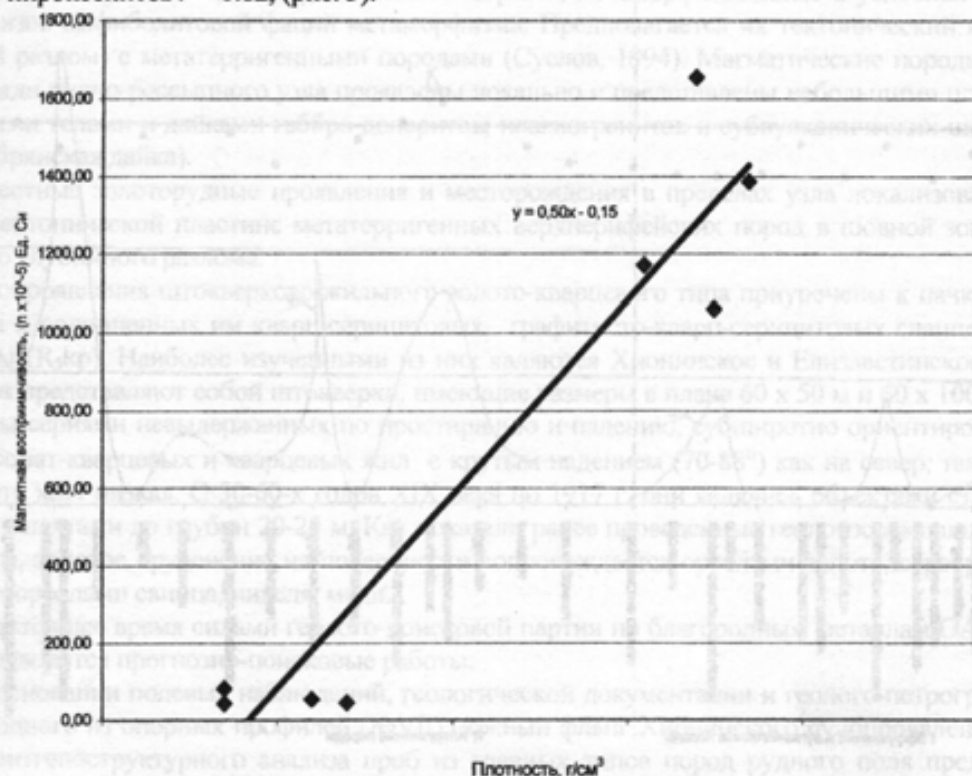


Рис. 3. Зависимость плотности и магнитной восприимчивости пироксенитов

Если имеется линейная зависимость (прямая или обратная), то уравнение регрессии или усреднённой прямой имеет вид:

$\hat{x} = a - b\sigma$  для апатитовых оливинитов (рис. 2);

$\hat{x} = a + b\sigma$  для пироксенитов (рис. 3).

При этом коэффициенты вычисляются так:

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2};$$

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n}.$$

Рассчитанные коэффициенты приведены для пироксенитов на рис. 3 и для апатитовых оливинитов – на рис. 2.

Полученные результаты с точки зрения минералого-петрографического состава пород и руд объясняются следующим образом. В клинопироксенитах прямая зависимость между плотностью и магнитной восприимчивостью объясняется постоянным присутствием титаномагнетита. Соответственно чем больше титаномагнетита, тем больше плотность и магнитная восприимчивость.

Что касается рудоносных апатитовых оливинитов, то в них уменьшение плотности связано с процессами серпентинизации слагающих их оливинов. Однако при серпентинизации образуется и вторичный магнетит, поскольку процесс серпентинизации оливинов сопровождался тектоническими нарушениями, вследствие чего железо образовывало магнетитовую фазу. Поэтому падение плотности у нас сопровождалось увеличением магнитной восприимчивости продукта их метаморфизма. Поэтому в апатитовых оливинитах мы имеем обратную зависимость  $\sigma$  и  $\delta$ .

Итак, отмечается приуроченность максимальных концентраций палладия к апатитовым оливинитам и апатит-оливиновым клинопироксенитам. В данном случае обратная зависимость  $\sigma$  и  $\delta$  может быть использована, как поисковый признак. Для наглядности автором были сделаны выборки некоторых физических свойств пород и руд в пределах района. По данным физических свойств эффузивных, вулканогенных и интрузивных пород были построены графики значений плотности и магнитной восприимчивости (рис. 4). На рис. 4 видно, что руды Баронского месторождения при относительно невысоких значениях плотности имеют аномально высокие значения магнитной восприимчивости.

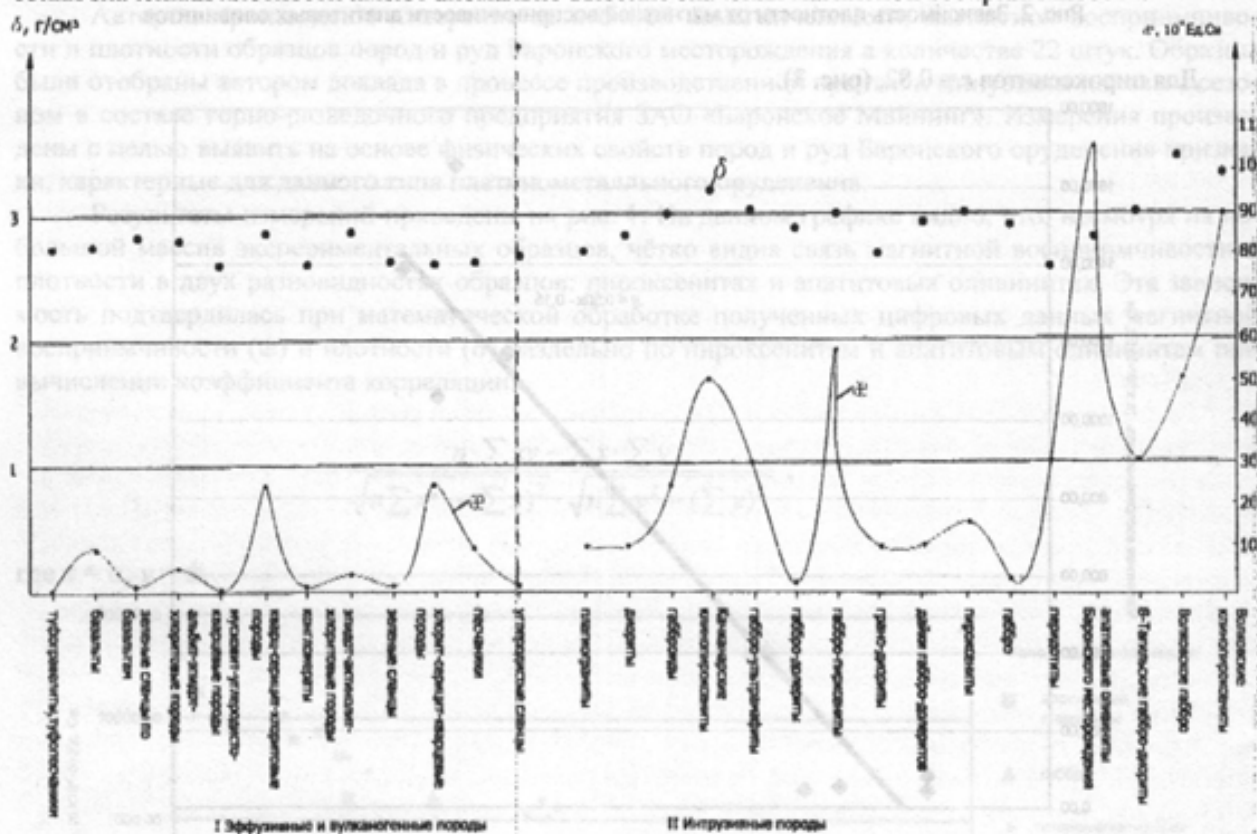


Рис. 4. Графики значений плотности и магнитной восприимчивости

Работая с фактическим материалом, вероятно, внимательно следует относиться к положительным аномалиям магнитного поля ( $Z$ -составляющая) интенсивностью выше 3500 нТл при относительно ровном гравитационном поле. Конечно, следует отметить, что всё вышесказанное относится, прежде всего, к области Платиноносного пояса.

В заключение автор выражает признательность Петряеву В. Е. за оказанную помощь в процессе измерений и математической обработки полученных данных.