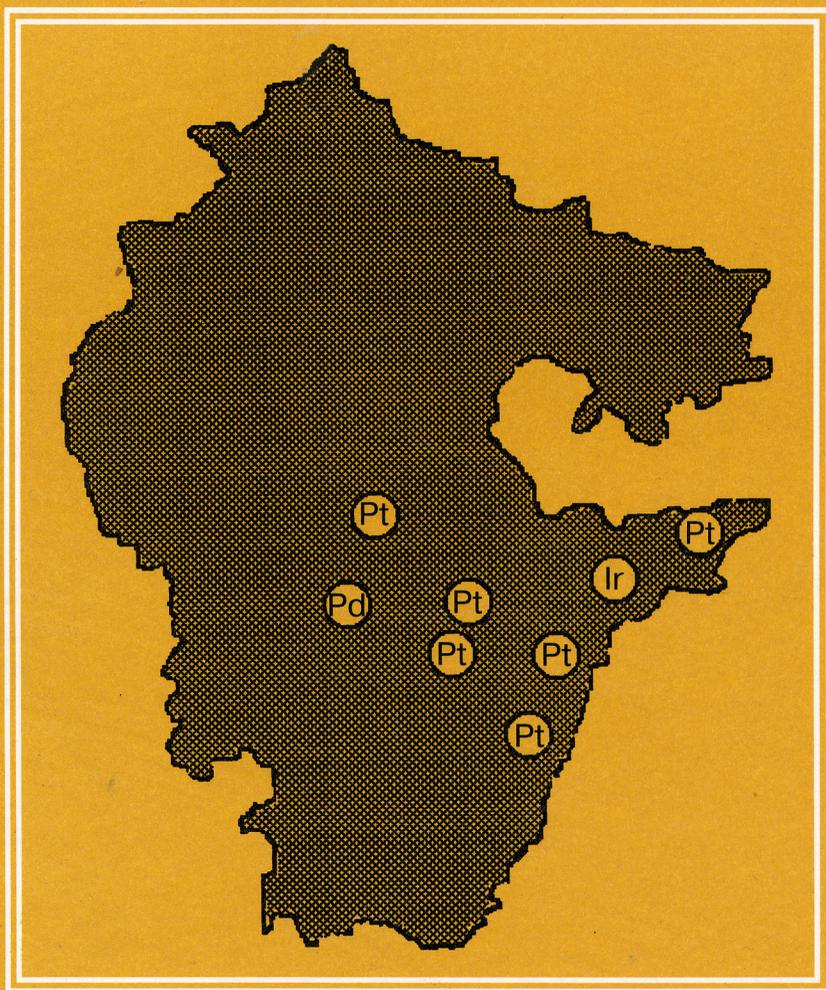


**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ)**



Российская Академия наук  
Институт геологии Уфимского научного центра  
Академия наук Республики Башкортостан  
Отделение наук о Земле  
Управление по геологии и использованию недр  
при Кабинете Министров Республики Башкортостан  
Государственное Унитарное Геологическое Предприятие  
«Башгеолцентр»

Д.Н.Салихов, С.Ш.Юсупов, С.Г.Ковалев,  
П.Г.Бердников, Р.А.Хамитов

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(металлы платиновой группы)

Уфа-2001

УДК 553.491 (470.52)

Д.Н.Салихов, С.Ш.Юсупов, С.Г.Ковалев, П.Г.Бердников, Р.А.Хамитов  
**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**  
(металлы платиновой группы). Уфа: изд-во «Экология», 2001. 223 с.

В монографии впервые обобщены материалы по распространенности металлов платиновой группы (МПГ) в породах и рудах более ста месторождений и рудопроявлений различной формационной принадлежности и структурно-вещественных комплексах, распространенных на территории Республики Башкортостан.

Детально охарактеризовано распределение МПГ в породах ультраосновных массивов и приуроченных к ним хромитовых месторождениях, выделены геохимические типы благороднометальной специализации рудных объектов, изучено их поведение в процессе рудогенеза (хромитообразования) и суммированы материалы по их минеральным формам.

Приводятся обширные материалы по содержаниям металлов платиновой группы в золоторудных, колчеданных, медно-кобальт-никелевых, железорудных, буроугольных месторождениях и россыпях. Описываются формы их выделения и минералы-носители. Для эксплуатируемых месторождений, обобщены данные по содержаниям МПГ не только в различных типах руд и получаемых из них концентратов, но и в хвостах и отвалах.

Кроме этого в работе дана детальная характеристика новых, нетрадиционных для Республики Башкортостан типов платинометального оруденения: 1) «черносланцевого», 2) приуроченного к докембрийским и мезо-кайнозойским конгломератам. Описывается геологическое строение этих отложений, приводятся содержания МПГ в породах и рудных минералах, слагающих рудоносные зоны и площади.

В заключении делаются выводы о перспективах различных объектов, расположенных на территории Республики Башкортостан, на металлы платиновой группы.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и, в первую очередь, на специалистов в области геологии и металлогении. Она также будет полезна предпринимателям, занимающимся вопросами добычи полезных ископаемых.

Библиогр. 103 назв. Табл. 83. Илл. 65.

*Ответственный редактор:* доктор геол.-минер. наук Д.Н.Салихов

*Рецензент:* доктор геол.-минер. наук А.А.Алексеев

© Д.Н.Салихов, С.Ш.Юсупов, С.Г.Ковалев, П.Г.Бердников, Р.А.Хамитов

Institute of Geology  
Ufa Research Centre of Russian Academy of Sciences  
Academy of Sciences of the Republik of Bashkortostan  
Department for Geology and Mineral Resources  
under The Cabinet of Ministers of the Republik of Bashkortostan  
State Unitary Geological Firms «Bashgeolcentre»

D.N. Salichov, S.S.Yusupov, S.G. Kovalev,  
P.G.Berdnikov, R.A.Hamitov

THE RESOURCES OF THE  
BASHKORTOSTAN REPUBLIC  
(platinum group elements)

Ufa-2001

UDK 553.491 (470.52)

D.N. Salichov, S.S.Yusupov, S.G. Kovalev, P.G.Berdnikov, R.A.Hamitov  
THE RESOURCES OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC  
(platinum group elements). Ufa: «Ecolody», 2001. 223 p.

This monograph summarizes the material about platinum group elements' (PGE) occurrence in rocks and ore of more than one hundred different types of ore deposits and ore manifestations on territory of the Bashkortostan Republic.

PGE distribution in ultrabasic massives and chromite deposits is described in detail. The geochemical types of the noble-metallic specialization of the ore objects are pointed out, and their behaviour in the ore genesis is studied, material on mineral form is summarized.

Extensive material on the PGE contents in Au-, Cu-Co-Ni-, Fe-ore deposits, massive sulphide and coal deposits is available. The mineral forms of the PGE and the host mineral are described. The data on PGE contents for exploited ore deposits is generalized both for different ore types and ore concentrates and for tailings and dump.

It is concluded that the present ore re-working technology result in PGE amount, which ores contain, doesn't extract but carries to dump.

In addition, the detailed characteristic of the new, non-traditional for Bashkortostan PGE ore deposits types is made, i.e. 1) carbon-bearing shale («black shale») 2) located to Precambrian and Meso-Cenozoic conglomerates. The geological structure is described for this deposits and PGE contents are available.

As a result the main conclusion was made about availability of PGE in the different objects which are located on the territory of the Bashkortostan Republic.

*Responsible editors:* Doctor of geol.-miner. sciences D.N. Salichov

*Reviewer:* Doctor of geol.-miner. sciences A.A.Alekseev

© D.N. Salichov, S.S.Yusupov, S.G. Kovalev, , P.G.Berdnikov, R.A.Hamitov

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ И МЕТОДИКА ИХ ИЗУЧЕНИЯ.....	13
ПЛАТИНОНОСНОСТЬ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ .....	18
<b>Глава 1. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ (С.Г.Ковалев, П.Г.Бердников).....</b>	<b>18</b>
1.1. Содержания и распределение МПГ в рудах Кракинских массивов .....	21
1.2. Содержания и распределение МПГ в рудах Нуралинского массива .....	34
1.3. Содержания и распределение МПГ в рудах Ургунского и Миндякского массивов.....	43
1.4. Содержания и распределение МПГ в рудах месторождений полосчатых комплексов.....	51
1.5. Содержания и распределение МПГ в метаморфи- зованных ультрабазитах Башкирского Зауралья (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов) .....	69
<b>Глава 2. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В РОССЫПЯХ (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев).....</b>	<b>71</b>
<b>Глава 3. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ЗОЛОТОРУД- НЫХ ОБЪЕКТАХ (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев) .....</b>	<b>84</b>
<b>Глава 4. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В РУДАХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев) .....</b>	<b>99</b>
<b>Глава 5. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МЕДНО- КОБАЛЬТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов) .....</b>	<b>125</b>
<b>Глава 6. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МЕДНО- НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ (Д.Н.Салихов, С.Ш.Юсупов) .....</b>	<b>131</b>
<b>Глава 7. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МЕСТОРОЖДЕ- НИЯХ МЕДИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов) .....</b>	<b>136</b>
<b>Глава 8. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ЖЕЛЕЗОРУД- НЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ (С.Г.Ковалев).....</b>	<b>140</b>
<b>Глава 9. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В БУРОУРОЛЬ-</b>	

НЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ (С.Г.Ковалев, Р.А.Хамитов) .....	142
НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ .....	147
<b>Глава 10. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В СЛОЖНОДИС- ЛОЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОЛЩАХ</b> (С.Г.Ковалев, Д.Н.Салихов).....	147
10.1. Улу-Елгинская зона .....	151
10.2. Узьянско-Кагармановская зона .....	156
<b>Глава 11. СОДЕРЖАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОКЕМБ- РИЙСКИХ КОНГЛОМЕРАТАХ (С.Г.Ковалев, Р.А.Хамитов) .....</b>	168
<b>Глава 12. СОДЕРЖАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗИС- ТЫХ КОНГЛОМЕРАТАХ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА</b> (С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов) .....	174
ПЛАТИНОНОСНОСТЬ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ .....	179
<b>Глава 13. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МАГМАТИЧЕС- КИХ ПОРОДАХ (С.Г.Ковалев, Д.Н.Салихов, П.Г.Бердников) ....</b>	179
13.1. Содержания и распределение МПГ в породах гипербазитовых массивов.....	179
13.2. Содержания и распределение благородных металлов в породах полосчатых серий.....	186
13.3. Содержания и распределение благородных металлов в основных породах .....	195
<b>Глава 14. СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ (С.Г.Ковалев).....</b>	201
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	209
АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ, РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И РОССЫПЕЙ .....	210
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	214

## CONTENTS

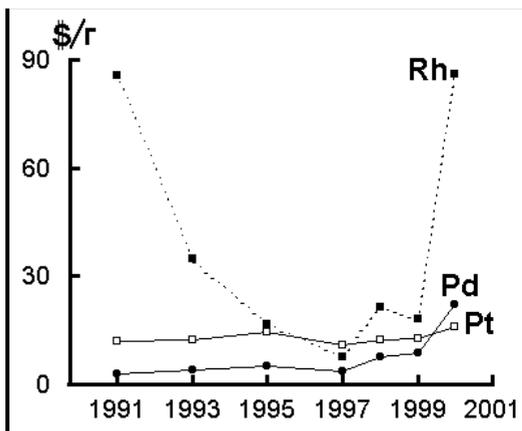
INTRODUCTION.....	9
PGE GEOCHEMICAL FEATURES AND METHOD OF ITS STUDYING .....	13
PRESENCE OF PLATINUM IN THE ORE COMPLEXES.....	18
<b>Chapter 1.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION CHROMITE ORE DEPOSITES ( <i>S.G. Kovalev, P.G.Berdnikov</i> ) .....	18
1.1. The PGE contents and distribution in the ores of the Krakinian massives .....	21
1.2. The PGE contents and distribution in the ores of the Nuraly massif .....	34
1.3. The PGE contents and distribution in the ores of the Urgun and Mindyak massives .....	43
1.4. The PGE contents and distribution in the ores from ore de- posites located in banded complexes .....	51
1.5. The PGE contents and distribution in the methamorphosed ultrabasites at the Bashkirian Transuralian zone ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov</i> ) .....	69
<b>Chapter 2.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE PLACERS( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov, S.G.Kovalev</i> ) .....	71
<b>Chapter 3.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE GOLD- CONTAINING OBJECTS ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov, S.G.Kovalev</i> ) .....	84
<b>Chapter 4.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE MASSIVE SULFIDE ORE DEPOSITES ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov, S.G.Kovalev</i> ) .....	99
<b>Chapter 5.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE CU-CO ORE DEPOSITES ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov</i> ) .....	125
<b>Chapter 6.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE CU-NI ORE DEPOSITES ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov</i> ) .....	131
<b>Chapter 7.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE COPPER- BEARING ORE DEPOSIT OF THE DIFFERENT FORMATION ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov</i> ) .....	136
<b>Chapter 8.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE IRON ORE DEPOSITES ( <i>S.G.Kovalev</i> ) .....	140
<b>Chapter 9.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE BROWN COAL DEPOSITES ( <i>S.G.Kovalev, R.A.Hamitov</i> ) .....	142
NON-TRADITIONAL TYPIES OF THE PLATINUM MINERALIZATION....	147

<b>Chapter 10.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE COMPLEXLY DISLOCATED CARBON-BEARING ROCKS ( <i>S.G.Kovalev, D.N.Salichov</i> ) .....	147
10.1 Ulu-Elga zone.....	151
10.2 Uzyan-Kagarmanovo zone.....	156
<b>Chapter 11.</b> THE NOBLE METALS CONTENTS IN THE PRECAMBRIAN CONGLOMERATES ( <i>S.G. Kovalev, R.A.Hamitov</i> ) .....	168
<b>Chapter 12.</b> THE NOBLE METALS CONTENTS IN THE FERRIFEROUS MESO-CENOZOIC CONGLOMERATES ( <i>S. S.Yusupov, D.N.Salichov</i> ).....	174
PRESENSE OF PLATINUM IN THE DIFFERENT FORMATION COMPLEXES .....	179
<b>Chapter 13.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE MAGMATIC ROCKS ( <i>S.G.Kovalev, D.N.Salichov, P.G.Berdnikov</i> ) .....	179
13.1 The PGE contents and distribution in the rocks of the ultrabasic massives.....	179
13.2 The noble metals contents and distribution in the banded series rocks .....	186
13.3 The noble metals contents and distribution in the basic rocks .....	195
<b>Chapter 14.</b> THE PGE CONTENTS AND DISTRIBUTION IN THE SEDIMENTARY ROCKS ( <i>S.G. Kovalev</i> ) .....	201
CONCLUSION .....	209
ALPHABETHIC LIST OF ORE DEPOSITES, ORE MANIFESTATION AND PLACERS .....	210
REFERENCES .....	214

## ВВЕДЕНИЕ

Металлы платиновой группы (МПГ) являются ценнейшими полезными ископаемыми, которые находят все более широкое применение в различных отраслях современного промышленного производства (электротехнической, электронной, автомобильной, нефтеперерабатывающей, ювелирной и др.). В настоящее время созданы и продолжают активно разрабатываться медицинские препараты на основе МПГ, которые являются источниками стабильных валютных поступлений в связи с высокими ценами на этот вид полезных ископаемых на мировом рынке (до 29,7 \$/г – Pd, 22 \$/г – Pt и 66 \$/г – Rh, в период март 2000 г – январь 2001 г, данные Лондонской биржи металлов). Цены на металлы платиновой группы в последнее время неуклонно повышаются, что видно из диаграммы, изображенной на рис. 1.

**Рис. 1.** Динамика цен на некоторые металлы платиновой группы на мировом рынке (по Д.А.Додину и др., 2000)



Уникальность химико-физических свойств МПГ (высокие температуры плавления, электрическая проводимость, каталитическая активность, устойчивость к коррозии и др.) дает основание полагать, что создание их искусственных аналогов в ближайшее время нереально. В настоящее время в мире обрабатываются только шесть крупных промышленных месторождений этих металлов: Бушвельд, Талнах-Норильск, Стиллуотер, Садбери, Сейнав-Гальмознанское и Зимбабве. По данным Д.А.Додина с соавторами (2000), в России около 90% всей добычи МПГ приходится на сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды Норильского

района, а за рубежом – столько же на собственно платинометалльные и платиноидно-хромитовые руды Бушвельда.

Потребление платиновых металлов в мире постоянно растет, и начиная с 1994 года оно на 50-150 т превышает их производство (см. рис. 2). На основании проведенного изучения конъюнктуры рынка, источников получения и потребительского спроса на МПГ Е.М.Некрасов и А.П.Ставский (1999) делают выводы о том, что в последние годы общемировое потребление МПГ растет чрезвычайно быстрыми темпами, которые намного превышают темпы роста потребления любых других (черных и цветных) металлов и энергоносителей. Основной причиной этого авторы считают ужесточение экологических требований к автомобильному транспорту, который является основным потребителем МПГ (до 40% общемирового объема потребляемых Pt и Pd) для производства фильтров-нейтрализаторов выхлопных газов. Данная тенденция, вероятнее всего, сохранится в ближайшие годы. Все это позволяет с полным основанием относить металлы платиновой группы к важнейшим, стратегическим видам полезных ископаемых

Рис. 2. Соотношение потребления и производства (в т) МПГ в мире (по материалам Д.А.Додина и др., 2000).



Разработанная на сегодня

**Рис. 2. Соотношение потребления и производства (в т) МПГ в мире (по материалам Д.А.Додина и др., 2000).**



Разработанная на сегодняшний день формационно-генетическая типизация месторождений и рудопроявлений МПГ включает в себя следующие группы (по Додину и др., 2000):

I группа (собственно магматогенные):

- 1) платинометалльные малосульфидные в ритмично-расслоенных комплексах;
- 2) сульфидные платиноидно-медно-никелевые;
- 3) платиноидно-хромитовые и платиносодержащие хромитовые;
- 4) платиноидно-титаномагнетитовые с ванадием и медью.

II группа (постмагматические):

- 1) платиносодержащие золоторудные, эпитеpmальные, скарновые молибден-меднопорфировые жилы различного состава.

III группа (флюидно-магматогенно-осадочная):

- 1) платиносодержащие глубоководные и мелководные образования;
- 2) метаморфогенные платиносодержащие полиметалльные;
- 3) черносланцевые комплексы.

IV группа (гидротермально-флюидно-метасоматические):

- 1) платинополиметалльные в углеродистых метасоматитах;
- 2) платиносодержащие колчеданно-полиметаллические.

V группа (магматогенно-космогенно-осадочные):

- 1) магматогенно-космогенные(?);
- 2) космогенно-осадочные.

VI группа (россыпные нелитифицированные):

- 1) россыпные, сформировавшиеся за счет платиносодержащих магматических формаций и ассоциированных с ними магматогенных месторождений;

VII группа (платиноносные коры выветривания):

1) коры выветривания на платиноидно-медно-никелевых и платиноидно-хромитовых и золоторудных месторождениях.

VIII группа (платиносодержащие железо-марганцевые конкреции, морские илы, базальтоидные горизонты):

1) платиноидно-медь-кобальт-железо-марганцевые и золото-серебряно-полиметаллические).

IX группа (россыпные литифицированные):

1) платиноидно-ураново-золоторудные.

X группа (техногенные):

1) хвостоотвалы различных формационно-генетических типов платиноидных и платиносодержащих месторождений.

Кроме этого, в интрузивных траппах Сибирской платформы был обнаружен новый платино-железометалльный тип оруденения (Рябов, Аношин, 1999), который не был выделен в качестве самостоятельного в приведенной выше классификации.

Еще одна классификация платиноворудных и платиноидносодержащих формаций в зависимости от геодинамических режимов развития уральского подвижного пояса была предложена Ю.А. Волченко, В.А. Коротеевым и др. (1993), согласно которой наиболее крупные месторождения и рудопроявления Os, Ir и Ru образуются на ранней стадии развития пояса в режиме океанического рифтинга, при формировании гарцбургит-лерцолитовых и дунит-гарцбургитовых серий альпинотипных комплексов. С островодужным режимом развития, по мнению авторов, связано образование крупнейших месторождений платины в связи с дунит-клинопироксенит-тылаитовыми сериями зональных комплексов (нижнетагильский тип) и крупных – медно-цинково-колчедановых руд (гайский тип). Формирование крупных месторождений и рудопроявлений палладиевых и платино-палладиевых руд (иногда совместно с золотом) авторы связывают с позднеостроводужным и предконтинентальным режимами развития подвижного пояса при формировании ферроклинопироксенит-габбровых (габбро-норитовых) серий зональных комплексов (качканарский тип) и массивов дифференцированных рудоносных габбро (волковский тип).

В пределах Республики Башкортостан месторождения МПГ промышленного типа на сегодняшний день не известны. Тем не менее, перспективы Республики на этот вид полезных ископаемых, на наш взгляд, довольно значительны. Такая оценка перспективности основана на следующих факторах:

1) присутствие МПГ (в основном осмистого иридия) в золотоносных россыпях Учалинского района, которые известны с конца прошлого века и добывались в промышленных масштабах;

2) обнаружение повышенных содержаний МПГ в хромитовых рудах целого ряда месторождений, приуроченных к ультраосновным массивам, расположенным на территории Республики;

3) повышенная платиноносность колчеданных, сульфидных и золото-сульфидных руд месторождений, расположенных в восточной части Республики;

4) повышенные содержания МПГ ( $\pm Au$ ) и специфическая благороднометалльная специализация черносланцевых отложений, слагающих сложнодислоцированные зоны тектонических нарушений западного склона Южного Урала;

5) присутствие МПГ (в значимых количествах) в составе золота из Au-рудных месторождений и многих золотоносных россыпей, а также в отдельных минералах (сульфиды, самородные Sn и Fe).

Опираясь на это, мы считаем, что перспективы промышленной добычи МПГ (попутной либо самостоятельной) на территории Республики Башкортостан довольно значительны.

Значительная часть материалов, приводимых в монографии была получена при разработке тем, финансировавшихся Отделением наук о Земле АН РБ, Управлением по геологии и использованию недр при Кабинете Министров РБ и, частично (2001 г) Min Urals № JCA-2-СТ-2000-10011.

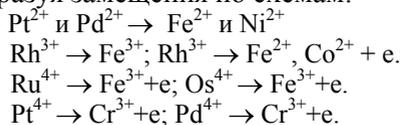
## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ И МЕТОДИКА ИХ ИЗУЧЕНИЯ**

Благородные металлы, рассматриваемые в данной работе (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), относятся к редким элементам, кларки которых в земной коре составляют  $n \cdot 10^{-6} - n \cdot 10^{-8} \%$ , образуя ряд по степени распространенности (в сторону убывания): Pd > Pt >> Ir >> Os >> Rh = Ru, обусловленный физическим строением самих элементов и их способностью образовывать химические соединения, что, в свою очередь, выражается в их специфичном геохимическом поведении в геологических процессах (Додин и др., 1994).

Все элементы группы платины (ЭПГ) обладают сидерофильными свойствами, однако Pt и, особенно, Pd проявляют и халькофильные тенденции. По температурам плавления ЭПГ образуют две триады: легкоплавкие (Pd – 1555°; Pt – 1755°, Rh – 1985°) и

тугоплавкие (Ir – 2440°, Ru – 2450°, Os – 2700°), что согласуется с их минералого-геохимическими и металлогеническими особенностями, а именно: приуроченностью повышенных концентраций самых тугоплавких Os, Ir, Ru к наиболее «высокотемпературным» и, вероятно, глубинным магматическим образованиям, а Rh, Pt, Pd – к промежуточным, с некоторым уменьшением глубинности, которое направлено от Pt к Pd («Минералы...», 1986).

Обладая высокими значениями окислительно-восстановительного потенциала эти благородные металлы характеризуются повышенной способностью к образованию самородных выделений, которая несколько снижается в ряду:  $Pt^{3+} > Ir^{3+} > Pd^{2+} > Os^{3+} > Ru^{3+} > Rh^{3+}$ . Кроме этого, МПГ могут входить в виде изоморфных примесей в оливин, орто- и клинопироксен, хромшпинелид, титаномагнетит, сульфиды и сульфоарсениды Fe, Co, Ni и Cu, образуя замещения по схемам:



В то же время более крупные по размерам нейтральные и низковалентные формы этих элементов связаны с кристаллическими решетками отдельных минералов гораздо менее прочно и могут легче мигрировать в процессах метаморфизма (Юшко-Захарова, 1975).

Поведение благородных металлов в эндогенных процессах петрогенезиса и рудообразования, как уже отмечалось выше, тесно связано с их физическими и химическими свойствами. В частности, наибольшее ядерное сходство элементов в пределах каждой из платиновых триад создает возможность более тесной ассоциации Pt с Ir и Os; Pd с Rh и Ru в мантийных процессах. Близкие термические свойства, с одной стороны – Pt, Pd, Rh, с другой – Ru, Os, Ir, также должны влиять на специфику распределения и накопления данных металлов. Сходство по электронной структуре атомов в парах Pt – Rh; Ru – Ir; Pd – Au и их существенное отличие от других элементов семейства железа, вероятнее всего, способствует «обособлению» каждой из этих пар в ходе процессов минералообразования.

Геохимические ассоциации ЭПГ, возникшие с широким участием флюидного переноса и важные для рассматриваемых в данной работе проблем, были наиболее детально изучены А.А.Маракушевым (1976). Его представления основываются на

восходящей миграции рудного вещества, которое мобилизуется в глубинных зонах Земли под воздействием сильно восстановленных водородных флюидов. Исходя из этих представлений, флюиды должны быть первоначально обогащены галогенами (особенно хлором), а также Cu, Ni, Co, платиновыми металлами, Au, Ag, Te, Bi, причем, наиболее сильно восстановительная обстановка способствует концентрации во флюиде золота, серебра, меди и свинца, менее восстановительная – Pt-Ni; при этом роль последнего должна усиливаться с ослаблением восстановительного режима (Маракушев, 1976). Более окислительные условия способствуют концентрации Ir, Rh, Os, Ru и т.д. Еще большее снижение восстановительной обстановки, при прочих равных условиях, приводит к накоплению во флюиде серебра, свинца и цинка, то есть окислительно-восстановительный потенциал и состав флюидов играет очень важную роль в перераспределении элементов группы платины и золота.

К настоящему времени накоплен довольно обширный материал по содержаниям благородных металлов в различных минеральных видах и их ассоциациях. Большой объем минералогических и экспериментальных работ по растворимости благороднометаллических элементов в сульфидных и силикатных расплавах, флюидных фазах различного состава и отдельных минералах позволяет с большой долей вероятности судить о процессах минералообразования при петро- и рудогенезе. Анализ литературных данных показывает, что содержания платиноидов и золота в рудных минералах характеризуются большим разбросом, а по данным экспериментальных исследований, пределы их растворимости довольно значительны и достигают величин  $n \times 10$ . В частности, в пентландитах из альпинотипных гипербазитов Корякского нагорья и из россыпей Восточной Африки установлены следующие содержания элементов платиновой группы (мас.%): Pt от 0,02 до 6,1; Pd-0,09; Rh от 0,22 до 16,4; Ir от 0,17 до 9,3; Ru от 0,31 до 0,52; Os от 0,5 до 1,59 (Cabri et al., 1981, Дистлер и др., 1988). В породах Бушвельда и Стиллуотера обнаружен пентландит с содержанием палладия до 2-3,3 мас.% (Kinloch, 1982), а в Нижне-Тагильском дунитовом массиве Ru(9,6%)-Rh(4%)-содержащая разновидность этого минерала (Генкин и др., 1974). По данным А.Б. Макеева (1992), практически во всех сульфидах, обнаруженных в альпинотипных массивах Полярного Урала, содержатся платиноиды в количествах от 0,05 до 0,3%.

Экспериментальные исследования растворимости ЭПГ в сульфидах показали, что они обладают значительной «емкостью» по изоморфному накоплению большинства из платиноидов. Так, в частности, А.Ю.Малевским и др.(1977), Makovicky et al. (1985), а также В.В. Дистлером с соавторами (1988) было показано, что при температуре 900°C в богатом серой пирротине растворяется до 2,2 мас.% Pt, 44 мас.% Rh и 3,6 мас.% Ru. При снижении температуры до 750-650°C в пирротине растворяется до 2,2 мас.% Pd, до 11,2 мас.% Pt (при максимальной концентрации серы в системе 53,8 ат.%), до 2 мас.% Ru и до 0,5 мас.% Os. В пентландите при 500°C растворимость палладия может достигать 12,5 мас.%, Rh до 12,4 мас.%, а Ru до 11,4-12,9 мас.%.

К сожалению, материалы по содержаниям и растворению платиноидов в силикатных и окиснорудных минералах не так обильны. Тем не менее, проведенные исследования показывают, что в качестве изоморфных примесей ортосиликаты, и, особенно, оливин, допускают вхождение в их структуры наиболее мелких ионов, каковыми являются платиновые металлы (Юшко-Захарова и др., 1986). Следует отметить, что, как будет показано ниже, ЭПГ могут образовывать в силикатах (и не только в них) очень мелкие (первые мкм) включения, представленные собственными минеральными фазами. Н.С.Горбачевым с соавторами при экспериментальном изучении распределения платиновых металлов между хромитом, оливином, силикатным и сульфидным расплавом, а также водно-хлоридным флюидом было обнаружено, что из всех породообразующих минералов самый эффективный концентратор ЭПГ – хромит. Кроме этого, ими было показано, что магматический флюид обладает исключительно высокими транспортными свойствами в отношении платиноидов, при этом растворимость Pt во флюиде возрастает от 50 мг/кг при  $T = 1350^{\circ}\text{C}$  до 750 мг/кг при  $T = 1100^{\circ}\text{C}$ . Интенсивнее всего флюидом из силикатов мобилизуются Ir и Pt, а из хромитов – Pd и Au (Горбачев и др., 1992).

Таким образом, исследования по распределению и растворимости платиновых металлов в породообразующих и рудных минералах показывают, что их содержания (как в виде изоморфных примесей, так и в виде включений собственных минеральных фаз) отличаются широким разбросом значений, а образующиеся парагенезисы характеризуют условия их образования.

В настоящее время методика определения МПГ в горных породах, рудах и минералах довольно разнообразна и во многом зависит от общего развития аналитических методов химического

исследования вещества. Из множества разнообразных методов определения МПГ нами, в силу целого ряда причин объективного характера, были выбраны: нейтронно-активационный (НА), атомно-абсорбционный (АА), рентгено-флюоресцентный (РФ), а также ICP MS (Induction Couple Plazma Mass-Spectrometry) – масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИГЕМ РАН). Здесь же следует отметить, что материалы из заимствованных работ приводятся с указанием методов определения МПГ, которые более детально описаны в оригинальных работах, ссылки на которые даются непосредственно в тексте.

Определения НА методом проводились в ИЯФ АН УзССР (г.Ташкент). Навески пород и нерудных минералов составляли 100 мг; сульфидных минералов и богатых колчеданных руд – 30-50 мг; МПГ – 10 мг. Пределы обнаружения метода составляют  $10^{-3}$  –  $10^{-5}$  масс.%. МПГ определялись радиохимическим анализом по методике, принятой в лаборатории активационного анализа ИЯФ. Чувствительность определений составляет 5 нг/л.

Изучение образцов АА методом проводилось в аналитической лаборатории ЦНИГРИ и в ИГ УНЦ РАН согласно методике ЦНИГРИ (1987). В первой лаборатории анализ производился по стандартной методике. В Институте геологии вес анализируемого вещества был равен 5 г. Нижние пределы определения МПГ (в г/г) составили: Pt-0,1; Pd-0,05; Au-0,08.

Составы отдельных минералов (сульфидов, металлических сплавов и соединений) из хромитовых руд и содержания и распределение в них ЭПГ, Au и Ag определялись на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при ускоряющем напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек в Институте проблем сверхпластичности металлов (г.Уфа). Анализ благородных металлов, Sn, Pb, Te и Sb проводился по линиям L-серий, а остальных элементов по линиям K-серий. При исследованиях применялось графитовое либо золотое напыление. Расчеты проводились по стандартной программе ZAF. В качестве эталонов использовались чистые металлы и шлиховая платина из североуральской россыпи «Березовка» (83,3% Pt, 0,54% Pd, 0,86% Rh, 3,05% Ir, 0,28% Ru, 1,21% Os, 0,37% Au). При анализе использовались только те данные, значения которых превышают стандартную ошибку метода расчета ( $<2\sigma$ ). К сожалению, надежно эталонировать Os не удалось, поэтому его содержания в минералах не приводятся.

# **ПЛАТИНОНОСНОСТЬ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ**

## **Глава 1 СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

В процессе изучения хромитовой минерализации, приуроченной к различным структурно-вещественным комплексам ультраосновных массивов (Крака, Нурали, Миндяк), нами был получен обширный материал по содержаниям и распределению в них благороднометаллических элементов. Изучение закономерностей распределения и поведения ЭПГ и Au в процессах рудогенеза (хромитообразования) представляет собой довольно слож-

ную и интересную проблему, материалы по которой очень редки в опубликованной литературе. Для более удобного восприятия изложенного материала здесь же дается краткая характеристика геологического строения гипербазитовых массивов и рудных объектов, в пределах которых проводились работы.

На территории Республики Башкортостан, которая включает в себя значительную часть Южного Урала, относительно широко распространены ультраосновные породы, представленные как отдельными массивами, так и их «поясами». Последние пользуются широким распространением в восточной части Республики (Учалинский, Абзелиловский, Баймакский, Хайбуллинский и Зилаирский районы). К наиболее крупным из них относятся массивы Крака, Нурали, Миндяк, Ургунский, Новобайрамгуловский и др.

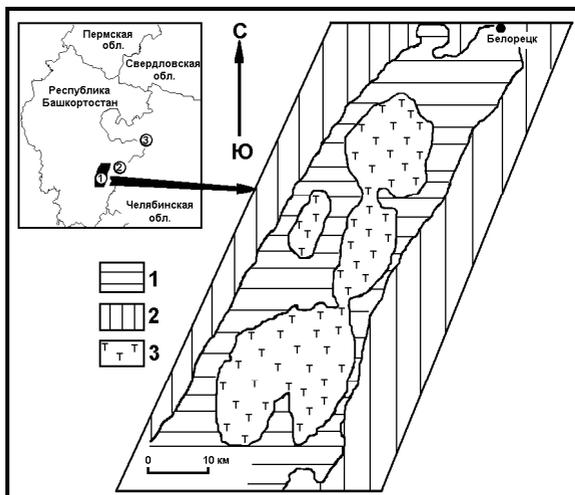
**Массивы Крака** расположены в северной части Зилаирского мегасинклинория, протягиваясь с севера на юг более чем на 60 км. Общая их площадь составляет свыше 800 км<sup>2</sup>. Хребет Крака подразделяется на четыре крупных массива: Северный, Средний, Южный и Узьянский Крака (рис. 1.1).

В различное время и с различной степенью детальности изучением массивов занимались Е.А.Денисова, Т.Т.Казанцева, М.А.Камалетдинов, А.В.Клочихин, С.Г.Ковалев, С.В.Москалева, Д.Г.Ожиганов, Н.В.Павлов, А.А.Пацков, В.В.Радченко, Г.Н.Савельева, В.И.Сначев, Г.А.Соколов, Е.А.Шумихин и многие др.

Массив *Северный Крака* расположен юго-западнее г. Белорецка, образуя тело, по форме близкое к изометричному, с размерами 15×18 км. По обобщенным материалам, он сложен шпинелевыми лерцолитами, в которых в виде дайковых тел распространены шпинель-плаггиоклазовые разновидности. Гарцбургиты образуют небольшие изолированные тела на западной и восточной окраинах массива. Его внутреннее строение характеризуется наличием крупной (17×15 км) синформы, структурные линии которой очерчивают небольшое сжатое ядро в южной части. Внутреннее строение массива определяется закономерной сменой пород, направленной с северо-востока на юго-запад. В первой его части широким распространением пользуются лерцолиты и их плаггиоклазосодержащие разновидности, а во второй – основная масса пород представлена гарцбургитами.

**Рис. 1.1. Схема расположения гипербазитовых массивов Крака.**

1-отложения палеозоя; 2-докембрийские отложения; 3- породы, слагающие массивы Крака. Цифры на схеме: 1- массивы Крака, 2- массив Миндяк, 3- массив Нурали.



Массив *Средний Крака* расположен южнее Северного, образуя по форме тело, близкое к эллипсоиду, с размерами: по длинной оси –  $\approx 20$  км, а по короткой –  $\approx 9$  км.

Большая часть площади массива сложена шпинелевыми лерцолитами, содержащими небольшое количество линз их Sp-Pt-разновидностей. Наиболее крупное пластинообразное тело последних протягивается в северо-западной части массива вдоль границы с гарцбургитами (Савельева, 1987). Лерцолиты с запада и юга окаймлены полосой гарцбургитов, которые в направлении контакта с вмещающими породами последовательно сменяются дунитами, затем верлитами, пироксенитами и далее роговообманковыми габбро и габбро-диабазам, превращенными участками в амфиболиты. Положение границ между выделенными породами определяется как круто наклоненное на восток (Савельева, 1987). Контакты между Sp-лерцолитами и гарцбургитами представляют собой постепенный переход, обусловленный уменьшением количества диоксида в породе. Внутренняя структура массива в лерцолитовой его части определяется наличием крупной ( $14 \times 7$  км), субмеридиональной опрокинутой к востоку антиформной структурой с острым замком на севере и широким плавным замыканием в южной части (Денисова, 1989). Кроме этого, среди Sp-лерцолитов в северо-восточной части массива широко распространены породы, которые следует классифицировать как клинопироксенсодержащие гарцбургиты.

ты, в которых количество клинопироксена составляет от 2 до 5 %. Переходы между различными разновидностями пород постепенные, размытые. Средний Крака занимает несколько обособленное положение среди остальных массивов, благодаря наличию в его западной части полосчатого комплекса (серии). На сегодняшний день, наиболее полная характеристика последней представлена в опубликованных работах (Е.А.Денисовой, 1984, Г.Н.Савельевой и Е.А.Денисовой, 1985, Г.Н.Савельевой, 1987, С.Г.Ковалева и др., 1998, и многих др.).

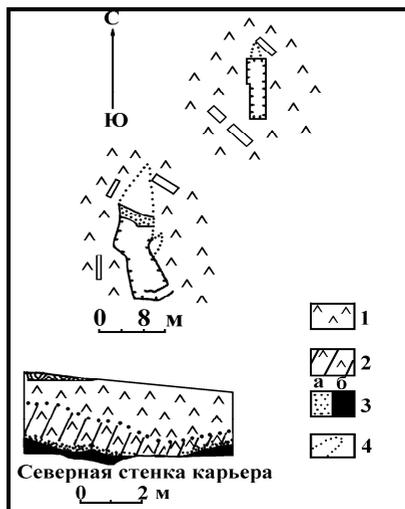
Массив *Южный Крака* имеет площадь около 470 км<sup>2</sup> и характеризуется грубо изометричными в плане очертаниями, округлыми на севере и раздвоенными на юге. Как это впервые было установлено В.П. Логиновым в 1932 году, а затем подтверждено последующими работами (А.В.Клочихин и др., 1973), он характеризуется псевдостратификацией или зонально дифференцированным строением. Считается, что в пределах массива преимущественным распространением пользуются дуниты и дунит-гарцбургитовый комплекс, что объясняется его большим эрозийным срезом. В целом, внутренняя структура массива в его лерцолитовой части характеризуется наличием плоскостных текстур, которые очерчивают крупную сжатую синформную складку, на западном крыле которой полосчатость и уплощенность падают под средними углами на восток субвертикально (Денисова, 1985). Проведенные в последнее время исследования в западной и юго-западной частях массива позволяют говорить о том, что его внутреннее строение обусловлено наличием относительно слабо нарушенных блоков, сложенных массивными, слабо серпентинизированными гарцбургитами и «лерцолитами» (реже дунит-гарцбургитовым комплексом и дунитами), которые «сцементированы» зонами интенсивно серпентинизированных «первичных» пород (Ковалев, 2000 г). Широким распространением в южной и юго-западной частях массива пользуются дайкообразные тела «вторичных» дунитов значительных размеров (до более чем 1 км по простиранию, при мощности до 60 м), ориентированные преимущественно в северо-западном направлении.

### **1.1. Содержание и распределение МПГ в рудах кракинских объектов**

**Месторождение Шигаево** расположено в восточной части массива Северный Крак в полосе развития краевых серпентинитов (рис. 1.2). Руды месторождения представлены очень густо вкрапленными типами, переходящими в массивные разновидности. По периферии рудных тел наблюдается оторочка, сложенная бедно вкрапленными разновидностями, часто крупнозернистыми, с характерной «бобовой» (нодулярной) текстурой.

**Рис. 1.2.** Геологическая схема строения месторождения Шигаево-I и разрез северной стенки карьера (по П.Г. Фарафонтьеву, 1937 ф).

1—серпентинизированные перидотиты; 2—рассланцеванные серпентиниты; 3—хромитовые руды (а—вкрапленные, б—массивные); 4—предполагаемые границы рудных тел.



Под микроскопом руда представлена субизометричными зернами хромшпинелидов, разбитых трещинами, по которым развивается темная (непросвечивающая) модификация хромита. Хромшпинелиды, слагающие руды этого месторождения, относятся к высокохромистым и низкоглиноземистым хромитам и редко алюмохромитам. Их химический состав довольно стабилен и включает в себя:  $MgO$ -9,99-12,88%;  $Al_2O_3$ -8,43-10,96%;  $Fe_{общ.}$ -20,78-23,1%;  $Cr_2O_3$ -57,25-57,79%;  $TiO_2$ -0,03-0,22%. Цемент представлен табличками бастита и хризотилом со своеобразным «перистым» строением. Вкрапленные руды, слагающие оторочку массивных разновидностей, состоят из крупных субидiomорфных зерен слабо просвечивающего хромита. Цемент их сильно ожелезнен и представлен минералами группы серпентина и гидроокислами железа.

Таблица 1.1

Содержания МПГ в породах и рудах месторождения Шигаево (г/т)

№	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru	Pt/Pt+Pd
1	0,24	0,06	<0,02	0,017	0,006	0,005	0,80
2	0,20	0,06	<0,02	0,021	0,006	0,004	0,77
3	0,17	<0,05	<0,02	0,023	0,007	<0,004	-
4	0,20	0,10	<0,02	0,021	0,015	0,024	0,67
5	<0,10	0,06	<0,02	0,020	0,007	0,035	-
6	0,10	0,06	<0,02	0,018	0,007	0,032	0,63
7	0,16	<0,05	<0,02	0,029	<0,004	<0,004	-
8	0,12	0,06	<0,02	0,015	0,005	0,044	0,67
9	0,10	0,10	<0,02	0,011	0,006	0,043	0,50
10	<0,10	0,08	<0,02	0,006	0,013	0,049	-
11	0,19	<0,05	<0,02	0,035	0,013	0,008	-
12	0,11	0,05	<0,02	0,013	0,020	0,016	0,69
13	0,15	<0,05	<0,02	0,033	0,018	0,005	-
14	0,14	<0,05	<0,02	0,026	0,008	0,014	-
15	0,10	<0,05	<0,02	0,016	0,008	0,036	-

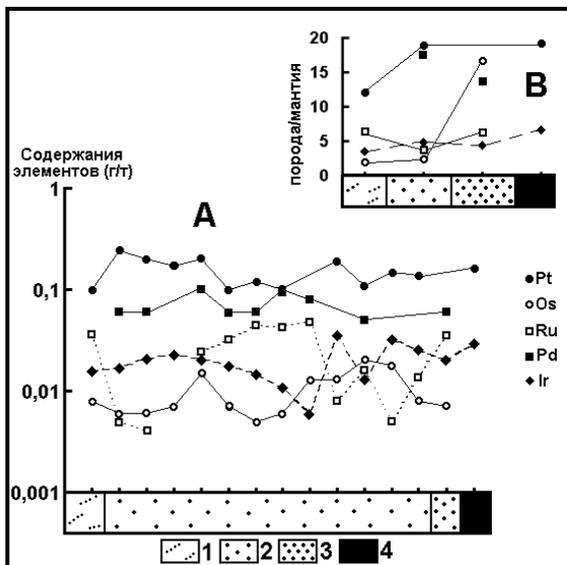
*Примечание:* №№ 1-4, 6, 8-14—вкрапленные и густовкрапленные хромитовые руды; 5—«рябчиковая» хромитовая руда; 7—массивная хромитовая руда; 15—«цепочечная» хромитовая руда. Анализы выполнены атомно-абсорбционным и кинематическим методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Г. Ковалеву, В.И.Сначеву, 1998).

Содержания элементов платиновой группы в различных разновидностях руд месторождения Шигаево приведены в табл. 1.1. Анализ этих цифр показывает, что наиболее стабильные значения характерны для платины (0,1-0,24 г/т), в то время как для остальных платиноидов (Pd-0,05-0,5; Os-0,005-0,02; Ir-0,006-0,035; Ru-0,004-0,049) предел колебаний составляет один порядок, а содержания Rh во всех разновидностях руд находятся ниже предела чувствительности метода определения (< 0,02 г/т).

Распределение МПГ по различным разновидностям руд, (рис.1.3, А), характеризуется хотя и стабильными, но без четко проявленных закономерностей, значениями. Отчетливые закономерности в распределении ЭПГ обнаруживаются при анализе нормализованных средних содержаний этих элементов в различных разновидностях руд (рис. 1.3, В).

**Рис. 1.3. Распределение ЭПГ в рудах месторождения Шигаево (А) и их нормализованные средние содержания (В).**

Типы руд: 1-цепочечные, 2-вкрапленные, 3-«рябчико-вые», густовкрапленные, 4-массивные. Здесь и далее содержания ЭПГ в мантии взяты из работы S.J.Barnes et al., 1988.



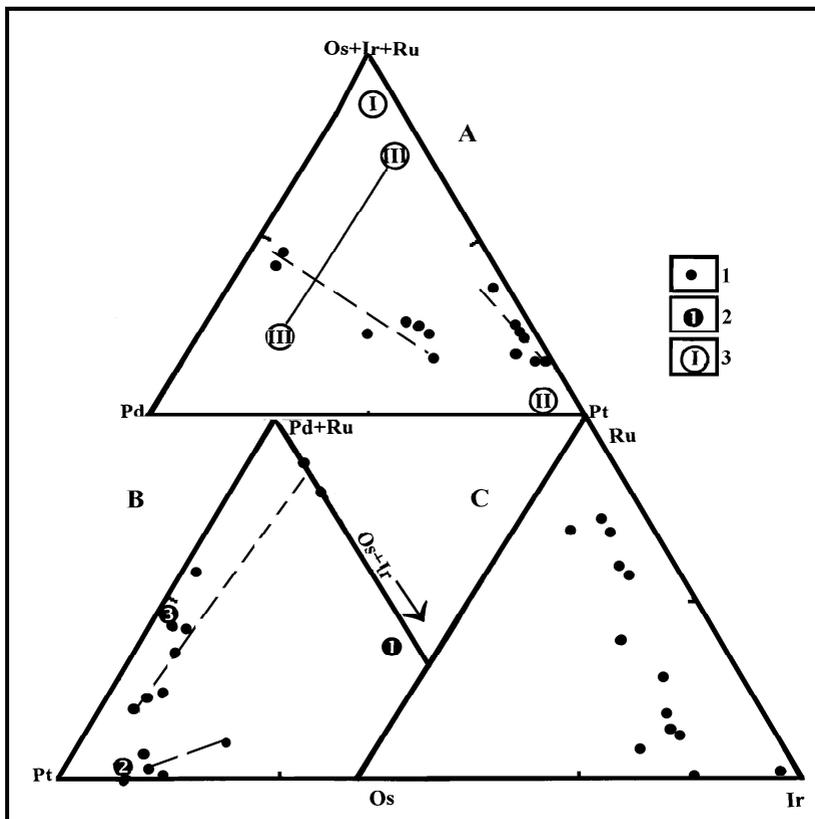
Как видно из этой диаграммы, содержания всех элементов превышают мантийные, то есть в процессе рудогенеза происходит обогащение руд всей группой платиноидов при том, что палладий концентрируется в различных типах вкрапленных руд, Ru и Ir характеризуются равномерным распределением, а количество осмия резко возрастает в густовкрапленных разновидностях, в то время как массивные руды обеднены им. Содержания платины отличаются стабильно повышенными значениями во всех разновидностях руд, некоторое снижение ее количества в «цепочечных» разновидностях, вероятнее всего, обусловлено малым количеством собственно рудных минералов.

Ю.А.Волченко (1986) используя диаграмму Os+Ir+Ru - Pt+Rh - Pd при изучении хромитовых руд Урала, выделил поля с характерными содержаниями платиноидов для альпинотипной, дунит-пироксенит-габбровой (зональной) формаций и стратиформных (расслоенных) комплексов (рис. 1.4, А). Анализ данной диаграммы, с нанесенными точками содержаний МПГ в хромитовых рудах месторождения Шигаево, показывает, что содержание элементов, составляющих тугоплавкую триаду (Os+Ir+Ru), суммарно составляет менее 50% от их общего количества, явно не достигая величин, характерных для альпинотипной формации, а в отношении распределения платины и палла-

для намечаются две тенденции с относительно постепенными переходами между собой. Первая заключается в обогащении руд платиной при практически полном отсутствии палладия, а для второй характерна обратная картина – повышенные содержания палладия при небольших количествах платины.

В результате ранее проведенных исследований (Волченко, 1986, Додин и др., 1994) было установлено, что для хромитовых месторождений, специализированных на платину, характерно преобладание самородных форм и интерметаллических соединений тяжелой триады (Os, Ir, Ru), а для медно-никелевых месторождений присуще накопление легкой триады (Pd, Ru, Rh). С этих позиций в распределении МПГ в хромитовых рудах месторождения Шигаево выделяются две тенденции, одна из которых характеризуется Os+Ir–Pt – специализацией, а вторая Pd+Ru–платиновой, причем обеим тенденциям присуще резкое преобладание платины на фоне относительно четкого разделения остальных платиноидов на «легкие» и «тяжелые».

Как уже отмечалось выше, осмий-иридий-рутениевая специализация руд характеризует высокотемпературный (начальный?) этап формирования хромитовых месторождений. По мнению А.А.Маракушева (1994), позиция рутения в периодической системе определяет его повышенную кислотность и обуславливает его концентрацию (совместно с иридием) в породах и хромитовых рудах альпинотипной (дунит-гарцбургитовой) формации, а противоположный ему по свойствам палладий концентрируется совместно с платиной (и другими МПГ) в базитах дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов. На основании этого он разделяет все гипербазитовые комплексы по составу их платинометальной специализации на 2 типа: рутений-иридиевый и палладий-платиновый.



**Рис. 1.4. Диаграммы распределения элементов группы платины в рудах месторождения Шигаево.**

1-точки содержаний ЭПГ; 2-содержания ЭПГ в: альпинотипных-(1); зональных-(2); расслоенных-(3) комплексах по А.А.Маракушеву (1994); 3-содержания ЭПГ в уральских месторождениях хромитовых руд по Ю.А.Волченко (1986): I-в альпинотипных массивах; II-в дунит-клинопироксенит-габбровых комплексах; III- в расслоенных комплексах.

На диаграмме (рис. 1.4, B), построенной по материалам А.А.Маракушева, точки содержаний ЭПГ в рудах месторождения Шигаево также образуют два четко выраженных тренда, которые характеризуют различные специализации руд по отношению к платине и палладию в первую очередь. Так же, как и на предыдущей диаграмме, ни один из трендов нельзя отнести к альпинотипному.

В данном конкретном случае можно предположить, что двойственность поведения Pt, вероятнее всего, обусловлена либо ее перераспределением при метаморфо-метасоматических процессах, либо привнесом Pt метасоматирующим флюидом совместно с «легкой» триадой. В целом анализ этих диаграмм показывает, что руды месторождения Шигаево по платинометальной специализации довольно значительно отличаются от таковой, характерной для хромитов альпинотипной формации.

Определенный интерес представляют количественные соотношения элементов тугоплавкой триады в рудах данного месторождения. Из диаграммы Os-Ir-Ru (рис. 1.4, С) видно, что распределение этих элементов характеризуется относительно четко проявленной Ru-Ir специализацией при практически постоянном (не более 30% от общего количества МПГ) содержании Os, характерной для хромитовых объектов альпинотипной формации. Обращает на себя внимание тот факт, что наибольшим колебаниям подвержены содержания рутения и иридия, в то время как количество осмия во всех разновидностях руд остается практически постоянным. Это может свидетельствовать о том, что в процессе рудообразования поведение Os, в отличие от Ru и Ir, было более «инертным».

Изучение распределения благородных металлов в рудных объектах массива Южный Крака проводилось нами на Башартовской (месторождения Б.Башарт, им.Менжинского), Апшакской (месторождения Апшак I, II, III), Ашкарской (месторождения Ашкарка I, II, III) и Ситновской (Ситновское II, III) группах месторождений.

Как видно из таблицы 1.2, для хромитовых руд этих объектов характерны следующие пределы колебаний содержаний ЭПГ (в г/т): Башартовская группа: Pt–0,05-0,1; Pd–<0,02; Os–0,007-0,037; Ir–0,002-0,003; Ru–0,006-0,057; Au–0,15-0,28; Ag–0,05-0,25; Апшакская группа: Pt–0,1-0,37; Pd–0,1-0,13; Os–0,006-0,059; Ir–0,003-0,105; Ru–0,004-0,104; Ашкарская группа: Pt–0,11-0,45; Pd–0,13-0,19; Os–0,006-0,028; Ir–0,002-0,065; Ru–0,005-0,089; Ситновская группа: Pt–0,13-0,98; Pd–0,05-0,25; Os–0,007-0,039; Ir–0,006-0,043; Ru–0,022-0,053. Содержания родия во всех рудах составляют <0,01-0,02 г/т, то есть ниже точности метода определения.

Таблица 1.2

Содержания МПГ в рудах массива Южный Крака (г/т)

№ п/п	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru
-------	----	----	----	----	----	----

1	0,20	<0,05	<0,02	0,025	<0,004	<0,004
2	0,35	0,11	<0,02	0,003	0,007	0,026
3	0,13	0,13	<0,02	0,067	0,007	0,029
4	0,10	0,10	<0,02	0,054	0,059	0,058
5	0,37	<0,05	<0,02	0,105	0,041	0,104
6	0,15	0,11	<0,02	0,019	0,014	0,062
7	0,20	<0,05	<0,02	0,042	0,058	<0,004
8	0,21	<0,05	<0,02	0,002	0,022	<0,004
9	0,45	<0,05	<0,02	0,060	0,021	<0,004
10	0,12	0,16	<0,02	0,008	0,019	0,038
11	0,14	<0,05	<0,02	0,002	0,026	<0,004
12	<0,10	0,13	<0,02	0,006	0,026	0,089
13	0,24	<0,05	<0,02	0,026	0,022	<0,004
14	0,17	<0,05	<0,02	0,031	0,006	<0,004
15	0,11	0,19	<0,02	0,010	0,007	0,005
16	0,24	0,14	<0,02	0,014	0,017	0,072
17	0,22	<0,05	<0,02	0,065	0,028	0,025
18	<0,10	0,15	<0,02	<0,002	0,039	<0,004
19	<0,10	0,25	<0,02	<0,002	0,031	<0,004
20	0,13	<0,05	<0,02	0,043	0,020	<0,004
21	0,17	0,12	<0,02	0,012	0,007	0,052
22	0,17	0,18	<0,02	0,011	0,007	0,053
23	0,98	0,10	<0,02	0,016	0,013	0,026
24	0,14	0,05	<0,02	0,007	0,013	0,022
25	0,16	<0,05	<0,02	0,006	<0,004	<0,004
26	0,22	<0,05	<0,02	0,017	0,020	<0,004
27	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,014	0,050
28	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,010	0,039
29	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,020	0,019
30	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,009	0,020
31	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,018	0,037
32	0,06	0,08	<0,01	<0,002	0,008	0,045
33	0,08	<0,02	<0,01	<0,002	0,008	0,017
34	<0,05	<0,02	<0,01	0,002	0,029	0,008
35	0,07	<0,02	<0,01	<0,002	0,027	0,044

Продолжение табл. 1.2

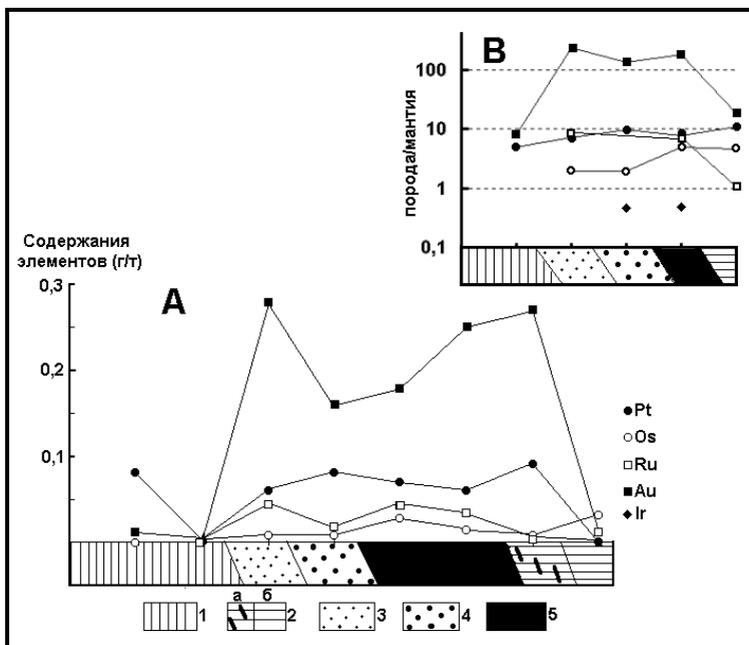
36	0,06	<0,02	<0,01	0,003	0,014	0,035
----	------	-------	-------	-------	-------	-------

37	0,08	<0,02	<0,01	<0,002	0,019	0,016
38	0,05	<0,02	<0,01	<0,002	0,011	<0,004
39	0,06	<0,02	<0,01	0,002	0,037	0,008
40	0,07	<0,02	<0,01	<0,002	0,010	0,011
41	0,09	<0,02	<0,01	<0,002	0,030	0,057
42	0,08	<0,02	<0,01	<0,002	0,014	0,009
43	0,10	<0,02	<0,01	<0,002	0,021	0,019
44	0,06	0,03	<0,01	0,010	<0,004	0,020
45	<0,05	<0,02	<0,01	0,13	<0,004	<0,004

*Примечание:* №№ 1,2-м-ние Апшак-1 (густовкрапленные руды); 3-6-м-ние Апшак-2 (густовкрапленные руды); 7-рудопроявление Кумысное (вкрапленные руды); 8,13-м-ние Ашкарка-2 (густовкрапленные руды); 14,15-м-ние Ашкарка-1 (массивные руды); 16,17,27,28-м-ние Ашкарка-3 (вкрапленные и густовкрапленные руды); 18,19-рудопроявление Ситновское-1 (убоговкрапленные руды); 20-22-рудопроявление Ситновское-2 (густовкрапленные руды); 23-26-рудопроявление Ситновское-3 (густовкрапленные и массивные руды); 29-м-ние Сапторат-IV (густовкрапленные руды); 30-рудопроявление Безымянное (густовкрапленные руды); 31-м-ние М.Апшак II (вкрапленные руды); 32-36-м-ние Б.Башарт (32-бедновкрапленная руда, 33-«нодулярная» руда, 34-густовкрапленная руда, 35,36-рудные брекчии); 37-42-м-ние им.Менжинского (37-41-вкрапленные руды, 42-густовкрапленная, крупнозернистая руда; 43-м-ние М.Башарт (вкрапленные руды); 44-45-м-ние Муромцево-I (44-густовкрапленная, крупнозернистая руда, 45-убоговкрапленная, полосчатая руда. Анализы выполнены атомно-абсорбционным и кинематическим методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Г.Ковалеву, В.И.Сначеву, 1997, 1998).

Распределение благородных металлов в рудовмещающих породах и рудах месторождения Б.Башарт, которое расположено в дунит-гарцбургитовом комплексе и детально описано нами ранее (Ковалев, Салихов, 2000), изображено на рис. 1.5.

Из анализа этих диаграмм следует, что повышенные содержания золота и платиноидов приурочены к рудным горизонтам, в то же время их средние значения, нормализованные относительно мантийных содержаний (рис. 1.5, В), показывают, что «накопление» элементов платиновой группы и золота характерно как для гарцбургитовых «прослоев», так и для рудовмещающих дунитовых горизонтов, причем наиболее дифференцированно ведет себя золото, накапливаясь в рудах, в то время как платина, осмий и рутений распределены относительно равномерно, а количество иридия, установленного только в рудных горизонтах, характеризуется величиной меньше единицы.

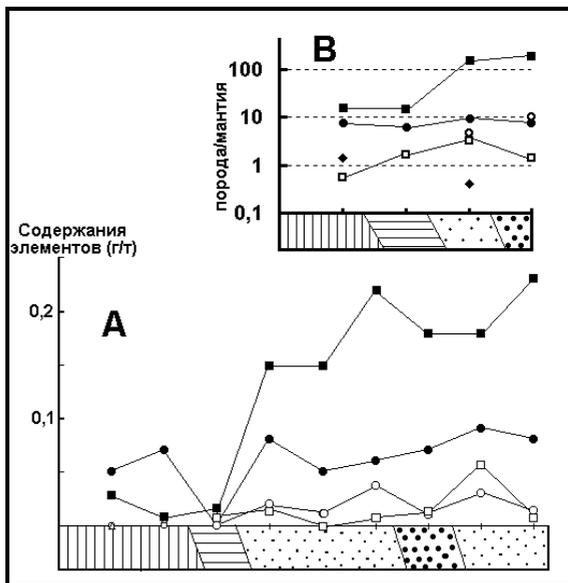


**Рис. 1.5. Распределение благородных металлов по разрезу месторождения Б.Башарт (А) и их нормализованные средние содержания (В).** 1-гарцбургиты; 2-рудовмещающие дуниты (а-с прожилками хромитов, б-с аксессуарным хромшпинелидом); 3-вкрапленные хромитовые руды; 4-крупнозернистые густовкрапленные руды; 5-сплошные хромитовые руды, рудные брекчии.

Близкий характер распределения элементов платиновой группы и золота установлен и в рудных объектах, приуроченных к телам «вторичных» дунитов, типичным примером которых является месторождение им. Менжинского (рис. 1.6). На этой диаграмме отчетливо видно, что рудовмещающие «вторичные» дуниты в значительной степени обеднены платиной и золотом, даже по сравнению со вмещающими гарцбургитами, что является свидетельством перераспределения этих элементов в процессе формирования тел «вторичных» дунитов и приуроченного к ним хромитового оруденения. Кроме этого, обращает на себя внимание специфичное поведение иридия (рис. 1.6, В), относительное количество которого в рудах снижается, по сравнению с его содержанием в гарцбургитах.

**Рис. 1.6.** Распределение благородных металлов по разрезу месторождения им. Менжинского (А) и их нормализованные средние содержания (В).

Условные обозначения см. на рис. 1.5.



Определенный интерес представляет распределение МПГ и золота в породах и рудах массива Узьянский Крак (табл. 1.3). Изучению подверглись руды месторождения Черная Речка-II и, так называемые «оруденелые» дуниты, которые представляют собой образования, близкие к «вторичным» дунитам. Их отличительными особенностями являются:

1) приуроченность к приразломным зонам субмеридионального простирания в виде линейно вытянутых, дайкообразных тел;

2) наличие скелетных выделений хромшпинелида в количестве до 10% в ассоциации со слюдистым минералом сложного состава, аваруитом и Cu-Ni сульфидами.

Результаты изучения благороднометалльной специализации пород и хромитовых руд массива Узьянский Крак позволяют сделать следующие выводы:

– «оруденелым» дунитам и хромитовым рудам месторождения Черная Речка-II присуща Pd-Os+Ir+Ru специализация, аналогичная рудам Саксейской группы месторождений массива Средний Крак (см. описание ниже), которая близка по своей направленности к рудам дунит-гарцбургитовой формации (по классификации А.А.Маракушева, 1994);

– описываемые породы и руды содержат аномальные количества золота, что в целом характерно для большинства руд кра-

кинских месторождений, в то же время отличаясь от них практически полным отсутствием значимых содержаний платины.

Таблица 1.3  
Содержания благородных металлов в породах и рудах массива  
Узянский Крака (г/т)

№	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru	Au
1	<0,10	<0,05	<0,02	0,005	0,005	0,014	0,27
2	<0,10	<0,05	<0,02	0,006	0,004	0,004	0,09
3	<0,10	<0,05	<0,02	0,004	0,005	0,018	0,57
4	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,019	0,006	0,51
5	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,013	0,044	0,42
6	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,010	0,028	0,96

*Примечание:* №№1-3-измененные «оруденелые» дуниты; 4-6-м-ние Черная речка-II (4,5-густовкрапленные руды, 6-вкрапленная руда). Анализы выполнены атомно-абсорбционным и кинематическим методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Г.Ковалеву, В.И.Сначеву, 1998).

Содержания и распределение МПГ в отдельных рудных (чаще всего сульфидных) минералах, обнаруженных в ультраосновных массивах Урала, относительно хорошо изучены (Волченко, 1986, Иванов, 1986, Волченко и др., 1989, 1993, Макеев, 1992, Смирнов, 1995 и др.). Проведенное нами изучение составов отдельных минералов из некоторых хромитовых месторождений и рудовмещающих пород массивов Крака показало, что в их составе довольно часто присутствуют металлы платиновой группы.

В составах *хромшпинелидов* установлены (в % элемента): Co (0,29), Ni (0,18-0,3), Cu (0,21), Zn (0,28-0,52), S (0,1-0,18), Pt (0,43-1,24), Pd (0,29), Rh (0,32-0,36), Ir (0,7-1,33), Au (0,56-0,94). Анализ данных, приведенных в табл. 1.4, позволяет говорить о том, что благороднометалльные элементы, содержащиеся в аксессуарных хромшпинелидах пород полосчатого комплекса и рудных хромитах из этой зоны, очень часто фиксируются в ассоциации с Ni, Cu, Zn и S. Вероятнее всего, это связано с тем, что металлы платиновой группы и золото не являются изоморфной примесью, а образуют собственные эмульсионные формы (самородные, интерметаллические, сульфидные), размеры которых находятся на пределе разрешающей способности метода исследования. Аналогичная картина рас-

пределаения платиноидов и золота характерна и для хромшпинелидов месторождений Левый Саксей, Б.Башарт и им. Менжинского.

Таблица 1.4  
 Формулы хромшпинелидов из кракинских объектов  
 и содержания в них примесных компонентов

№	Формула	Содержания примесей (в % элемента)
1	$(\text{Fe}_{4,04} \text{Mg}_{3,96})_8 (\text{Al}_{3,48} \text{Ti}_{0,04} \text{Cr}_{11,42} \text{Fe}_{1,07})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-0,74
2	$(\text{Fe}_{3,53} \text{Mg}_{4,47})_8 (\text{Al}_{5,2} \text{Ti}_{0,05} \text{Cr}_{9,64} \text{Fe}_{1,11})_{16} \text{O}_{32}$	Ir-0,74
3	$(\text{Mn}_{0,09} \text{Fe}_{4,83} \text{Mg}_{3,08})_8 (\text{Al}_{4,14} \text{Ti}_{0,05} \text{Cr}_{8,76} \text{Fe}_{3,05})_{16} \text{O}_{32}$	Ir-0,9;Rh-0,36
4	$(\text{Fe}_{3,56} \text{Mg}_{4,35})_8 (\text{Al}_{3,42} \text{Ti}_{0,05} \text{Cr}_{11,8} \text{Fe}_{0,73})_{16} \text{O}_{32}$	Au-0,68
5	$(\text{Fe}_{3,66} \text{Mg}_{4,34})_8 (\text{Al}_{3,53} \text{Ti}_{0,06} \text{Cr}_{11,66} \text{Fe}_{0,66})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-1,24
6	$(\text{Fe}_{2,13} \text{Mg}_{5,87})_8 (\text{Al}_{8,13} \text{Cr}_{7,14} \text{Fe}_{0,73})_{16} \text{O}_{32}$	Rh-0,32
7	$(\text{Fe}_{2,74} \text{Mg}_{5,0})_{7,74} (\text{Al}_{11,92} \text{Ti}_{0,03} \text{Cr}_{4,31})_{16,26} \text{O}_{32}$	Pt-0,58;Au-0,94
8	$(\text{Mn}_{0,33} \text{Fe}_{0,89} \text{Mg}_{6,78})_8 (\text{Al}_{3,44} \text{Ti}_{0,02} \text{Cr}_{3,86} \text{Fe}_{8,68})_{16} \text{O}_{32}$	Au-0,56
9	$(\text{Mn}_{0,36} \text{Fe}_{2,31} \text{Mg}_{5,33})_8 (\text{Al}_{3,15} \text{Ti}_{0,1} \text{Cr}_{3,34} \text{Fe}_{9,41})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-0,43;Ir-0,7
10	$(\text{Mn}_{0,08} \text{Fe}_{3,03} \text{Mg}_{4,89})_8 (\text{Al}_{3,42} \text{Ti}_{0,06} \text{Cr}_{12,28} \text{Fe}_{0,22})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-1,01;Ir-1,33
11	$(\text{Fe}_{2,58} \text{Mg}_{5,42})_8 (\text{Al}_{3,43} \text{Cr}_{12,06} \text{Fe}_{0,51})_{16} \text{O}_{32}$	Pd-0,29
12	$(\text{Fe}_{4,31} \text{Mg}_{3,69})_8 (\text{Al}_{3,6} \text{Cr}_{11,2} \text{Fe}_{1,2})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-0,74
13	$(\text{Mn}_{0,12} \text{Fe}_{3,68} \text{Mg}_{4,2})_8 (\text{Al}_{3,29} \text{Ti}_{0,04} \text{Cr}_{11,87} \text{Fe}_{0,8})_{16} \text{O}_{32}$	Pt-0,73

*Примечание:* №№1-6- хромшпинелиды из пород и руд полосчатого комплекса массива Средний Крака (1-полосчатый комплекс, 2-4-месторождение Хамитовское (2,4-рудные прожилки, 3-вмещающие породы), 5-вмещающие породы месторождения Левый Саксей, 6-густовкрапленная хромитовая руда, рудопоявление Сарангаевское); 7-12-хромшпинелиды из пород и руд месторождения Б.Башарт, Южный Крака (7-9-вмещающие гарцбургиты, 10-вкрапленные руды, 11-нодулярные руды, 12-рудовмещающие дуниты с рудными шширами); 13-хромшпинелид из рудовмещающих дунитов месторождения им. Менжинского, Южный Крака.

Таблица 1.5  
 Химические составы сульфидов и Fe-Ni минералов из пород  
 и руд кракинских месторождений (в % элем.)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	20,95	21,05	20,27	21,03	24,69	25,01	41,68	12,78
Ni	40,64	39,84	55,42	54,27	74,73	73,03	51,09	48,60
S	29,74	30,30	10,68	11,30	сл.	0,2	5,16	26,07
Cu	0,72	0,64	10,75	9,67	0,32	0,11	-	0,74
Cr	сл.	-	0,38	0,28	0,24	0,21	-	-
Zn	сл.	0,3	сл.	сл.	-	сл.	-	-
Si	2,84	2,34	0,97	1,38	-	-	0,26	3,88
Mg	3,89	3,56	1,55	2,06	-	-	0,51	4,51
Pt	-	-	-	-	-	-	сл.	0,31 (0,29)
Pd	сл.	0,43 (0,37)	-	сл.	-	сл.	-	-
Rh	-	-	-	-	-	-	сл.	-
Ir	1,13 (0,78)	сл.	-	-	1,05 (0,84)	0,93 (0,81)		0,93 (0,71)
Ag	-	-	-	-	-	-	0,45	-
Au	-	-	-	-	-	-	сл.	0,84 (0,79)
Σ	99,91	98,46	100,02	99,99	101,03	99,49	99,15	98,66

*Примечание:* №№ 1,2-пентландиты из надрудных гарцбургитов м-ния Б.Башарт (1) и м-ния Усадебное (2) массив Южный Крака; 3,4-никелистые пентландиты (?) из «оруденелых вторичных» дунитов массива Узянский Крака; 5,6-аваруит из хромитовых руд м-ния Хамитовское, массив Средний Крака; 7-Fe-Ni-минерал и 8-никелистый пентландит из рудовмещающих пород м-ния Ак-Бура, массив Средний Крака. Здесь и далее – цифры в скобках - величина ошибки ( $< 2 \sigma$ ); сл. – в случае превышения ошибки над % элемента.

Были также изучены составы пентландита, миллерита, хизлевудита, аваруита и пирита, содержания элементов платиновой группы в которых приведены в таблицах 1.5 и 1.6. При этом обращает на себя внимание то, что в пентландитах и железо-никелевых минералах часто в значимых количествах присутствуют МПГ (платина, палладий и иридий), в то время как в пиритах (минералах явно постгенетических) из благородных металлов установлено золото и серебро.

Таблица 1.6

Химические составы пиритов из пород и руд месторождений Усадебное и Б.Башарт (в % элем.)

№	Fe	S	Au	Ag	Ir	Ni	Si	Te	Σ
1	43,33	44,74	сл.	-	-	сл.	10,42	-	98,49
2	44,62	45,07	-	-	сл.	-	8,56	0,31 (0,16)	98,56
3	48,85	49,88	-	0,26 (0,23)	-	0,2 (0,19)	0,1 (0,09)	сл.	99,29
4	49,05	51,34	сл.	-	-	0,27 (0,21)	-	сл.	100,66
5	46,07	50,66	2,21 (0,81)	-	-	-	-	-	98,94
6	46,83	51,0	2,01 (0,73)	0,32 (0,28)	-	0,12 (0,11)	-	-	100,28

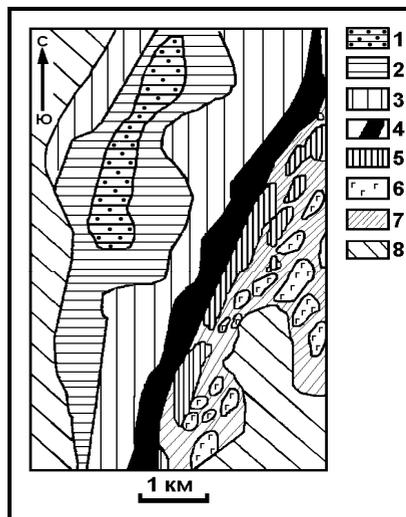
*Примечание:* №№ 1, 2-надрудные гарцбургиты м-ния Усадебное; 3, 4-руды м-ния Б.Башарт; 5, 6-надрудные гарцбургиты м-ния Б.Башарт.

## 1.2. Содержания и распределение МПГ в рудах Нуралинского массива

**Массив Нурали** расположен в зоне Главного Уральского разлома и обрамлен с запада метаморфическими толщами хребта Урал-Тау, а с востока – западным крылом Магнитогорского мега-синклинория (рис. 1.7). Стратиграфическое положение массива, состав и строение вулканических толщ его обрамления, а также общее тектоническое строение района довольно хорошо изучены и рассмотрены в многочисленных работах (А.А.Захаров, А.А. Захарова, М.А. Камалетдинов, Б.Д.Магадеев, Т.И.Фролова и И.А. Бурикова, А.С. Перфильев, С.Г.Самыгин, В.А.Коротеев и многие др.). По данным этих исследований, весь комплекс пород этой зоны, включающей в себя вулканогенно-осадочные толщи, ультрабазиты и габброиды, представляет собой сильно деформированный пакет пластин, надвинутый с востока на метаморфические породы Уралтауского антиклинория. Собственно ультрабазиты и ассоциирующиеся с ними породы являются продуктами океанической стадии развития палеоструктуры в ордовикско-силурийское время.

**Рис. 1.7. Геологическая схема строения Нуралинского массива (по Г.Н. Савельевой и Е.А. Денисовой, 1983).**

1-плагноклазовые лерцолиты, 2-шпинелевые лерцолиты, 3-гарцбургиты, 4-дуниты, 5-клинопироксениты и верлиты полосчатого комплекса, 6-габбро, габбро-амфиболиты, 7-серпентинизированные породы меланжа, 8-вмещающие породы.



В современном эрозионном срезе Нуралинский массив занимает площадь около 100 км<sup>2</sup>, разделенный по линии тектонического сброса на южное (собственно хр.Нурали) и северное (хр. Сяк-Тукун) тела. Серии пород, слагающие массив, протягиваются в северо-северо-восточном направлении, а их контакты имеют крутое залегание. Максимальная мощность сохранившегося разреза составляет около 3,5 км. В разрезе установлены следующие петрографические горизонты: лерцолиты и плагноклазовые лерцолиты, гарцбургиты, дуниты, пироксениты, габбро и их амфиболитизированные разновидности, диориты (Рудник, 1965). В южной части массива С.В. Смирновым (1995) была выделена верхняя расслоенная серия, которая представлена чередованием троктолитов, клинопироксенового габбро и клинопироксенитов.

В последнее время довольно многочисленными работами (Е.А.Шумихин, 1987 ф, Г.Г.Дмитриенко и др., 1992, Ю.А.Волченко и др., 1994, С.Е.Знаменский и др., 1994, 1995, В.П.Молошаг и С.В. Смирнов, 1996), проведенными в пределах рудных объектов Нуралинского массива, было установлено, что слагающие их руды характеризуются повышенными содержаниями металлов платиновой группы.

Таблица 1.7

Содержания платиноидов в хромитовых рудах  
Нуралинского массива (мг/т)

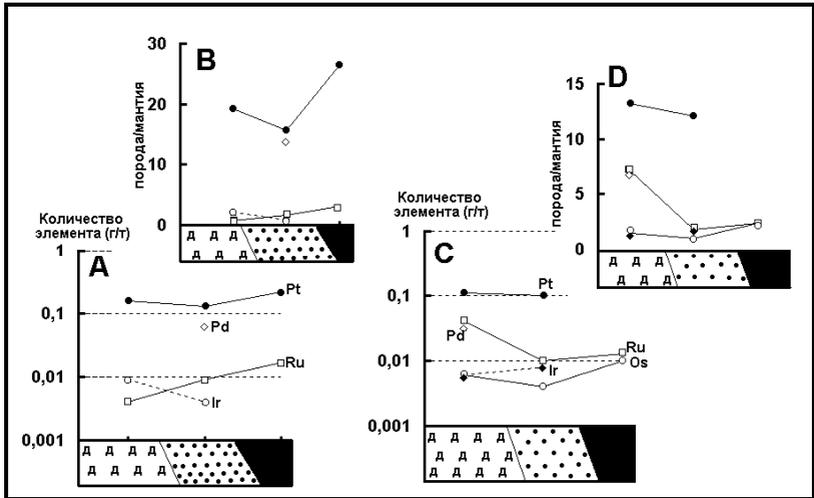
Объект	Тип руд	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru
Петровский рудник	масс.	-	-	-	-	10	13
	прожил.-вкрап.	100	<50	<20	8	<4	13
	-	-	-	-	-	<4	6
Рудопроявление №2	прожил.-вкрап.	-	-	-	-	16	14
Атгестинское	масс.	-	-	-	-	<4	76
	прожил.	-	-	-	-	<4	6
Курманкульское	вкрап.	110	-	-	5	29	<4
Западно-Шерамбайское	масс.	-	-	-	-	<4	15
	масс.	7850	2340	56	95	<4	15
	масс.	<100	<50	-	<4	<4	10
	густовкр.	1260	70	<20	11	20	<4
	прожил.	-	-	-	-	6	10
	прожил.	5380	1520	<20	65	6	10
	прожил.-вкрап.	-	-	-	-	20	<4
Безымянное	бедновкр	<100	<50	<20	<4	<4	9
Безымянное №1	масс.	-	<50	<20	-	<4	10
	вкрап.	<100	<50	<20	-	<4	9
Сарусаккульское	масс.	<100	<50	<20	-	<4	14
	масс.	160	<50	<20	25	4	41
	масс.	290	<50	<20	20	<4	14
	вкрапл.	100	<50	<20	5	33	<4
Нуралинское	прожил.-вкрапл.	120	<50	<20	<4	<4	6
	-	<100	<50	<20	75	58	16
Безымянное №2	вкрапл.	120	<50	<20	<4	<4	<4
	вкрапл.	160	<50	<20	<4	47	4
	прожил.-вкрапл.	100	<50	<20	<4	4	10
	-	100	<50	<20	<4	47	4

Продолжение табл. 1.7

Средне-Нуралинское	масс.	<100	<50	<20	<4	4	41
	масс.	220	<50	<20	<4	<4	17
Майское	прожил.	<100	<50	<20	<4	<4	1
	вкрапл.	280	170	<20	4	12	18
	вкрапл.	120	<50	<20	9	10	<4

*Примечание:* Определения выполнены атомно-абсорбционным (Pt, Pd, Rh) и кинематическим (Os, Ir, Ru) методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Е.Знаменскому и др., 1995 ф).

В таблице 1.7 приведены содержания МПГ в рудных объектах Нуралинского массива, полученные при разработке темы «Платиноносность гипербазитовых массивов башкирской части зоны Главного Уральского разлома» (Знаменский и др.), которая финансировалась Отделением наук о Земле Академии Наук Республики Башкортостан.



**Рис. 1.8.** Распределение благородных металлов по разрезам месторождений Майское (А-В) и Петровский рудник (С-Д) массива Нурали. Условные обозначения см. на рис.1.5.

На рис. 1.8 изображено распределение благородных металлов в породах и рудах месторождений Майское и Петровский рудник, первое из которых расположено в непосредственной

близости от западного контакта Нуралинского массива, а второе – в апоперидотитовых серпентинитах восточной части массива. Хромитовое оруденение Майского месторождения приурочено к небольшому тектоническому блоку дунитов, обнаженному южнее площади распространения перидотитов (гарцбургитов). Минерализация, распространенная в пределах месторождения, относится к двум типам.

Оруденение первого типа представлено небольшими скоплениями хромшпинелидов, которые приурочены к плоскостям трещин отдельности в дунитах. Характерной особенностью их состава является мономинеральность и отсутствие силикатных минералов. Протяженность таких зон обычно не превышает нескольких метров, а мощность – нескольких см.

Ко второму типу оруденения относятся северная и южная жилы, которые сложены равномерно вкрапленными хромитовыми рудами с содержанием окиси хрома 15,49-23,32%.

Рудовмещающими породами для руд месторождения Петровский рудник служат аподунитовые серпентиниты. Сами руды представлены массивными, густо- и бедновкрапленными, равномернозернистыми разновидностями. Содержание окиси хрома в густовкрапленных и массивных типах руд составляет 45,6-47,5%.

Как видно из диаграмм (рис.1.8), в целом для рудовмещающих дунитов и руд Майского месторождения характерна довольно четко проявленная платиновая специализация (для вкрапленных разновидностей палладий-платиновая). Причем, к характерным особенностям этого месторождения (так же как и для описанных выше южнокракинских объектов) следует отнести то, что и рудовмещающие породы и руды в значительной степени обогащены платиной и палладием, по сравнению с содержаниями этих элементов в мантийном субстрате. То есть и здесь мы имеем довольно четко проявленное обогащение рудовмещающих пород и собственно хромитовых руд элементами группы платины при главенствующей роли платины и палладия.

Близкая картина распределения благородных металлов характерна для пород и руд месторождения Петровский рудник. К специфическим особенностям этого объекта следует отнести повышенные содержания рутения в рудовмещающих дунитах, специализацию которых можно охарактеризовать как рутений-палладий-платиновую.

Исследованиями Г.Г.Дмитриенко и др. (1992), Ю.А.Волченко с соавторами (1994) и В.П.Молошага и С.В.Смирнова (1996) было установлено, что в хромитах Нуралинского массива МПГ представлены как собственными минеральными формами – лауридом, ферроплатиной и серией твердых растворов редких платиноидов с железом, никелем и медью, так и входят в состав сульфидов, самородных минералов железа, никеля и меди, а также в Fe-Ni (аваруит) минералы (табл. 1.8).

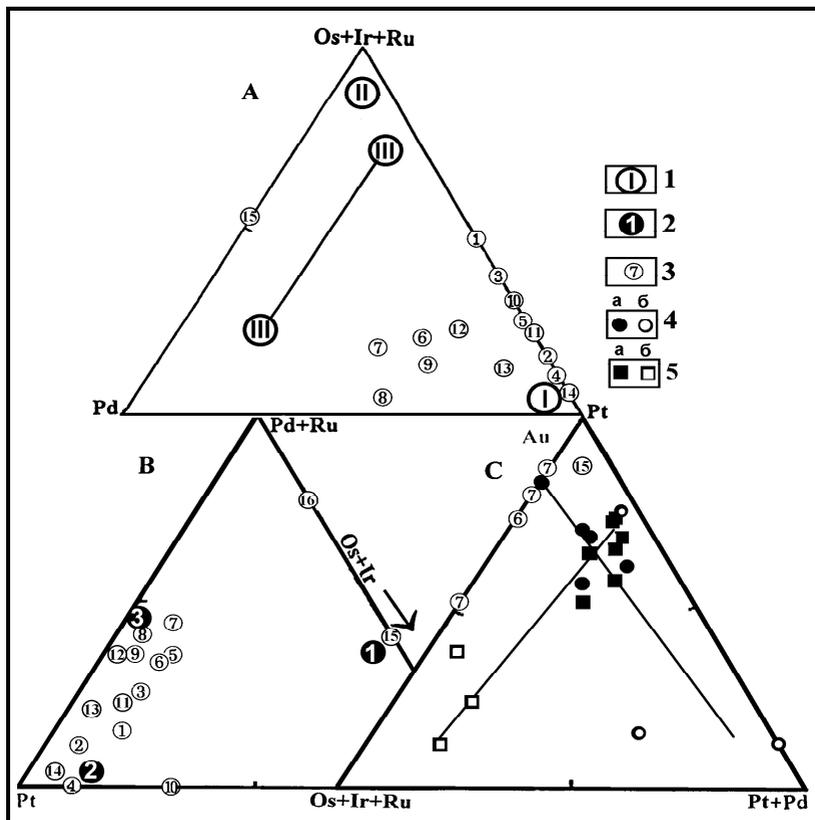
Таблица 1.8

Химические составы минералов платиновой группы из хромитов Нуралинского массива (в мас. %)

№	Ir	Os	Ru	Rh	Pt	Cu	Ni	Fe	S
1	3,25	6,12	33,11	0,43	-	47,1	7,26	2,51	0,05
	7,27	31,81	10,59	0,13	-	42,9	3,41	3,53	-
	3,54	16,88	26,58	0,43	-	1,43	37,6	13,24	0,02
2	9,6	18,16	38,8	0,15	-	0,17	1,71	16,08	0,45
	8,54	21,56	39,51	0,19	-	-	1,08	16,86	0,84
	8,77	33,92	29,87	0,21	0,1	0,04	2,49	13,14	0,11
	13,58	19,35	30,98	0,43	0,07	-	0,19	0,25	32,8
	10,23	20,06	33,44	0,12	0,14	0,04	0,04	0,15	33,9
	8,72	18,49	35,07	0,23	0,17	-	0,15	0,26	33,4
	40,55	44,34	13,21	0,17	0,28	-	0,06	0,11	-
3	13,37	18,81	43,5	1,25	-	-	1,02	9,23	0,15
	10,16	18,52	35,01	0,40	-	-	0,11	0,09	33,7
4	10,16	13,22	36,29	1,09	0,46	0,08	0,15	0,27	29,7
5	6,91	8,17	45,38	0,43	0,23	-	0,13	0,05	35,2
	9,25	24,25	40,99	-	0,10	0,04	2,58	10,83	0,20
	37,03	55,75	2,01	0,18	0,95	-	0,09	0,04	0,02
6	7,57	20,44	31,97	0,50	-	-	0,09	-	31,5
	52,86	30,02	1,31	0,21	2,27	-	0,08	0,17	0,96
	5,31	16,99	33,08	0,21	0,12	0,10	29,9	11,86	-
7	10,0	18,68	34,47	0,37	0,59	-	0,14	0,21	32,9
	33,92	50,15	13,58	0,27	0,87	-	0,10	0,15	0,09
	14,12	7,01	65,78	4,16	6,93	-	0,16	0,07	0,10
8	58,44	31,37	2,67	0,23	4,63	-	0,03	-	0,03
	7,41	13,01	43,05	0,10	-	-	0,54	0,23	35,6
9	13,67	17,4	48,93	3,36	0,29	0,08	0,42	9,86	0,26
	37,72	60,22	1,49	0,23	0,27	-	0,02	-	-

Примечание: по «Геологии ...», 1994.

Довольно часто собственные формы платиновых минералов с размерами до 120 мкм образуют изолированные включения в хромите. Платинометалльный ряд в рудах этого массива имеет вид осмий > рутений > иридий > платина > палладий > родий (Волченко и др., 1994).



**Рис. 1.9.** Распределение элементов группы платины и золота в породах и рудах массивов Крака и Нурали.

1-2—аналогично условным обозначениям на рис. 1.4; 3—месторождения: 1-2—им. Менжинского, (1)-руды, (2)-породы; 3-4—Б.Башарт, (3)-руды, (4)-породы; 5—М.Башарт, руды; 6—Апшакская группа, руды; 7-8—Ашкарская группа, (7)-руды, (8)-породы; 9—Ситновская группа, руды; 10—Кумысное, руды, 11-12—Петровский рудник: (11)-руды, (12)-породы; 13-14—Майское: (13)-руды, (14)-породы; 15—Черная Речка-II (Узянский Крака), руды; 16—«оруденелье» дуниты (Узянский Крака); 4—Б.Башарт: а-руды, б-породы; 5—им.Менжинского: а-руды, б-породы.

Общие геохимические тенденции в распределении благородных металлов в рудах и рудовмещающих породах кракинских и нуралинских объектов представлены на диаграммах (рис. 1.9), из анализа которых видно, что хромитовые руды и породы Башартовской площади (массив Южный Крака) в целом отличаются от остальных групп месторождений пониженными количествами Pt и Ir, а также практически полным отсутствием значимых содержаний палладия. Эта специфика особенно рельефно видна на диаграмме Pt–Pd–Os+Ir+Ru (рис. 1.9, А), на которой все точки, характеризующие кракинские объекты, группируются в два поля: Башартовское с Os+Ir+Ru–Pt специализацией и Апшакское, которому присуща существенно Pd–Pt направленность при близких содержаниях тугоплавкой триады.

На диаграмме Pd+Ru–Pt–Os+Ir (рис. 1.9, В) все породы и руды массива Южный Крака характеризуются значениями, близкими к образованиям дунит-клинопироксенит-габбровой формации и расслоенным интрузиям с переменными содержаниями платины, палладия, рутения и практически постоянными количествами осмия и иридия.

Нуралинские объекты на диаграмме А (рис. 1.9) занимают промежуточное положение, являясь как бы «связующим звеном» между Башартовским и Апшакским полями, что может свидетельствовать об общности механизмов поведения благородных металлов в процессах рудогенеза в обоих массивах

Особый интерес представляет анализ зависимостей между содержаниями золота и платины в рудах месторождений Башартовской группы, одно из которых (Б.Башарт) приурочено к дунит-гарцбургитовому комплексу, а другое – им. Менжинского, к телу вторичных дунитов. Как видно из диаграммы (см. рис. 1.9, С), по соотношениям между содержаниями Au и МПГ руды обоих месторождений характеризуются палладий-платино-золотой специализацией при резком преобладании золота (до 50-80% от общей суммы благородных металлов). В то же время между собой тренды содержаний МПГ и Au в рудах месторождений Б.Башарт и им. Менжинского резко различаются, несмотря на то, что общий характер их распределения, как было показано чуть выше, имеет много общего. Для руд первого объекта характерно взаимосвязанное изменение количеств Au и Pt+Pd при практически постоянных количествах тугоплавкой триады, а руды второго отличаются переменными количествами Os+Ir+Ru и Au при содержаниях Pt+Pd, близких к const. Причем

данная специфика характерна и для рудовмещающих пород, хотя они и отличаются значительным разбросом в содержаниях благородных металлов, тем не менее тенденция сохраняется, а в рудном процессе она становится ярко выраженной. Такое двойственное поведение золота с наличием корреляционных зависимостей как с тугоплавкой триадой, так и с платиной и палладием, свидетельствует о том, что его перераспределение, с одной стороны, зависит от конкретного механизма образования собственно хромитовой минерализации, с другой – позволяет говорить о «сквозном» характере его перераспределения в процессе формирования хромитового оруденения.

Проведенный выше анализ распределения элементов группы платины и золота в рудных объектах, приуроченных к собственно ультраосновным частям массивов Крака и Нурали, позволил выявить целый ряд специфических тенденций, которые заключаются в следующем:

- в процессе хромитообразования в рудах и рудовмещающих породах происходит накопление элементов платиновой группы и золота по сравнению с их содержаниями в мантийном субстрате;

- общей чертой руд всех групп изученных месторождений является их обогащенность платиной по сравнению с другими элементами группы. На тройных диаграммах эта тенденция выражается приуроченностью точек содержаний МПГ в рудах массивов к полю дунит-клинопироксенит-габбровой формации. Практически ни для одного объекта (за исключением «оруденелых» дунитов и руд месторождения Черная речка-II, а также руд Саксейского участка) не характерна Os-Ir-Ru-ая специализация, характеризующая породы и руды альпинотипной формации;

- при наличии общих тенденций в платинометальной специализации рудных объектов, тем не менее среди них можно выделить две группы: 1) характеризующуюся Os+Ir+Ru – Pt специализацией и 2), которой присуща Pd-Pt направленность, причем эти типы специализации не являются изолированными, а между ними существуют взаимопереходы;

- практически все изученные рудные объекты характеризуются повышенными содержаниями золота, причем его распределение носит четко выраженный двойственный характер, что хорошо иллюстрируется на примере хромитовых руд массива Южный Крака, где видно, что один тип имеет Pt+Pd ↔ Au специализацию при содержаниях Os+Ir+Ru, близких к const (ме-

сторождение Б.Башарт), а второй –  $Os+Ir+Ru \leftrightarrow Au$  при  $Pt+Pd - const$  (месторождение им. Менжинского). При этом, примечательным является то, что эти объекты принадлежат к различным структурно-вещественным комплексам массивов – дунит-гарцбургитовому – первые и телам «вторичных» дунитов – вторые;

– в большинстве рудных объектов максимальные концентрации благородных металлов приурочены к собственно рудным телам, в то время как рудовмещающие породы несколько обеднены этими элементами (по сравнению с рудами, но не содержаниями, присущими слабоистощенному мантийному субстрату).

### 1.3. Содержания и распределение МПГ в рудах Ургунского и Миндякского массивов

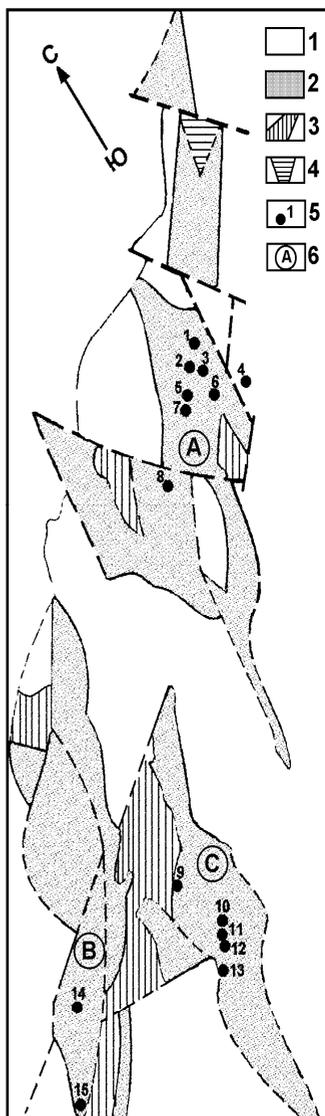
Основные особенности геологического строения восточной части Республики Башкортостан определяются распространением на ее территории серии гипербазитовых комплексов, принадлежащих к зоне Главного Уральского разлома. Ультр а основные породы слагают «полосы протрузивного серпентинитового меланжа» (Атляноско-Юшкадинскую, Мелентьевско-Вознесенскую, Орловско-Аушкульскую и Дунграйско-Новобайрамгуловскую, по Шумихину, 1987 ф), в число которых входят охарактеризованные выше Нуралинский и Миндякский массивы, а также другие, наиболее крупными из которых являются Ургунский, Новобайрамгуловский, Мулдашевский, Юшкадинский и др.

*Ургунский массив* общей площадью около 80 км<sup>2</sup> сложен, в основном, гарцбургитами и переслаивающимися между собой апогарцбургитовыми и аподунитовыми серпентинитами. Тектоническими нарушениями он разбит на отдельные блоки, среди которых наиболее крупными являются Гафартушский, Калкановский и Улутауский (рис. 1.10 ).

Вдоль разрывных нарушений, разграничивающих эти блоки внедрилась Чебтэкульская диоритовая интрузия, имеющая сложную форму (Шумихин, 1987 ф).

**Рис. 1.10. Геологическая схема строения Ургунского массива (по Е.А. Шумихину, 1987 ф, с упрощениями)**

1-нерасчлененные породы рамы, 2-ультраосновные породы нерасчлененные (апод унитовые и апогарцбургитовые серпентиниты), 3-породы основного состава (нерасчлененные), 4-клинопироксениты, 5-рудные месторождения: хромитовые (2-Черный столб, 5-Гафартушское 2, 9-Верхне-Илектинское, 13-Ургунское 1, 14-Калкановское 1, 15-Калкановское 2); золото-медно-магнетитовые (1-Баталинское, 3-Гафартушское, 6-Гафартушское 2, 7-Янабердэ, 8-Майды-Юрт, 10-Улутауское, 11-Ургунское 1, 12-Ургунское 3); 4-Красная жила (золотое)

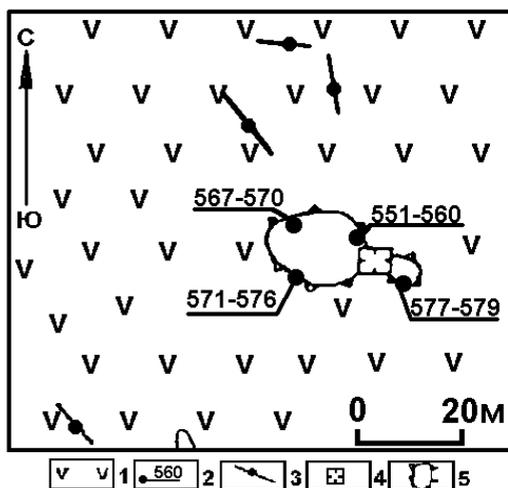


Гафартушский блок расположен на севере массива и сложен чередованием аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов (при преобладании первых разновидностей). Гипербазиты секутся дайками пород основного и среднего составов субмеридионального простирания. В аподунитовых серпентинитах этого блока выявлены рудные хромитовые тела, слагающие месторождения Гафартушское 1 и 2 и Черный столб. Калкановский блок также представлен чередованием аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов, которые на севере сменяются гарцбургитами г.Калкан. Дуниты этого блока хромитоносны. К ним приурочены наиболее крупные месторождения хромитов

Учалинского района. Улутауский блок также сложен переслаиванием аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов. Причем в первых разновидностях довольно часто встречаются цепочки и скопления баститовых псевдоморфоз по ортопироксену, вытянутые в северо-западном направлении. Кроме этого в серпентинитах этого блока довольно часто наблюдаются тела родингитов и схожих с ними по составу пироксен-гранатовых и гранат-пироксеновых пород.

Детальная геологическая характеристика хромитовых месторождений, содержания МПГ в рудах которых приводятся ниже, была опубликована нами ранее (см. Ковалев, Салихов, 2000), поэтому описания объектов и типов руд здесь не приводятся.

**Рис. 1.11.** Геологическая схема месторождения Ургунское I (по Е.А.Шумихину, 1987 ф с упрощениями) 1-серпентиниты, 2-точки отбора проб и их номера, 3-дайки диоритов, 4-шахта, 5-отвалы горных выработок.

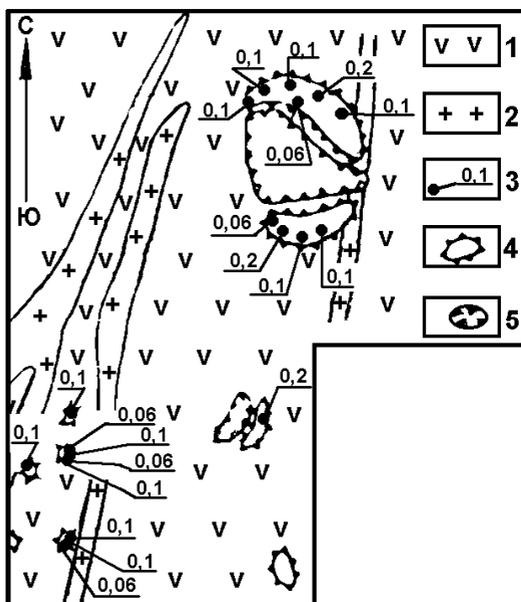


Исследованиями Е.А. Шумихина (1987 ф) повышенные содержания платины были установлены в хромитовых рудах Ургунского I (№560-0,1 г/т; №561-0,06; №563-0,1 г/т; №564-0,06 г/т; №569-0,1 г/т; №571-0,06 г/т; №573-0,06 г/т; №574-0,06 г/т; №575-0,1 г/т; №576-0,2 г/т; №582-0,06 г/т; №583-0,06 г/т) и Верхне-Илектинского месторождений (см. рис. 1.11, 1.12), которые приурочены к Улутаускому блоку.

Средние содержания платины в рудах первого месторождения составляют: густовкрапленная и вкрапленная хромитовая руда – н/о-0,1 г/т; вкрапленная и бедновкрапленная хромитовая руда – 0,006-0,1 г/т.

**Рис. 1.12. Геологическая схема Верхне-Илектинского хромитового месторождения (по Е.А. Шумихину, 1987 ф).**

1-серпентиниты, 2-диориты, 3-содержания платины в пробах хромитовых руд, 4-отвалы хромитовых руд, 5-карьеры



Работами того же автора (Шумихин, 1987 ф), в рудах месторождения Гафартушское-2, которое приурочено к аподунитовым серпентинитам одноименного тектонического блока Ургунского массива, были установлены аномальные содержания МПГ (платины -3,62; палладия -0,078; родия -0,14 г/т, см. табл. 1.9). Причем, средние содержания платины по густовкрапленным рудам составляют 2,0-3,4 г/т, а по вкрапленным разновидностям – 0,6-3,0 г/т (Шумихин, 1987 ф).

Но так как, в большинстве случаев анализировались образцы из отвалов, то надежно определить распределение МПГ в рудном теле на сегодняшний день не представляется возможным.

Следует отметить, что содержания платины по данным ЦКЛ ПГО «Башкиргеология» значительно (в среднем в 1,55 раза) были занижены по сравнению с контрольными анализами, выполненными в Полевской ЦКЛ ПГО «Уралгеология».

В рудах Калкановской группы месторождений, которые расположены в одноименном блоке Ургунского гипербазитового массива также установлены повышенные содержания МПГ (табл. 1.10). Причем, они характерны как для коренных

рудных объектов (месторождение Калкановское II «Старые выработки»), так и для россыпных месторождений (Калкановское III).

Таблица 1.9

Содержания МПГ в хромитовых рудах и аподунитовых серпентинитах месторождения Гафартушское 2

ЦКЛ ПГО «Башкиргеология»	Полевская ЦКЛ ПГО «Уралгеология»			ЦКЛ ПГО «Башкиргеология»
Хромитовые руды				Серпентиниты
Pt	Pt	Pd	Rh	Pt
0,6	2,44	0,055	0,079	0,004
2,0	-	-	-	0,24
2,5	-	-	-	0,06
1,0	1,91	0,057	0,071	0,006
2,8	3,62	0,069	0,13	0,06
3,0	-	-	-	0,35
3,4	-	-	-	0,035
2,5	3,11	0,078	0,10	0,01
2,8	3,00	0,064	0,13	0,013
2,7	2,95	0,071	0,14	0,02
1,8	2,96	0,067	0,062	0,033
0,6	-	-	-	0,2
2,2	-	-	-	0,01
1,0	3,46	0,057	0,08	0,006
>0,6	2,74	0,066	0,11	0,011
1,0	2,61	0,049	0,089	0,015
>0,6	2,57	0,053	0,073	0,006
1,7	2,42	0,059	0,10	0,006
0,2	-	-	-	0,013
>0,6	3,04	0,069	0,053	0,01
0,6	2,00	0,07	0,066	0,008
2,1	2,88	0,071	0,084	0,004
2,8	3,07	0,078	0,053	0,001
1,9	3,00	0,061	0,09	0,006

*Примечание:* по Е.А.Шумихину, 1987 ф.

Таблица 1.10

Содержания МПГ и Au в рудах Калкановской  
группы месторождений (в г/т)

	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au
1	0,03-0,3	0-1,0	0-<0,5	0-<2,0	0-<2,0	0,29-0,45
2	0,03-0,12	0,04-0,54	0,0	0,0	0,0	0,22
3	0,02-0,1	-	-	-	-	-
4	0,05-0,29	-	-	-	-	0-0,32
5	0,34	-	-	-	-	0,48

*Примечание:* №№1-2-месторождение Калкановское II (1-массивная руда, 2,3-вкрапленные руды), №№4-5-россыпное месторождение Калкановское III (4-хромит, 5-хромит + магнетит). №3-по Е.А.Шумихину, 1987 ф. Анализы выполнены атомно-абсорбционным и спектрохимическим методами в лабораториях ИГ УНЦ РАН (г.Уфа) и ИГЕМ (г.Москва).

Среди минералов тяжелой фракции из этих пород были выделены: самородное золото с примесями металлов платиновой группы, рутенистый иридосмин, тиллит (PbSnS<sub>2</sub>) и галенит, составы которых приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11

Составы минералов из тяжелой фракции руд  
Калкановской группы месторождений (в масс. %)

	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os	Au
1	0,0	0,26	0,0	2,482	31,492	55,355	0,257
		-	0,121	2,204	40,880	65,1017	
2	0,0	6,513	7,104	4,511	0,201	0,636	77,341
	0,0	6,808	7,636	5,378	1,045	0,739	73,977
	0,0	7,478	8,482	5,445	1,216	0,759	72,843
	0,0	4,255	5,326	0,0	1,492	1,377	82,896
3	-	2,75	2,74	-	-	-	84,68
4	1,958	0,0	0,0	0,0	1,639	0,725	0,439
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	1,446	0,0	0,0	0,0	1,170	0,160	0,667
	2,325	0,0	0,0	0,0	0,384	0,0	0,836

*Примечание:* №1-рутенистый иридосмин, №2-самородное Ir-Os-Ru-Pd-e золото, №3-самородное Pd-Ru-e золото, №4-тиллит, №5-галенит.

Руды других месторождений, опробованные на платиноиды и золото, в общем также характеризуются повышенными содержаниями платины, палладия и золота (табл. 1.12), при том, что МПГ, составляющие тугоплавкую триаду (Os, Ir, Ru), обна-

руживаются только в единичных пробах. Сказанное позволяет оценивать подобные объекты как комплексные платинометалльные (Pt-Pd-Au, Pd-Pt-Au и др.), перспективные для рентабельной эксплуатации на триаду компонентов – хромит, металлы платиновой группы и золото.

Таблица 1.12

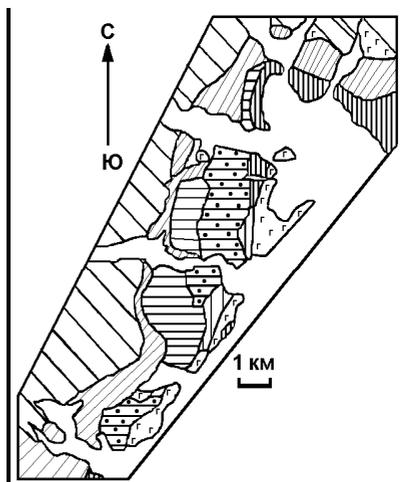
Содержания МПГ и Au в рудах хромитовых месторождений восточной части Республики Башкортостан (в г/т)

№	Тип руды	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au
1	массивн.	н/о	-	-	-	-	0,41
2	рябчик.	н/о-0,16	0,20	-	-	-	н/о-0,79
3	вкраплен.	0,20	-	-	-	-	0,33
4	Са-прожил.	0,04	-	-	-	-	0,32
5	густовкр.	1,55	0,05	0,0	0,0	0,0	0,51
6	полосч.	0-0,02	0,0	-	-	-	0,03-0,57
7	бедновкр.	1,0-1,15	0,07	0,0	0,0	0,0	0,38-0,51
8	густовкр.	0,02-0,3	-	-	-	-	-
9	прожилк.	0,80	-	-	-	-	0,49
10	массивн.	0,1-0,18	-	-	-	-	0,15-1,12
11	густовкр.	0,1-3,2	0-0,013	0,04	0,06	0,0	0,51-0,75

*Примечание:* №№1-4-месторождение Кутарды, №№5-7-месторождение Красовское, №8-месторождение Черный Столб, №9-рудопоявление Чингизовское, №10-рудопоявление Мурзакаевское, №11-рудопоявление Караяновское. Анализы выполнены химическим, спектроскопическим и атомно-абсорбционным методами в лабораториях ИГ УНЦ РАН (г.Уфа) и ИГЕМ (г.Москва).. Са-прожил.-карбонатный прожилок с хромитом. №8 по Е.А.Шумихину, 1987, ф.

**Миндякский массив** расположен в зоне Главного Уральского разлома южнее Нуралинского массива, протягиваясь в субмеридиональном направлении на расстояние около 20 км при ширине до 5 км. Его общая площадь составляет около 100 км<sup>2</sup>. Изучением массива в различное время и с различной степенью детальности занимались М.Ш.Биков (1959 ф), Ш.Н.Кац (1980 ф), Е.А.Денисова (1984, 1989) и многие другие, в основном в связи с золоторудными объектами, приуроченными к этой площади. В результате проведенных ранее работ было установлено, что массив представляет собой аллохтонную пластину, надвинутую на метаморфические сланцы хребта Урал-Тау.

**Рис. 1.13.** Геологическая схема строения Миндякского массива (по Е.А. Денисовой, 1984). Условные обозначения см. на рис. 1.7.



Вдоль западной границы Миндякского массива развита зона серпентинитового меланжа, которая имеет юго-восточное падение, а восточная часть осложнена серией интрузивных тел в различной степени амфиболитизированных габброидов и диоритов раннекаменноугольного возраста (Кац, 1980 ф). В целом современная структура массива характеризуется наличием четырех зон, представленных (с запада на восток): лерцолитовой, гарцбургитовой, полосчатой (дунит-клинопироксенитовой) и габброидной (рис. 1.13).

Ранее проведенными работами (Знаменский и др., 1995 г) в зоне распространения полосчатой серии Миндякского массива было выявлено хромитовое оруденение, представленное зоной переменной мощности, сложенной прожилково-вкрапленными разновидностями хромитовых руд, содержания элементов платиновой группы в которых приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13

Содержания МПГ в хромитовых рудах массива Миндяк (в г/т)

№ п/п	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru
1	0,12	<0,05	<0,02	0,026	0,006	0,007
2	0,13	<0,05	<0,02	0,011	0,011	0,013
3	0,13	<0,05	<0,02	0,010	0,006	0,012
4	0,14	<0,05	<0,02	0,006	<0,004	0,004
5	0,12	<0,05	<0,02	<0,002	<0,004	0,007

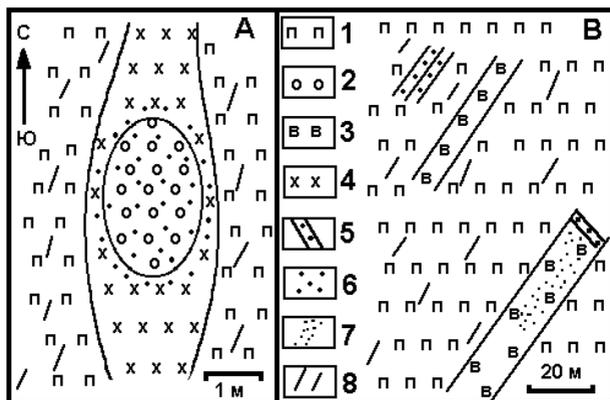
*Примечание:* Определения выполнены атомно-абсорбционным (Pt, Pd, Rh) и кинематическим (Os, Ir, Ru) методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Е. Знаменскому и др., 1995 г).

#### 1.4. Содержания и распределение МПГ в рудах месторождений полосчатых комплексов

Как было отмечено нами ранее, рудные объекты, приуроченные к полосчатым сериям гипербазитовых массивов, характеризуются определенной спецификой, что должно отражаться в их благороднометальной специализации (Ковалев, Сначев, 1998).

Типичными представителями этих объектов, приуроченных к полосчатому комплексу массива Средний Крак, являются месторождения и рудопроявления: Бабай, Хамитовское, Северо-Хамитовское и Ак-Бура. Содержания МПГ в рудах этих объектов приведены в таблице 1.14.

В поле развития пород полосчатой серии Нуралинского массива также известны несколько хромитовых объектов, наиболее типичным из которых является Западно-Шерамбайское рудопроявление, в рудах которого были установлены аномальные содержания МПГ, имеющее палладий-платиновую направленность (табл. 1.7) (Знаменский и др., 1994). Руды на объекте представлены выдержанными по простиранию прожилками (мощностью 5-10 см) массивного хромита, залегающие в серпентинизированных породах (верлитах) полосчатой серии.



**Рис. 1.14. Геологические схемы рудопроявлений «Приозерное» (А) и «Кн-192» (В) (по С.В. Смирнову, 1995)**

1-верлиты, 2-ортопироксениты, 3-вебстериты, 4-родингиты, 5-прожилково-вкрапленные хромитовые руды, 6-густовкрапленные хромитовые руды, 7-тонковкрапленные хромитовые руды, 8-направления трещиноватости.

Таблица 1.14

Содержания МПГ в рудах массива Средний Крак ( в г/т)

№ п/п	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru
1	0,17	<0,05	<0,02	<0,002	0,006	<0,004
2	0,11	<0,05	<0,02	0,014	0,009	<0,004
3	5,19	<0,05	<0,02	0,044	0,059	0,121
4	<0,10	<0,05	<0,02	0,097	0,121	0,018
5	<0,10	<0,05	<0,02	0,200	0,039	0,037
6	<0,05	<0,05	<0,01	0,016	0,038	0,043
7	3,10	<0,05	<0,02	0,044	0,024	0,022
8	<0,10	<0,05	<0,02	0,015	0,016	0,044
9	<0,10	<0,05	<0,02	0,140	0,105	0,126
10	<0,10	<0,05	<0,02	0,006	0,016	0,059
11	<0,10	<0,05	<0,02	0,048	0,052	0,117
12	<0,10	<0,05	<0,02	0,004	0,007	0,023
13	<0,10	<0,05	<0,02	0,005	0,035	0,225
14	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,011	0,020
15	<0,10	<0,05	<0,02	0,023	0,018	0,066
16	<0,10	<0,05	<0,02	0,016	0,010	0,024
17	0,72	<0,05	<0,02	0,006	0,070	0,026
18	<0,10	<0,05	<0,02	<0,002	0,006	0,013
19	0,14	0,02	<0,01	0,20	<0,004	0,011
20	0,07	<0,02	<0,01	0,026	<0,004	0,070
21	0,12	<0,02	<0,01	0,014	0,012	<0,004
22	0,23	<0,02	<0,01	0,068	0,020	0,024
23	0,10	<0,02	<0,01	0,025	0,013	0,007
24	0,41	0,06	<0,01	0,095	0,032	0,059
25	0,08	0,03	<0,01	0,005	<0,004	<0,004
26	0,06	<0,02	<0,01	0,073	0,043	0,071

*Примечание:* №№1,2-месторождение Ключевское (вкрапленные руды); 3-5-м-ние Бабай, сплошные и вкрапленные руды; 6-9-м-ние Хамитовское (6-рудные прожилки с пироксенидами, 7-вкрапленные руды, 8,9-массивные руды); 10-12-м-ние Правый Саксей (10,12-полосчатые, вкрапленные руды, 11-массивные руды); 13-15-м-ние Левый Саксей (13-«нодулярные» руды, 14,15-полосчатые, вкрапленные руды); 16-м-ние Шатранское, вкрапленные руды; 17,18-рудопоявление Сарангаевское, густовкрапленные и массивные руды; 19,20-рудопоявление Безымянное, массивные руды; 21-23-м-ние Северо-Хамитовское (21,23-брекчированные руды, 22-густовкрапленная руда); 24-27-м-ние Ак-Бура (24-густовкрапленная руда, 25-вкрапленная руда, 26-массивная руда). Определения выполнены в атомно-абсорбционным и кинематическим методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Г.Ковалеву, В.И.Сначеву, 1998).

Работами С.В.Смирнова, Ю.А.Волченко (1992) и С.В.Смирнова и В.П.Молошага (1993) в зоне распространения пород полосчатой серии были выявлены два рудопроявления со специфической платинометальной специализацией (рис.1.14), первое из которых – Приозерное, приурочено к высокотемпературным метасоматитам и расположено в южной части зоны распространения верлит-клинопироксенит-габбровой ассоциации. Геологическая позиция его определяется приуроченностью к зоне контакта дунит-гарцбургитового комплекса с полосчатой серией (рис. 1.14), а густовкрапленные хромитовые руды сложены высокоглиноземистыми малохромистыми хромшпинелидами, в составах которых установлены (в вес.%):  $Cr_2O_3$ -34,7-39,6;  $Al_2O_3$ -22,9-34,3; FeO-14,7-16,0; MgO-16,4-17,1; MnO-0,21-0,26;  $TiO_2$ -0,03-0,06 (Смирнов, Волченко, 1992). Суммарное содержание МПГ в рудах составляет 8-10 г/т, при преобладании осмия, рутения и иридия. В составе хромитовых руд установлены хизлевудит, пирротин, пентландит и аваруит. МПГ-содержащий парагенезис представлен Ru-Os-интерметаллидами, минералами лаурит-эрлихманитового ряда, а также Ni-Fe-Ir-Ru-Os интерметаллидами (табл. 1.15).

Таблица 1.15  
Состав минералов МПГ из хромитовых руд  
рудопроявления Приозерное (в масс.%).

№	Os	Ru	Ir	Pt	Rh	Fe	Ni	S	As
1	15,7	37,8	6,1	4,9	-	1,9	1,0	34,5	-
2	28,0	30,1	6,4	3,3	0,3	0,9	0,6	32,5	0,5
3	30,2	30,0	7,1	3,5	0,6	2,0	0,9	26,6	0,6
4	30,4	32,6	4,3	3,6	0,3	2,0	0,7	28,6	0,4
5	31,4	28,4	7,3	2,8	-	0,6	0,4	30,1	0,8
6	32,9	25,0	6,9	2,7	0,3	1,7	0,3	28,0	1,0
7	37,7	27,0	6,6	2,8	-	1,0	0,5	25,6	0,3
8	48,5	18,0	4,9	1,9	0,4	0,8	0,9	25,1	1,2
9	24,6	32,0	7,0	3,3	0,5	6,3	11,6	14,9	0,7
10	33,0	29,9	6,8	4,7	1,1	11,3	1,5	12,5	0,9
11	38,9	37,7	10,0	4,1	0,7	5,5	0,8	-	-
12	41,0	34,3	9,0	3,6	-	6,1	0,6	-	-
13	39,4	32,5	5,4	3,1	-	4,5	4,9	-	-

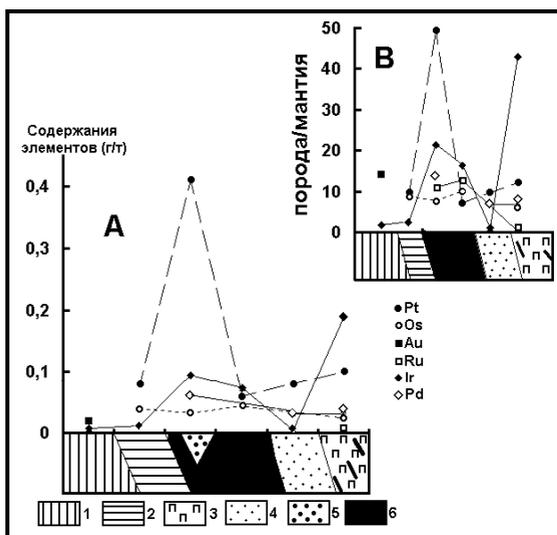
*Примечание:* №1-лаурит, №№2-4-лаурит осмиевый, №№5-8-эрлихманит рутениевый, №№9,10-метасульфиды Ru, Os, Ir, №№11-13-многокомпонентные твердые растворы системы Ru-Os-Ir-Fe-Ni. (по С.В.Смирнову, Ю.А.Волченко, 1992).

Второе рудопроявление локализовано в северной части зоны распространения пород полосчатой серии в густовкрапленных и прожилково-вкрапленных хромитовых рудах, расположенных среди аповерлитовых вебстеритов. Платинометальная минерализация имеет четко выраженный палладиево-платиновый характер. Рудные парагенезисы представлены рутений содержащей тетраферроплатиной, интерметаллидами состава Ru-Ni-Fe-Pt, платино- и палладийсодержащей самородной медью и более редкими куперитом и Pd-Pt-содержащим пентландитом (Смирнов, 1995).

Анализ материалов по содержаниям и распределению металлов платиновой группы в рудах объектов, приуроченных к полосчатым сериям, представляется довольно интересным. На рис. 1.15 и 1.16 изображено распределение МПГ по разрезам месторождений Ак-Бура и Северо-Хамитовское. Как видно из этих диаграмм, распределение платиноидов и золота во вмещающих породах и различных разновидностях руд этих месторождений и рудопроявлений отличается большим разнообразием. В частности, максимальные содержания платины приурочены к хромитовым рудам при значительном «обеднении» этим элементом вмещающих пород.

**Рис. 1.15. Распределение благородных металлов по разрезу месторождения Ак-Бура (А) и их нормализованные средние содержания (В).**

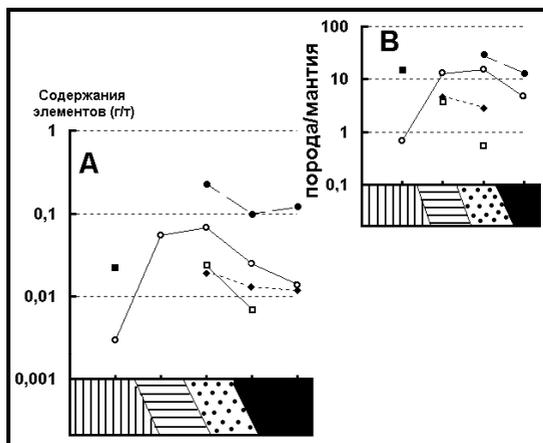
1-перидотиты, 2-рудовмещающие «краевые» дуниты, 3-пироксениты, 4-вкрапленные руды, 5-густовкрапленные руды, 6-массивные руды и рудные брекчии.



Резкие колебания в содержаниях платины обусловлены ее крайне неравномерным распределением в рудах. Если на месторождении Ак-Бура максимальные количества Pt приурочены к массивным разновидностям, то на месторождении Северо-Хамитовское максимум в содержаниях платины фиксируется во вкрапленных рудах. Стабильно повышенные значения осмия, иридия и рутения также характерны в целом для хромитовых руд, хотя эта тенденция проявлена менее контрастно, чем распределение платины. Кроме того, некоторая обогащенность элементами тугоплавкой триады (Os, Ir и Ru) фиксируется и в рудовмещающих породах.

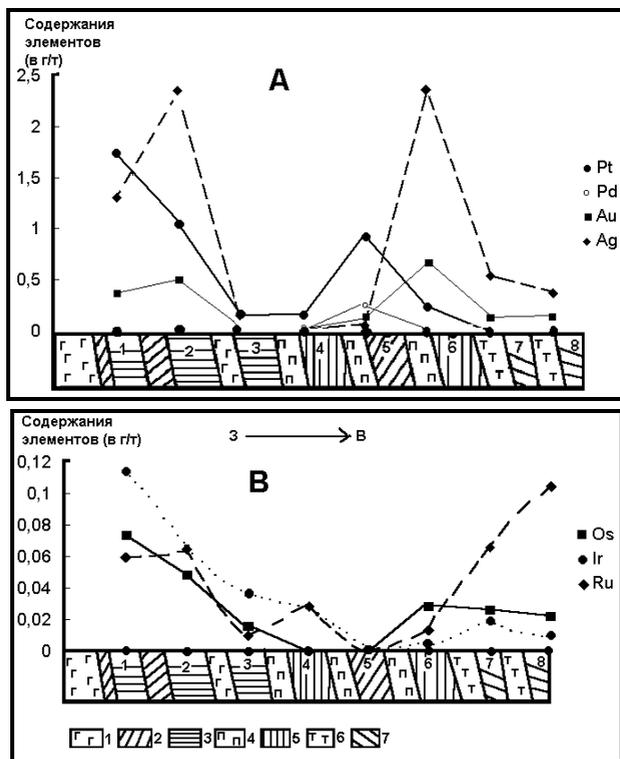
Анализ диаграмм, построенных для нормализованных отношений МПГ в породах и рудах этих объектов, показывает, что в процессе рудогенеза в хромитовых рудах накапливаются практически все элементы платиновой группы, то есть, в целом, их поведение аналогично таковому, характерному для рудных объектов, расположенных в собственно ультраосновной части массивов.

**Рис. 1.16.** Распределение благородных металлов по разрезу месторождения Северо-Хамитовское (А) и их нормализованные средние содержания (В). Условные обозначения см. на рис. 1.15.



Такое же распределение элементов платиновой группы характерно для руд Западно-Шерамбайского месторождения (см. табл. 1.7) и хромитовой минерализации, приуроченной к полосчатому комплексу массива Миндяк (табл. 1.13). Некоторая специфика первого заключается в том, что в рудах этого объекта в значительных (до 1,52-2,34 г/т) количествах содержится палладий, а Pt/Pd отношение в них изменяется в широких пределах (от 3,35-3,54

до 18). Среди элементов, составляющих тугоплавкую триаду, главенствующая роль в рудах Западно-Шерамбайского месторождения принадлежит иридию, в отличие от кракинских объектов, где повышенные количества характерны для рутения. Для хромитовой минерализации массива Миндяк устанавливается четко выраженная платиновая специализация при средних содержаниях  $Pt = 0,128$  г/т (табл. 1.13).



**Рис. 1.17.** Распределения благородных металлов в породах и рудах полосчатого комплекса массива Средний Крака в зависимости от пространственного положения объектов.

1—габбро; 2—апогаббровые метасоматиты; 3—«краевые» дуниты; 4—пироксениты; 5—породы полосчатого комплекса нерасчлененные; 6—дунит-гарцбургитовый комплекс; 7—«вторичные» дуниты. Цифры на диаграммах—месторождения и рудопроявления: 1—Бабай, 2—Хамитовское, 3—Северо-Хамитовское, 4—Ак-Бура, 5—апогаббровые метасоматиты, 6—Сарангаевское, 7—Правый Саксей, 8—Левый Саксей.

Одной из интересных особенностей распределения элементов группы платины и золота в рудах полосчатого комплекса массива Средний Крака является изменение типов благородно-метальной специализации руд в зависимости от пространственного положения объекта (рис. 1.17). Как было показано выше, распределение платины имеет резко дифференцированный характер. Максимальные ее содержания зафиксированы в «западной» группе хромитовых месторождений и рудопроявлений (Бабай и Хамитовское) – 5,19 и 3,10 г/т соответственно, а максимальные количества золота и серебра фиксируются в рудах, приуроченных к границе между полосчатой серией и собственно ультраосновной (гарцбургитовой) частью массива (рудопроявление Сарангаевское).

Более детальный анализ показывает, что эти «направленные» изменения выглядят следующим образом:

– хромитовые руды, расположенные в зоне развития краевых дунитов в переслаивании с апогаббровыми метасоматитами (месторождения Бабай, Хамитовское, Северо-Хамитовское и Ак-Бура), характеризуются повышенными содержаниями всей группы платиноидов, золота и серебра (платиновая и золото-платиновая специализации);

– хромитовым рудам проявления Сарангаевского, приуроченного к участкам распространения пироксенитов и их оливинсодержащих разновидностей в непосредственной близости от зоны «контакта» пород полосчатого комплекса и собственно ультрабазитов, присущи пониженные содержания МПГ при аномальных (для этого типа руд) количествах золота и серебра (золотая и платино-золотая специализации);

– хромиты месторождений Саксейской группы отличаются относительно четко проявленной специализацией на элементы тугоплавкой триады, при главенствующей роли рутения (осмий-иридий-рутениевая специализация).

Особенно наглядно тенденция изменения благородно-метальной специализации руд в зависимости от пространственного положения объектов видна при анализе соотношений между содержаниями в них золота и платины. Если руды месторождения Бабай (самого западного) характеризуются Au-Pt специализацией при соотношении этих элементов, приблизительно равному 10:90, то при движении на восток, в сторону гарцбургитовой части массива, это соотношение изменяется, достигая вели-

чин 30:70 в рудах Хамитовского месторождения и 70:30 в хромитах рудопроявления Сарангаевское.

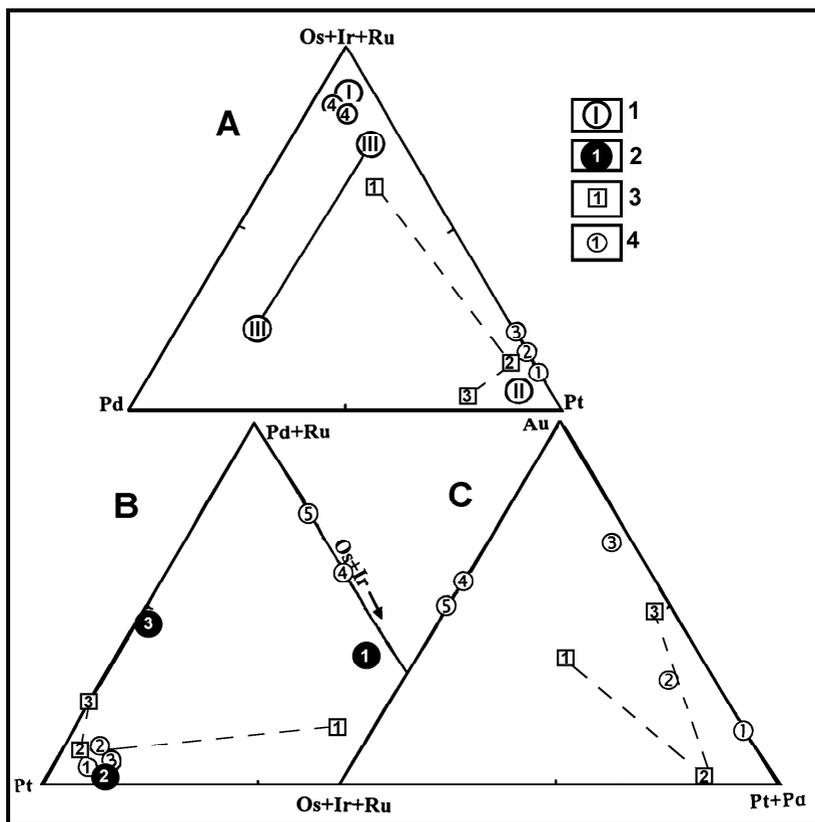
Представляется несомненным, что такое распределение благородных металлов характеризует специфику генезиса (и/или последующего преобразования) руд хромитовых объектов, расположенных в породах полосчатого комплекса. Здесь же следует отметить, что, как было показано нами ранее (Ковалев, Сначев, 1998), месторождения Саксейской группы представляют собой рудные объекты, «замороженные» на промежуточной стадии формирования. Внутреннее строение месторождения Левый Саксей характеризуется наличием зоны оруденения переменной мощности, которая представлена мелко- и среднезернистыми вкрапленными рудами, собранными в тонкие струйки, прожилки, цепочки, сливающиеся и расходящиеся по падению и по простиранию. Как показывает его детальное изучение, формирование хромитовых руд в теле «вторичных» дунитов, к которым приурочен этот объект, происходит путем образования отдельных цепочек, шлиров и обособлений, сложенных кристалликами хромшпинелида, сливающихся в слойки и прожилки, образующие отдельные субпараллельные зоны, разъединенные практически полностью безрудными породами.

В связи с этим необходимо отметить, что, по сути дела, на этой площади мы можем в реальных условиях проследить поведение благородных металлов при формировании рудных объектов как в процессе их образования в собственно ультрабазитовой части массива, так и охарактеризовать их распределение при последующем развитии системы, а именно:

- 1) при частичном плавлении субстрата;
- 2) формировании горизонтов, представленных «легкоплавкой» составляющей – габброидами;
- 3) син- и постгенетических метаморфо-метасоматических изменениях образующихся ассоциаций пород и руд.

Различия в геохимической специализации описываемых пород и руд отчетливо проявляются на диаграммах, представленных на рис. 1.18, из анализа которых видно, что распределение МПГ в характеризуемых рудах имеет дифференцированный характер. В частности, краевые дуниты резко обогащены тугоплавкой триадой, а пироксениты и апогаббровые метасоматиты платиной. Здесь же следует отметить, что относительные количества палладия в метасоматитах и краевых дунитах оказываются близки между собой. По преобладающему типу специализации пород

полосчатого комплекса можно выделить следующие ее типы: осмий-иридий-рутениевый – краевые дуниты, платиновый – пироксениты и палладий-платиновый – апогаббровые метасоматиты.



**Рис. 1.18.** Распределение благородных металлов в породах и рудах полосчатого комплекса массива Средний Крак.

1– содержания МПГ и Au в основных типах хромитовых руд Урала (по Ю.А.Волченко, 1986; типы оруденения: I-альпинотипный, II-дунит-клинопироксенит-габбровый, III-стратиформный); 2-содержания МПГ в различных формационно-генетических типах ультрабазитов (по А.А. Маракушеву, 1994); (1-офиолитовые, 2-зональные, 3-стратиформные руды месторождений); 3-средние содержания благородных элементов в основных разновидностях пород полосчатого комплекса (1-краевые дуниты, 2-пироксениты, 3-апогаббровые метасоматиты); 4-распределение МПГ и Au в рудах месторождений и рудопроявлений полосчатого комплекса массива Средний Крак: 1-Бабай, 2-Хамитовское, 3-Сарангаевское, 4-Правый Саксей, 5- Левый Саксей.

Кроме этого, хромитовые руды месторождений, приуроченных к породам полосчатого комплекса, характеризуются четко выраженной Pt специализацией. Интересно, что и руды и породы образуют локальное поле и располагаются в области, которая характеризует руды дунит-клинопироксенит-габбровой формации, за исключением краевых дунитов, специализация которых ближе к альпинотипной. Руды месторождений Саксейской группы, которая расположена в ультраосновной части массива вблизи границы с породами полосчатого комплекса, имеют четко выраженную Os-Ir-Ru специализацию и приурочены к полю хромитовых руд альпинотипных гипербазитов, резко отличаясь от рудных объектов, расположенных в полосчатом комплексе.

Практически полностью аналогичная картина взаимоотношений между содержаниями и распределением МПГ в рудах и породах полосчатого комплекса наблюдается на диаграмме Pt-Pd+Ru-Os+Ir (рис. 1.18, B), но так как эта диаграмма построена по материалам А.А.Маракушева (1994), который обобщил данные по различным объектам (не только уральским), то можно констатировать, что выявленные нами закономерности являются корректными и с большой степенью надежности характеризуют специфические особенности благороднометалльной специализации пород и руд полосчатого комплекса массива Средний Крака. Определенная специфика в распределении благородных металлов выявляется при анализе диаграммы Os+Ir+Ru-Au-Pt+Pd (рис. 1.18, C). Как следует из ее анализа, наиболее обогащены золотом (по сравнению с МПГ) апогаббровые метасоматиты и краевые дуниты полосчатого комплекса массива Средний Крака, а пироксениты – платиной. Наибольший разброс значений этих элементов в основных разновидностях пород характерен также для тугоплавкой триады, причем краевые дуниты, как это видно и из других диаграмм, отличаются повышенными их количествами.

Руды Саксейской и Хамитовской групп месторождений также различаются между собой по типу специализации, еще раз подчеркивая принадлежность первых к альпинотипной формации (обогащенность Os-Ir-Ru триадой), в то время как руды второй группы характеризуются золото-платиновой специализацией. Обращает на себя внимание то, что краевые дуниты и руды Саксейской группы имеют близкие содержания золота и в общем виде могут быть отнесены к Os+Ir+Ru-Au типу с переменными содержаниями платины и палладия.

Для распределения тугоплавких платиноидов в породах и рудах месторождений и рудопроявлений полосчатого комплекса характерны следующие особенности:

- краевые дуниты имеют относительно четко проявленную иридиевую специализацию при соотношениях Ir:Os:Ru (здесь и далее) = 87:11:2;

- клинопироксениты характеризуются иридий-рутениевой специализацией (48:4:48), а апогаббровые метасоматиты существенно осмиевой (29:59:12);

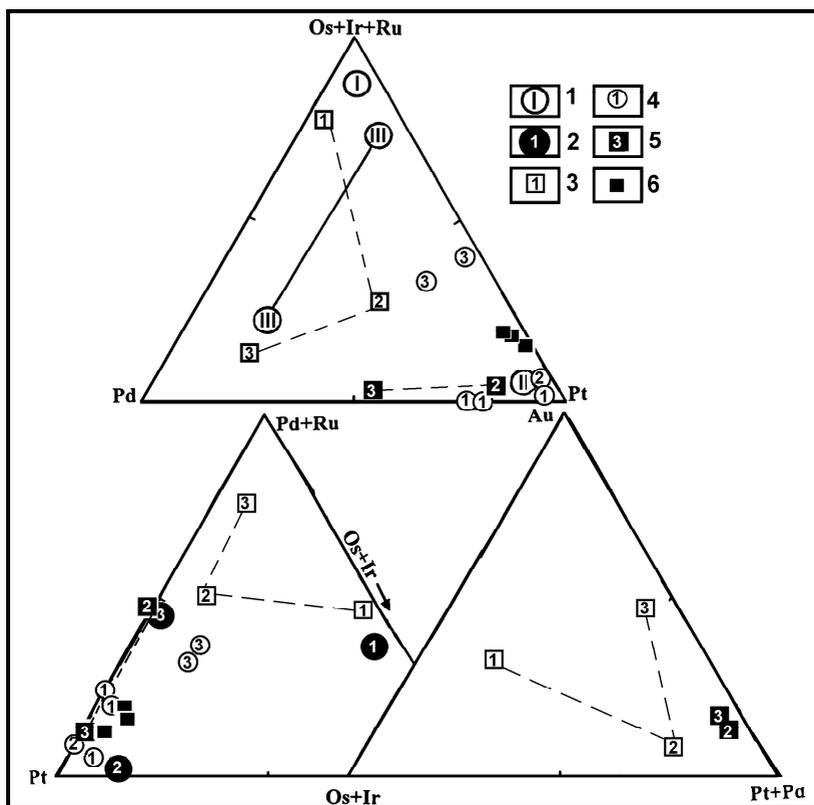
- рудам месторождения Бабай, расположенным на крайнем западе зоны развития пород полосчатого комплекса, присущи приблизительно равные количества осмия, иридия и рутения;

- хромиты месторождений Хамитовское и Правый Саксей характеризуются четко проявленной рутений-иридиевой специализацией при практически постоянных количествах осмия. Ранее данная специализация была отмечена в рудах месторождения Шигаево (Северный Крака, см. выше), которая, по мнению А.А.Маракушева (1994), присуща хромитовым рудам альпинотипной формации;

- на фоне повышенных содержаний осмия, в рудах рудопроявления Сарангаевское фиксируется также осмий-иридиевая геохимическая направленность, а хромиты месторождения Левый Саксей, при общей рутениевой специализации, обнаруживают слабо проявленное обогащение осмием и иридием.

Анализ диаграмм (рис. 1.19), на которых изображено поведение МПГ и Au в породах и рудах полосчатого комплекса массивов Нурали и Миндяк, показывает, что в целом тренд изменения количественных соотношений элементов платиновой группы и золота в ряду пород краевой дунит-пироксенит-габбро, слагающих полосчатый комплекс массива Нурали, практически полностью аналогичен таковому, характеризующему породы массива Средний Крака, но с более четко выраженной «палладиевой» направленностью, а миндякские породы, при сохранении общих тенденций, отличаются пониженными количествами осмия, иридия и рутения. Эта специфика характерна и для руд месторождений, которые расположены в породах полосчатых комплексов этих массивов. При том, что они однозначно, на обеих диаграммах (рис. 1.19, А, В), располагаются в поле, характеризующем породы и руды дунит-клинопироксенит-габбровой формации, присущая им специфика (повышенная «палладиевость»), по сравнению с кракинскими объектами, ко-

торым, в свою очередь, присуща «платиновая» направленность) сохраняется.



**Рис. 1.19. Распределение благородных металлов в породах и рудах полосчатых комплексов массивов Нурали и Миндяк.**

1 – содержания МПГ в основных типах хромитовых руд Урала (по Ю.А. Волченко, 1986): I-альпинотипный, II-дунит-клинопироксенит-габбровый, III-стратиформный; 2 – содержания ЭПГ в различных формационно-генетических типах ультрабазитов (по А.А.Маракушеву, 1994): 1-офиолитовые, 2-зональные, 3-стратиформные; 3 – содержания благородных металлов в породах полосчатого комплекса массива Нурали: 1-краевые дуниты, 2-верлиты, 3-габбро; 4 – содержания благородных металлов в рудах месторождений полосчатого комплекса массива Нурали: 1-Западно-Шерамбайское, 2-Нуралинское, 3-Безьянное; 5 – содержания благородных металлов в породах полосчатого комплекса массива Миндяк: 2-пироксениты, 3-габбро; 6 – содержания благородных металлов в рудах полосчатого комплекса массива Миндяк. Для расчета средних содержаний использовались данные из работы Garuti et al, 1997.

Тренды изменения содержаний золота, в зависимости от количеств МПГ, в ряду пород, слагающих полосчатые комплексы всех массивов, также оказываются близкими между собой, сохраняя их общую конфигурацию и направленность (рис. 1.19, С). На наш взгляд, одним из основных выводов, который следует из анализа этих диаграмм, является то, что в общем виде благороднометалльная специализация руд, расположенных в полосчатых комплексах массивов Средний Крака, Урала и Миндяк оказывается наиболее близкой к пироксенитам, то есть к типам пород, генезис которых (вне зависимости от конкретных моделей их образования) обусловлен общими с образованием самих рудных объектов и/или преобразованием слагающих их руд причинами.

Подводя итог характеристике благороднометалльной специализации рудных объектов, приуроченных к породам полосчатых комплексов массивов Средний Крака, Урала и Миндяк, в качестве основных выводов необходимо акцентировать внимание на следующих положениях:

1) руды объектов, расположенных в породах полосчатых серий, также как и их аналоги, приуроченные к собственно ультраосновным породам массивов, характеризуются накоплением всей группы платиноидов и золота по сравнению с содержаниями этих элементов как в неистощенном мантийном субстрате, так и в ряду пород, слагающих полосчатые комплексы в виде самостоятельных, структурно-вещественных таксонов;

2) четко выраженная платиновая (и/или палладий-платиновая) специализация, характерная для руд месторождений, приуроченных к полосчатым сериям массивов Средний Крака, Урала и Миндяк (так же как и для пород этих массивов в целом), является их отличительной чертой и обусловлена генетическими (петрологическими) механизмами формирования субстрата полосчатых серий в качестве самостоятельных структурно-вещественных комплексов;

3) наличие общих тенденций в распределении благороднометалльных элементов в ряду пород краевые дуниты-пироксениты-габбро в различных массивах, которые напрямую коррелируются с количествами этих элементов в рудах месторождений, к ним приуроченных (с наиболее четко проявленными взаимосвязями между содержаниями МПГ и Au в рудах и пироксенитах), позволяют утверждать с большой долей вероятности об общности процессов их перераспределения и концентрации при формировании

и/или преобразовании этих объектов, которые реализовывались в едином эволюционном процессе формирования массивов;

4) вторичные метаморфо-метасоматические процессы оказывают существенное влияние на перераспределение благороднометаллических элементов, а их поведение при этом во многом определяется физико-химическими условиями их реализации.

Минералогия и распределение МПГ и золота в отдельных рудных (чаще всего сульфидных) минералах, обнаруженных в породах и рудах ультраосновных массивов Урала, относительно хорошо изучены (Волченко, 1986, Волченко и др., 1989, 1993, Макеев, 1992, Смирнов, 1995, и др).

Проведенное нами изучение рудных минералов кракинских пород позволило установить, что: во-первых, в породах относительно широко распространены сульфиды, аваруит и Fe-Ni сплавы; во-вторых, в большинстве из этих минералов содержатся МПГ в количествах, превышающих стандартную ошибку метода определения (табл. 1.16); в третьих, платинометаллическая специализация этих минералов имеет четко выраженный платино-иридий-золотой характер. Причем, обращает на себя внимание то, что даже в сульфидах палладий содержится довольно редко и в относительно небольших количествах.

Таблица 1.16

Содержания МПГ и Au в рудных минералах массивов Крака

№	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
1 (8)	0,43-1,24	0,29	0,32-0,36	0,7-1,33	0,56-0,94
2 (6)	1,03-1,75	-	-	0,87-1,13	1,11-1,36
3 (3)	-	-	-	0,93	0,84
4 (2)	1,38	-	-	0,93-1,28	0,92
5 (7)	1,53-1,94	-	-	1,24-1,45	1,15

*Примечание:* №1-хромшпинелид; №2-пентландит; №3-миллерит; №4-хизлевудит; №5-аваруит. Цифры в скобках-количество анализов. В % элемента.

Ранее нами были получены материалы по содержанию МПГ в золоте, которое было обнаружено (единичные выделения) в пробах-протолочках из рудовмещающих пород месторождения Хамитовское и рудопроявления Сарангаевское (табл. 1.17). Обращает на себя внимание «повышенное» содержание Си в составе золота, а также наличие в виде примесей МПГ. Здесь же следует отметить, что эти находки хорошо коррелиру-

ются с повышенными содержаниями Au в гипербазитах массивов Крака, материалы по которым были приведены выше.

Таблица 1.17

Химический состав самородного Au из рудовмещающих пород месторождения Хамитовское и рудопроявления Сарангаевское

№	Au	Ag	Cu	Pd	Pt	Σ
1	89,55	7,61	1,06	0,85 (0,53)	сл.	99,07
2	89,22	8,06	1,12	0,54 (0,50)	сл.	98,94
3	89,21	7,08	3,03	-	-	99,32

*Примечание:* № 1-2-месторождение Хамитовское; № 3-рудопоявление Сарангаевское. В % элемента. Цифры в скобках – величина ошибки (< 2 σ); сл. – в случае превышения ошибки над % элемента (по С.Г.Ковалеву, И.В.Высоцкому, 2001).

Интересные данные были получены В.В.Велинским и А.Л. Павловым (2000) при моделировании процессов серпентинизации. Ими было показано, что в процессе метаморфических изменений серпентинитов при температурах 200-300° и резко восстановительных условиях (газовая фаза состава H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>) образуются самородное железо и аваруит, которые они предлагают выделять в качестве индикаторов состава флюида в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма.

В 1968 году М.А.Белозерским было показано, что осмий, иридий, рутений и родий способны образовывать подвижные карбонильные соединения, в результате чего становится возможным их вторичное перераспределение.

Как было показано выше, аваруит широко распространен в породах кракинских массивов, а в метасоматитах полосчатого комплекса встречается пирит, окруженный рубашкой самородного(?) железа. Кроме этого, анализ содержаний платиноидов (тугоплавкой триады, в частности) в породах и рудах кракинских массивов показывает, что они претерпели несколько этапов перераспределения, один из которых, вероятнее всего, характеризовался Р-Т-условиями зеленосланцевой фации при восстановительном составе флюидной фазы.

На диаграмме (рис. 1.20) изображено распределение благородных металлов в рудных минералах по разрезу месторождения Б.Башарт (Юж. Крака). Интересная особенность присуща поведению платины – она зафиксирована в минералах вмещающих пород, но отсутствует в минералах рудного тела, то

есть если в рудных минералах вмещающих гарцбургитов фиксируется Ir-Au-Pt парагенезисы с переменными количествами отдельных элементов, то в рудном теле – иридий-золотые.

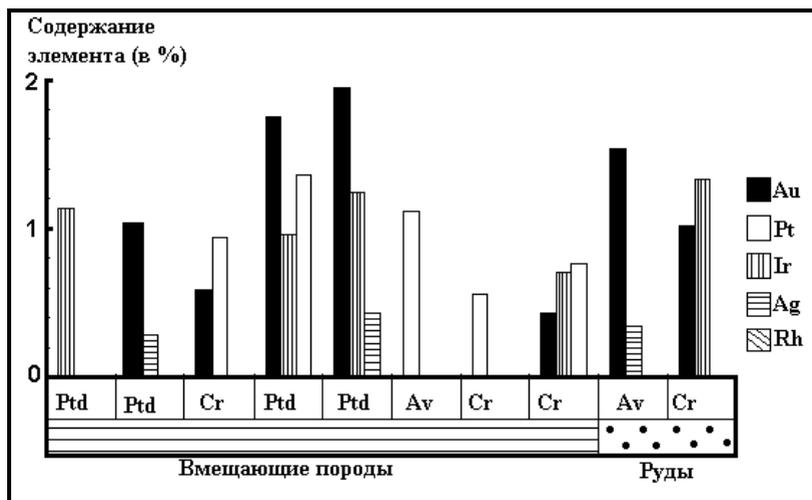


Рис. 1.20. Содержания благородных металлов в рудных минералах по разрезу месторождения Б.Башарт.

В целом же, из анализа диаграммы видно, что максимальные количества благородных металлов приурочены к относительно узкой зоне, которая расположена во вмещающих гарцбургитах. Здесь же установлены максимальное количество железа в хромшпинелидах, что может свидетельствовать о перераспределении и накоплении мПГ и Au в результате вторичных процессов, которые реализовывались в узких локальных зонах. Ранее к близкому выводу пришел Ю.А.Волченко, которым было установлено, что повышенные содержания золота в гипербазитах приурочены к узким зонам контактовых дунитов, где на границе с хромитами часто присутствуют повышенные содержания сульфидов – пирита, пирротина, хизлевудита и др. (Волченко, 1987).

Из анализа диаграммы, изображенной на рис. 1.21, которая построена с использованием данных А.А.Маракушева с соавторами (1997), видно, что максимальные концентрации благородных элементов в метеоритах приурочены к никель-железистой фазе, а минимальные – к силикатной.

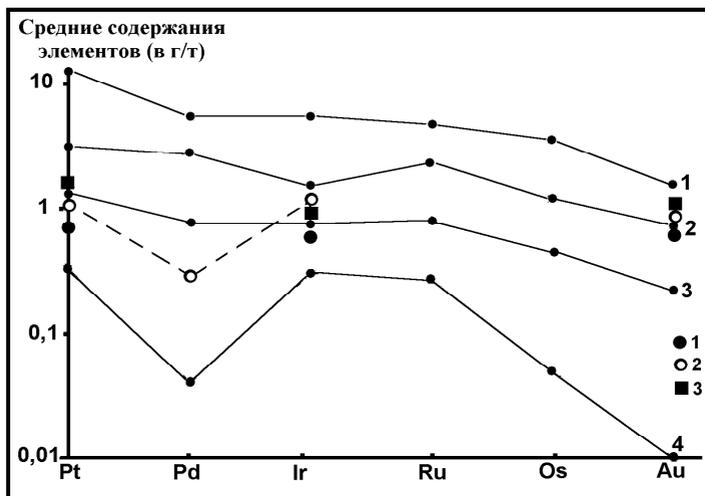


Рис. 1.21. Средние содержания металлов платиновой группы в обыкновенных хондритах типа L (3) и составляющих их фазах: никель-железной (1), сульфидной (2), силикатной (4), по А.А.Маракушеву и др., 1997. Средние содержания благородных элементов в минералах из пород и руд массивов Крака: силикатных (1), железо-никелевых (2) и сульфидных (3).

В отличие от этого, силикатные минералы пород и руд массивов Крака в значительной степени обогащены платиной, иридием и золотом. Содержания этих элементов в сульфидных фазах оказываются близки между собой, а в железо-никелевых минералах массивов Крака, при близких содержаниях золота, фиксируется пониженное количество платины, палладия и иридия по сравнению с аналогичными фазами метеоритов. В то же время, все значения МПГ и Au, полученные для кракинских минералов, очень близки к их средним содержаниям в хондрите. Отсюда можно сделать вывод о том, что условия формирования пород и руд массивов Крака и процессы их последующего преобразования привели к перераспределению ЭПГ и Au, которые заключаются, в частности, в обогащении силикатных минералов золотом и обеднении железо-никелевых минералов, в первую очередь, платиной и палладием при сохранении близких значений этих элементов, характерных для хондритов.

Подводя итог охарактеризованной выше благороднометалльной специализации пород и рудных объектов гипербазитовых массивов, хотелось бы более подробно остановиться на общих тенденциях, выявленных в результате проведенных исследований.

Как было отмечено выше, поведение МПГ и золота определяется их геохимическими особенностями в зависимости от конкретных параметров реализующихся процессов (температуры, окислительно-восстановительных условий и др.). В связи с этим, все многообразие благороднометалльных специализаций, присущих различным объектам массивов, можно свести к следующему:

1) распределение благородных металлов в породах ультраосновных комплексов характеризуется специфическими особенностями (платиновая специализация кракинских пород, повышенные содержания золота в различных массивах и др.), которые обусловлены, в первую очередь, глубинным петрогенезисом в определенных геодинамических обстановках;

2) в процессе формирования пород полосчатых серий и их метаморфогенно-метасоматических преобразований МПГ и золото обладают большой подвижностью, что приводит к образованию разнообразных ассоциаций с относительно четко выраженной золото-платина-палладиевой-специализацией. При этом их поведение определяется конкретными физико-химическими параметрами реализации этих процессов;

3) в процессе хромитообразования в рудах и рудовмещающих породах происходит накопление элементов платиновой группы и золота по сравнению с их содержаниями в мантийном субстрате, причем в большинстве рудных объектов максимальные концентрации благородных металлов приурочены к собственно рудам, в то время как рудовмещающие породы несколько обеднены этими элементами (по сравнению с рудами, но не содержаниями, присущими слабоистощенному мантийному субстрату);

4) содержания и распределение благородных металлов в минералах позволяет говорить о двух этапах формирования благороднометалльной специализации: «раннемагматическом» и «постгенетическом», каждый из которых характеризуется наличием специфических минеральных фаз.

## 1.5. Содержания и распределение МПГ в метаморфизованных ультрабазитах Башкирского Зауралья

В Башкирском Зауралье и прилегающих районах Челябинской области довольно широко распространены сильно измененные (окварцеванные, родингитизированные и др.) серпентинитовые массивы, в которых очень часто присутствует специфическая минерализация. Одним из таких объектов является известное с конца XIX века золоторудное месторождение «Золотая гора», которое расположено в Карабашском рудном районе (Челябинская обл.) и относится к золото-родингитовой формации (рудовмещающими породами являются гранат-магнетит-хлорит-диопсидовые жилы). К сожалению, данные по содержаниям металлов платиновой группы в породах и рудах такого типа объектов, в литературе отсутствуют.

Нами было проведено предварительное изучение пород Шармаевского ультраосновного массива и расположенного в его пределах Мурзакаевского дунитового тела, характеризующиеся близкой степенью метаморфо-метасоматического преобразования субстрата. Полученные результаты приведены в таблице 1.18.

Таблица 1.18  
Содержания МПГ и Au в измененных гипербазитах  
Башкирского Зауралья (в г/т)

№	Порода	Pt	Pd	Au
1	Дунит сульфидизированный	0,22	-	0,64
2	Серпентинит магнетитизированный	0,21	-	0,43
		0,22	-	0,16
3	Тяжелая фракция серпентинитовой протолочки	0,10	0,10	1,12
4	Кварц жильный с вкрапленностью сульфидов	0,44	-	0,56

*Примечание:* №№1-3-Мурзакаевский дунитовый массив, №4-Шармаевский серпентинитовый массив. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г.Уфа), ИГЕМ (г.Москва), ИЯФ (г.Ташкент).

Среди рудных минералов, которые анализировались на содержания благороднометаллических элементов, определены и изуче-

ны как типоморфные для гипербазитов (миллерит, иридиевая платина, хромит, хромшпинель и др.), так и принадлежащие к «вторичному» парагенезису (пирит, самородная и цинкистая медь и др., табл. 1.19).

Таблица 1.19

Содержания МПГ и Au в минералах из измененных гипербазитов Башкирского Зауралья (в масс. %)

Минерал	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os	Au
Пирит (2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Миллерит	0,70	0,0	0,034	0,0	0,77	0,27	0,0
самородное золото	0,0	0,001	0,227	-	0,0	-	94,9
иридистая платина	70,4	0,0	0,45	-	23,1	-	2,04
самородная медь	0,67 0,27 0,91	0,0 0,0 0,0	0,0 - -	- - -	- 0,18 1,29	- - -	0,0 0,34 0,61
самородное железо	0,39 0,64	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,40	0,04 1,46	0,0 1,33	0,0 1,42
цинкистая медь	1,59 0,0	0,16 0,0	0,0 0,0	0,12 0,02	0,60 0,0	0,0 0,0	0,70 1,75
Хромит	0,0	0,01	0,0	0,11	0,0	0,0	0,0
Хромшп.	0,0	0,0	-	-	0,26	-	-
Оливин	1,20	-	-	-	-	-	0,09

*Примечание:* Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа).

Анализ приведенных выше материалов показывает, что в целом для пород массивов характерна платино-золотая специализация, что подтверждается находками собственных минеральных фаз (самородного золота и платины). Эта же специализация фиксируется и в изученных минералах. Обращают на себя внимание «пониженные» количества палладия как в породах, так и в минералах, хотя степень «сульфидизации» пород довольно значительна.

## Глава 2

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В РОССЫПЯХ

На сегодняшний день выделяются несколько видов платинометаллических и платиносодержащих месторождений россыпной формации, различающихся по формационной принадлежности россыпеобразующих объектов и минералого-геохимическим типам (Мочалов, 1994, Додин и др., 2000).

Согласно материалам Д.А.Додина с соавторами, выделяются следующие типы россыпных месторождений: уральский (кожвинский) – (Ir)-Pt; алданский – Ir-Pt; альпийский – Ir-Os-Au-Pt; норильский – платинометаллический; вилуйский – Au-Rh-Pt и гулинский – Ir-Os.

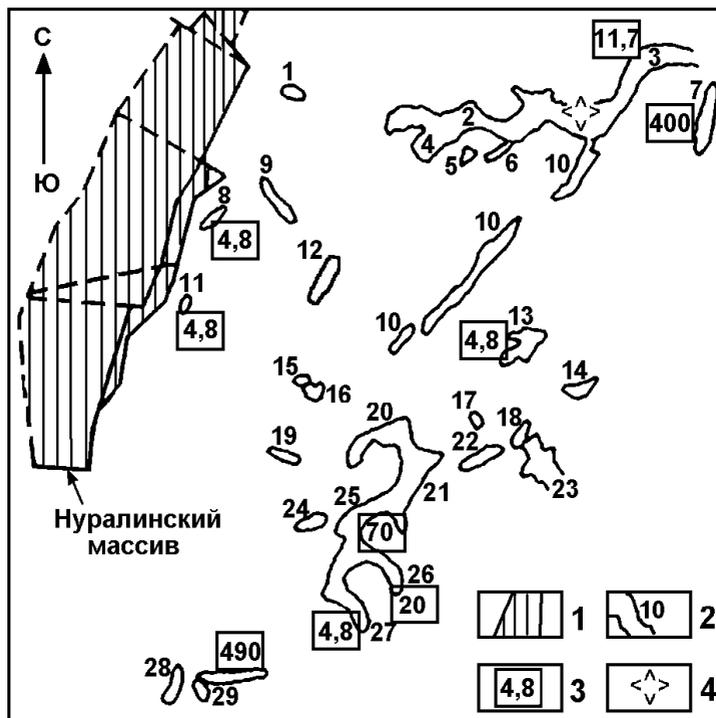
По данным А.Г.Мочалова (1994) платиноносные россыпи подразделяются на рутениридосминовый, рутенплатосмиридовый, иридоплатиносминовый, платиновый и иридоплатиновый минералого-геохимические типы.

Как уже отмечалось выше, в золотоносных россыпях восточной части Республики Башкортостан (территория современного Учалинского района) находки собственных минеральных форм МПГ (и попутная их добыча в промышленных масштабах) отмечались с конца XIX века. К сожалению, большая часть старых материалов либо утеряна, либо представлена фрагментарно. Наиболее значительные материалы сохранились в работах Н.К.Высоцкого, Н.Н.Дингельштедта, О.Е.Звягинцева, А.П.Сигова, Т.Е. Масаловой, А.О.Кайзера и Б.Н.Гареева, С.С.Коноваленко, А.П. Волошкевича, Ю.М.Петрова с соавторами и Е.А.Шумихина.

Последняя сводка по россыпной платиноносности Учалинского района РБ была сделана Е.А.Шумихиным (1987 ф), по материалам которого и приводится большая часть характеристик отдельных россыпей.

Геологические схемы распространения платиносодержащих золотоносных россыпей Учалинского района приведены на рис. 2.1 и 2.2. Сразу же следует оговориться, что по преимущественному содержанию МПГ в отдельных золотоносных россыпях этого района, они подразделяются на существенно осмисто-иридиевый и платино-осмисто-иридиевый минералогические типы, в которых платиноиды представлены, в первую очередь, осмистым иридием (в первых) и самородной платиной (во вторых).

Из довольно большого количества россыпей, которые изображены на схемах (рис. 2.1, 2.2), в данной работе приводится описание лишь только тех из них, по которым имеются более или менее подробные данные.



**Рис. 2.1.** Схема распространения золотоносных россыпей с осмистым иридием в пределах северной части Шерамбай-Калкановской зоны (по Е.А.Шумихину, 1987 ф, с упрощениями).

1-ультраосновные породы нерасчлененные, 2-россыпи (1-Ташки-Су, 2-Мало-Иремельская, 3-Иремельская (Нижне-Иремельская), 4-Мулдашевская, 5-Маяк 1, 6-Маяк 2, 7-Гафировско-Инокентьевская, 8-Шерамбайский надув, 9-Петровская (Средне-Иремельская), 10-Убалы, 11-Наралинская, 12-Андрей-Ивановская, 13-Иван-Ивановская, 14-Миасс-Джембет, 15-Воронцовская, 16-Воронцовский Лог, 17-Николаевская (Миасс-Николаевская), 18-Мулдакаевская, 19-Рождественская, 20-Надежденская, 21-Елизаветинская, 22-Кумач, 23-Карасуль, 24-Леонтьевская, 25-Васильевская, 26-Зининская, 27-Константиновский Лог, 28- Кызыл-Ташская, 29-Крещенский Лог), 3-содержания осмистого иридия (в г/т), 4-места находок самородков осмистого иридия.

Согласно материалам ранее проведенных исследований, первый тип пользуется большим распространением в северной части района. Значительная часть россыпей, содержащих осмистый иридий, приурочена к Нуралинскому гипербазитовому массиву и породам его обрамления. Среди них наиболее богатой была **Ирмельская россыпь**, в «песках» которой (по данным Н.К.Высоцкого) содержание осмистого иридия достигало 11,7 г/т. и были найдены самородки весом 200 и 500 г (Сигов, 1936 ф). В большей же части россыпей этого района средние содержания осмистого иридия достигали 4,8 г/т.

Платино-осмисто-иридиевый тип минерализации характерен для Леонтьевской (позднечетвертичной), Уйской (среднечетвертичной), Краснохтинской (средне-позднечетвертичной), Шартымской (среднечетвертичной?) и Рысаевской Лево́й (плиоценовой) золотоносных россыпей.

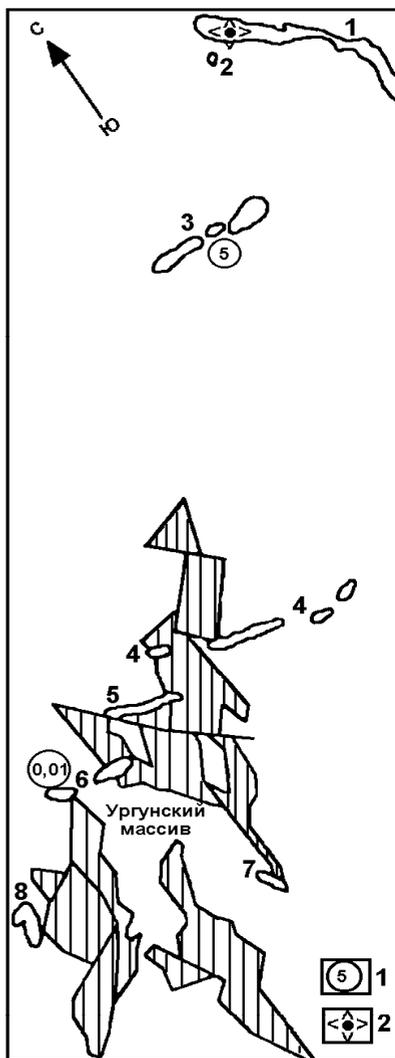
**Леонтьевская россыпь** расположена внутри Орловско-Аушкульской полосы серпентинитового меланжа, начинаясь от ее западной границы, вблизи которой широким распространением пользуются малые интрузии сиенитов и сиенит-порфи́ров. Плотиком россыпи служили серпентиниты, которые на Орловском и Леонтьевском месторождениях содержат золото и вкрапленность сульфидов. Платина была обнаружена в шлихах, отобранных из «песков» с содержанием золота 113 мг/м<sup>3</sup>, в которых ее содержания достигали 0,1% к содержанию золота (Масалова, 1946 ф, Коноваленко, 1964 ф).

Начало **Уйской россыпи** расположено вблизи Балбукской сиенит-диоритовой интрузии, которая ниже по течению р.Уй пересекает вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные толщи Поляковской, Ирендыкской и Шартымской структур. В районе с.Поляковка к этим породам приурочено одноименное месторождение меди, а также довольно многочисленные тела пород ультраосновного и основного составов. Платиноиды в россыпи встречались в виде самородной платины и осмистого иридия (совместно с золотом), представленных в виде хорошо либо слабо окатанных пластинчатых округлых табличек и иногда в виде удлинённых и изометричных зерен. Их размеры составляли от 0,104 до 2,3 мм (наиболее часто встречались частицы с размерами от 0,2 до 1,0 мм), количество которых достигало 86,4%, при средних содержаниях до 0,01 г/м<sup>3</sup> (Коноваленко, 1955 ф). Анализом концентрата МПГ установлено, что в нем содержатся 61,4% платины, 17,3% осмия, 13,2% иридия, 0,37% палладия, 0,92% ро-

дия, 5,44% рутения и 1,37% золота. Согласно этим данным концентрат представлял собой смесь самородной платины и осмистого иридия с примесями Pd, Rh и Ru (Шумихин, 1987).

**Рис. 2.2.** Схема распространения золотоносных россыпей с платиной и осмистым иридием в пределах южной части Шерамбай-Калкановской зоны (по Е.А.Шумихину, 1987 ф, с упрощениями).

1-содержания платины в г/т, 2-места находок самородков платины. Номера на схеме – золотоносные россыпи с МПГ (1-Уйская, 2-Кизникеевская, 3-Краснохта, 4-Шартымская, 5-Шамбала, 6-Рысаевская, 7-Ургунская, 8-Уральская). Остальные условные обозначения см. на рис. 2.1.



«Голова» россыпи *Рысаевская Левая* расположена среди серпентинитов Ургунского гипербазитового массива, вблизи Рысаевского хромитового и Майдыюртовского золото-медно-магнетитового месторождений. В «песках» россыпи П.В. Калинин (1932 ф) было установлено присутствие платиноидов в количестве от 5 до 20% по отношению к среднему содержанию золота (до  $5 \text{ г/м}^3$ ),

причем осмистый иридий встречался чаще самородной платины и был представлен невьянским и лишь изредка сысерским, ко-

торые образовывали выделения таблитчатой и, реже, чешуйчатой формы. Анализы этих минералов, выполненные в Златоустовской лаборатории в прошлом веке показали, что в составе сысерскита содержится 60% иридия и 30% осмия, а в невьянските – 55,6% и 44,5% соответственно (Сигов, 1938 ф). Кроме этого, оба минерала содержали платину в количестве от 2 до 6%.

Вопрос о происхождении платиносодержащих золотоносных россыпей этого района детально не рассматривался. Вероятнее всего, ближе к истине расположена точка зрения А.Е.Шумихина (1987 ф), который полагает, что источником платиноидов являлись древние коры выветривания, образовавшиеся по ультраосновным породам. В результате неоднократного переотложения в водных потоках происходило перераспределение и накопление платины и осмистого иридия совместно с золотом. Эта модель подтверждается установленными повышенными содержаниями МПГ в породах и хромитовых рудах отдельных массивов, а также находками в них собственных минеральных форм платиноидов, которые были описаны выше.

В пределах *Худолазовской синклиналиной структуры*, занимающей площадь около 70×40 км вдоль восточных отрогов Ирендыкских гор Башкирского Зауралья, с середины прошлого века велись разработки многочисленных небольших россыпных месторождений золота (Салихов, Бердников, 1985). В пределах этой площади россыпи приурочены, как правило, к правым притокам реки Б.Кизил: р.р. Худолаз, Карасаз, Дарывды, Кара-Елга, берущих начало с крутых склонов Ирендыкского хребта и из разветвленной сети ложков, а также в песках озера Султанкуль (см. рис. 2.3).

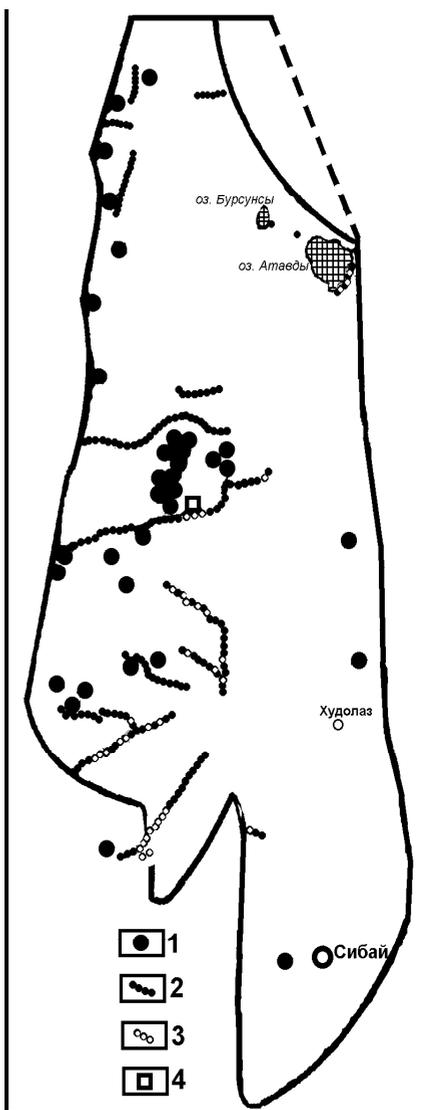
Предыдущими исследователями были описаны находки платиновых минералов в ассоциации со шлиховым золотом, обнаруженные в процессе старательских разработок. В частности, по данным Н.К. Высоцкого (1923-1928 гг) в небольших количествах платина была встречена в золотоносных россыпях Султанкульского и Гадельшинского приисков.

Собственные минеральные виды платиноидов были обнаружены нами в тяжелой фракции шлихов: а) из золотоносных россыпей: Гадельшинская, Атангуловская, Султанкульская, Япрактинская и Бускунзякская; б) из эфелей ряда ранее отработанных полигонов (Дарывда, Султановка, Карасаз); в) из пляжных песков озер (Атавды, Лебяжье, Бурсунсы); г) из элювиально-делювиального шлейфа гидротермально-метасоматически измененных много-

фазных габброидов, несущих сульфидную медно-никелевую минерализацию (Сунар-Узьяк, Бускун II, Северный Бускун).

**Рис. 2.3. Обзорная схема размещения месторождений и рудопроявлений золота (с МПГ), шлиховой платины и платиноидов в Худолазовской синклинальной структуре.**

1-месторождения и рудопроявления коренного золота с МПГ, 2-месторождения и рудопроявления россыпного золота с МПГ, 3-находки платиноидов (Pt, FePt, OsIr, IrOs) в шлихах, 4-место находки самородка «Ирендыкский медведь».



Минералы платиноидов достоверно установлены в тяжелой фракции 32 из 120 детально изученных шлиховых проб весом от 2-3 кг до 20-25 кг, и в 3-х случаях – в тяжелой фракции крупнообъемных проб гидравлической добычи золота на Гадельшинском, Атангуловском и Султанкульском полигонах, предоставленных нам И.С. Гиззатуллиным, И.И.Девятовым и Р.К. Халитовым (старательская артель «Зауралье»).

В «сверхтяжелой» фракции шлихов, не разделенных на магнитные и немагнитные фракции, все минералы платиноидов, как правило, сопровож-

даются: самородным золотом, иногда самородным железом, медью, свинцом, цинком, очень редко серебром, никелем, цинкистой медью, цирконом, сульфидами, рутилом, хромитом, магнетитом, ильменитом и магнитными шариками (МШ).

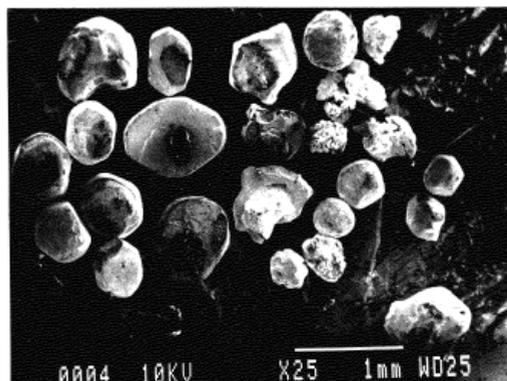
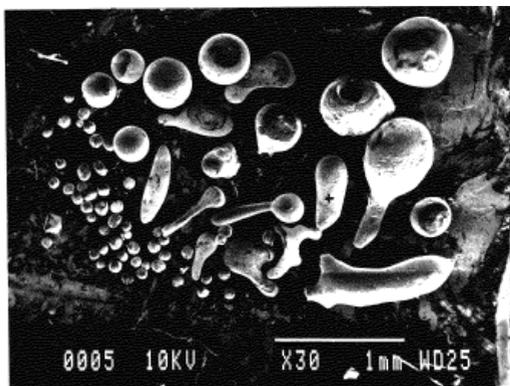
В тяжелую фракцию попадает остальная часть сульфидов, цирконов, рутилов, гранатов, турмалинов, магнетитов, ильменитов, МШ и железистых шлаков.

Сульфиды обычно представлены пиритом. В подчиненных количествах встречаются халькопирит, пирротин, арсенопирит, галенит, киноварь; гораздо реже – миллерит и никелин. Кроме этого, в магнитную подфракцию тяжелой фракции шлиха почти всегда попадает железистая платина – поликсен и самородное железо.

**Минералы платиновой группы** представлены: поликсом ( $\text{FePt}$ ), осмиридом ( $\text{Ir}_2\text{Os}$ ), платиной ( $\text{Pt}$ ), сульфидами и, по видимому, арсенидами платины. Кроме этого, довольно часто встречаются очень тяжелые, «благородно-белые» металлические частицы неопределенного состава. Размерность «крупных» зерен и тонких пластинчатых частиц платиноидов колеблется в пределах: максимум 1,5-2 мм, минимум 0,05×0,03×0,01 мм (пластинчатые) или в диаметре 0,05-0,03 мм (шарики).

**Поликсен.** Как уже отмечалось, количественно он резко преобладает над другими платиновыми минералами. Представлен, главным образом, слабомагнитными шариками и каплевидными зернышками стально-серого («платинового») цвета диаметром от 0,05 до 0,3 мм, редко до 0,5×0,6 мм, реже – пластинчатыми частицами с размерами до первых долей мм и, еще реже, относительно «крупными» лепешкообразными зернами размером до 0,5-1,0×1,0×1,5 мм (см. рис. 2.4). Большинство зерен слабомагнитны, но иногда встречаются и сильномагнитные. Твердость около 4. От похожего на него самородного железа отличается меньшей твердостью, заметной пластичностью и серебристо-белым следом от стальной иглы. Необходимо отметить очень характерную особенность каплевидных и шарообразных форм поликсонов, а именно – постоянную встречаемость их совместно с многочисленными магнитными сферулами (МШ) и с более «крупными» частицами железистых шлаков (ШЛ). При разрушении последних, в них неоднократно обнаруживались шарики поликсена. Встречались и обособленные шарики поликсена с «толстой» (до 0,02 мм) оболочкой черного шлака. Многие шарики часто бывают покрыты очень тонкой черной пленкой.

Рис. 2.4. Платиновые минералы из золотоносных россыпей: каплевидные и сферические частицы (0,7-1мм) платины и поликсена (верхний снимок) и кристаллы и сростки (0,2-1 мм) осмистого иридия, иридистого осмия и других платиноидов (нижний снимок). Гадельшинское и Атангуловское россыпные месторождения. Худолазовская синклиальная структура. + - точка микрозондового анализа.



Микрозондовые анализы нескольких сферических зерен (шариков) поликсенов диаметром от 0,1

до 0,3 мм показали, что их состав соответствует родистым, золото-родистым, родисто-палладистым поликсенам (табл. 2.1). В частности, в трех зернах содержания основных компонентов колеблются (в масс.%): Pt – от 83,36 до 89,05; Fe – 6,51-7,14; Rh – 2,75-3,33; Pd – 0,06-0,106; Au – 0,0-4,01; Ag – 0,36-0,73; Cu – 0,52-1,12. Кроме этого, в одном из них дополнительно установлены: Sb 0,36% и Hg 0,11%; а состав двух зерен варьирует в пределах: Pt – 74,03-79,91; Fe – 7,74-8,47; Rh – 3,98-4,25; Ir – 7,55-12,68.

*Осмирид* ( $\text{Ir}_2\text{S}$ ) – встречается гораздо реже, чем поликсены. Этот минерал в виде серовато-белого обломка размером 0,4×0,3×0,2 мм был обнаружен в очень тяжелой фракции. Кроме

этого были найдены: обломок несколько более крупного (~ 1 мм) толстотаблитчатого кристалла поликсена гексагонального облика и нескольких мелких (менее 0,1 мм) округловатых зернышек и сростков этого минерала с ферроплатиной. Твердость их около 6. Выделения хрупкие и немагнитные. Микроспектральный анализ одного из осколков выше упомянутого обломка кристалла (размерностью 0,2×0,15×0,1 мм) показал, что он является рутенистым осмистым иридием (Ir-72,48; Os-22,88; Ru-2,13; Fe-1,65; S-0,84; Cu-0,00; V-0,0, масс.%).

Таблица 2.1

Содержания элементов (в масс.%) в минералах платиновой группы из россыпных месторождений Худолазовской площади

№	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru	Fe	Au	Ag	Cu
1	79,91	-	3,98	-	-	-	8,47	-	-	-
2	89,05	0,81	2,75	-	-	-	6,51	0,0	0,36	0,52
3	85,71	0,06	3,33	-	-	-	6,90	1,0	0,73	0,79
4	83,36	0,29	3,09	-	-	-	7,14	4,01	0,53	1,12
5	-	-	-	72,48	22,88	2,13	1,65	-	-	0,0
6	74,05	-	-	-	-	-	7,74	-	-	-

*Примечание:* №№ 1-5-месторождение Султанкуль, № 6-месторождение Гадельша. №№ 1-4-поликсен родистый, № 5-невьянскит, № 6-поликсен. Кроме этого, в невьянските обнаружена сера (0,84%). Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа).

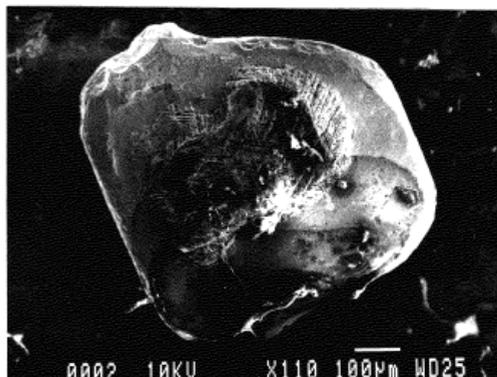
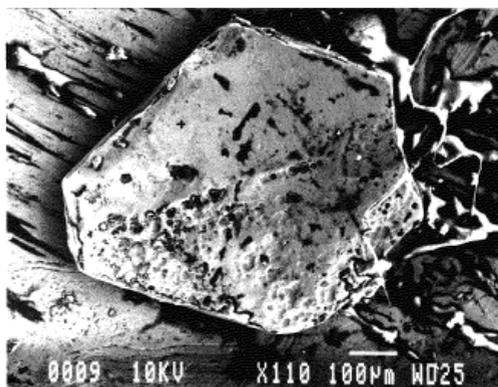
Кроме этого, в очень тяжелой фракции многих шлихов из золотоносных россыпей встречено большое разнообразие не только отдельных мономинеральных микрозерен, кристаллов и сферул, но и сростков кристаллов поликсена, осмиридов и иридосминов с другими платиноидами, которые были определены визуально, без их исследований точными методами (см. рис. 2.5).

**Платиносодержащие минералы.** Кроме собственных минеральных форм очень часто МПГ наблюдаются в виде включений и/или изоморфной примеси в минералах-носителях, которыми, по нашим данным, являются: самородное золото, сульфиды, магнетит, а также самородные выделения и сплавы цинка и железа.

**Золото.** На Худолазовской площади золото является одним из главных платиносодержащих минералов. Формы выделений россыпного золота в зависимости от удаления от первоисточни-

ков изменяются от неокатанных, угловато-неправильных, дендритовидных частиц до хорошо окатанных, изометричных, комковатых, гладко-таблитчатых и проволоковидных. Размеры их колеблются от долей мм до 2-3 мм, редко более.

**Рис. 2.5.** Гексагональный кристалл природсмина (1×1,2×0,2 мм) из коры выветривания (ложковой россыпи) серпентинитов Байгускаровского ультраосновного массива (верхний снимок) и сросток кристаллов осмирида и ферроплатины? (0,7×0,6×0,4 мм) из Гадельшинской золотоносной россыпи (нижний снимок).



Кроме того, в ряде шлихов, в основном, вблизи известных золотопроявлений, встречены мелкие (0,05-0,20 мм), гладкие шарики золота и его сростки с магнитными железными, платиновыми, медными шариками, сульфидами, железистыми шлаками и др. (Юсупов, 1999). Содержания элементов платиновой группы в самородном золоте и амальгаме из некоторых россыпей, распространенных на этой площади, приведены в таблице 2.2.

Из анализа материалов, приведенных в табл. 2.2, следует, что суммарные содержания четырех платиноидов (Pt, Pd, Rh, Ir)

в золоте и амальгаме довольно высокие – от 1,36% до 7,60% и в среднем (по 10 позициям) составляют 4,51%. Закономерностей в распределении отдельных МПГ в золоте не установлено, но следует отметить постоянное присутствие в золоте палладия, родия и иридия, тогда как платина в трех из семи золотин не обнаружена. По-видимому, это связано не отсутствием ее в золоте, а попаданием электронного зонда между тонкодисперсными частицами платины (то же относится к другим МПГ).

Здесь же следует отметить, что присутствие платины в золоте в виде микрочастиц было доказано еще в 60 годы (Петровская, 1973). Примечательным является и то, что само золото иногда в значительных количествах (до 1-4%) содержится в железистой платине.

Таблица 2.2

Содержания МПГ (масс.%) в самородном золоте и амальгаме из россыпей Худолозовской площади

№ п/п	Au	Ag	Pt	Pd	Rh	Ir
1	90,93	0,0	-	0,52	7,08	7,60
2	85,94	8,54	0,0	2,52	2,43	4,95
3	64,76	2,37	0,0	2,87	2,11	4,98
4	61,72	0,78	-	2,46	1,68	4,14
5	88,62	1,32	-	2,13	2,58	4,71
6	93,44	0,0	3,63	0,08	0,13	5,42
7	95,80	0,0	0,63	0,38	0,63	2,97

*Примечание:* №№ 1-3-россыпь Султанкуль (1-2-самородное золото, 3-амальгама), №№ 4-5-россыпь Гадельша (4-амальгама, 5-самородное золото), №6-пляжные песчано-галечные отложения оз.Атавды. В №№ 2,3,4,5 кроме этого обнаружена ртуть в количествах: 1,07%, 27,61%, 27,79% и 5,35% соответственно. В № 6 присутствуют Pb (1,2%), S (0,45%) и Cr (0,05%), а в №7 – Pb (1,2%), Co (0,13%) и Ni (0,11%). Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа).

В шариках самородного железа из этих россыпей, кроме Fe (98,57 – 99,87 %) установлены: Cu (0,21-0,34 %), Ni (0,19-0,39 %), S (0,05-0,12 %) и Cr ( до 0,04 %). Каплевидные магнитные сферулы черного цвета из золотоносных россыпей Бускунузак и Султанкуль определены как высокохромистое железо и содержат: Fe (от 69,0 до 81,68 %); Cr (от 17,32 до 26,21 %); Cu (от 0,13 до 0,50 %); Ni (от 0,34 до 1,72 %); Co (до 0,35 %); S (0,04-

0,11 %); Zn (до 0,06 %); Pb (до 1,94 %) и Hg (до 0,137 %). Кроме этого в первой сферуле установлены: Pd (0,03 %) и Ir (0,567 %).

Здесь же следует кратко остановиться на характеристике крупного самородка золота «Ирендыкский медведь», найденного на этой площади жителем деревни Кусеево Р.И.Утягуловым при вспашке земли в 1992 году, в 2 км к юго-востоку от бывшего золоторудника Сунар-Узяк. Самородок имеет пластинчатую форму, с размерами 31×18,5 см, толщиной от 0,5 до 1,5 см и весом 4 кг 788 г. Его химический состав изучался методами электронного микронзондирования (9 определений) на 16 элементов, растворением двух навесок (49,35 и 28,80 мг) и атомной спектрометрией на 6 элементов (Магадеев, Юсупов, 1996).

Средние содержания в нем Au, Ag, Pt, Pd и Ir по 14 определениям приведены в таблице 2.3. В ней же приводятся микронзондовые анализы золота (размером до 0,5 мм) из кварцевой жилы Туканского месторождения.

Таблица 2.3

Химический состав самородка «Ирендыкский медведь» (1) и Au из кварцевой жилы (2,3) Туканского месторождения (масс.%)

№ п/п	Au	Ag	Pt	Pd	Rh	Ir
1	87,64	6,60	0,30	1,76	-	1,17
2	87,00	4,00	3,26	0,0	0,60	1,88
3	88,37	8,89	0,0	0,44	0,0	0,92

*Примечание:* Кроме этого в самородке «Ирендыкский медведь» были установлены: Pb (0,23%), Zn (0,11%), Si (1,91%), As (0,20%), Sb (0,09%) и Te (0,017%). В №№2,3 присутствуют: Pb (1,66%), Te (0,49%), Ni (0,02%), S (0,22%), In (0,48%), Cr (0,13%), и As (0,13%). Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа).

Как видно из анализа табличных данных, по химическому составу самородок "Ирендыкский медведь" представляет собой платинисто-палладисто-иридиевое высокопробное золото, очень близкое по составу к золоту из кварцевой жилы Туканского месторождения. Исходя из этого, а также по сохранившимся на его поверхности отпечаткам и обломкам кварца, можно предположить, что самородок, по-видимому, образовался в трещине-полости осевой, либо боковой части одной из ближайших к Тукану или Сунар-Узяку денудированных кварцевых жил.

Таким образом, при изучении россыпных месторождений золота, расположенных в пределах Худолазовской площади, было установлено, что между золотом и платиноидами существует тесная минералогическая и геохимическая связи, подтверждая тем самым исследования других авторов по близким и аналогичным уральским золоторудным объектам.

Кроме этого, нами были проведены исследования по приблизительной количественной оценке содержания золота и платиноидов в Япрактинской и Баскунзянской золотоносных россыпях. Тяжелые фракции 60 проб из этих объектов изучались на предмет их платиноносности. Во многих пробах в ассоциации с золотом и другими минералами были выявлены собственные минеральные фазы платиноидов, характеристики которых уже приводились выше. По двум названным месторождениям из изученных проб было подсчитано количество частиц золота (всего 572 шт) и платиновых минералов (61 шт). Несмотря на весьма неравномерное распределение последних по пробам и по величине зерен, сопоставимых с частицами золота, можно сделать предварительный вывод о том, что количества золота к платине соотносятся как 9,4:1 (при колебаниях Au/Pt от 45:1). В среднем это значение по указанным россыпям можно принять как 10:1. Однако, исходя из несистемных минералогических анализов шлихов по ряду других участков, в общем для Худолазовской структуры подобное соотношение (Au/Pt) может опускаться до 20:1.

### Глава 3

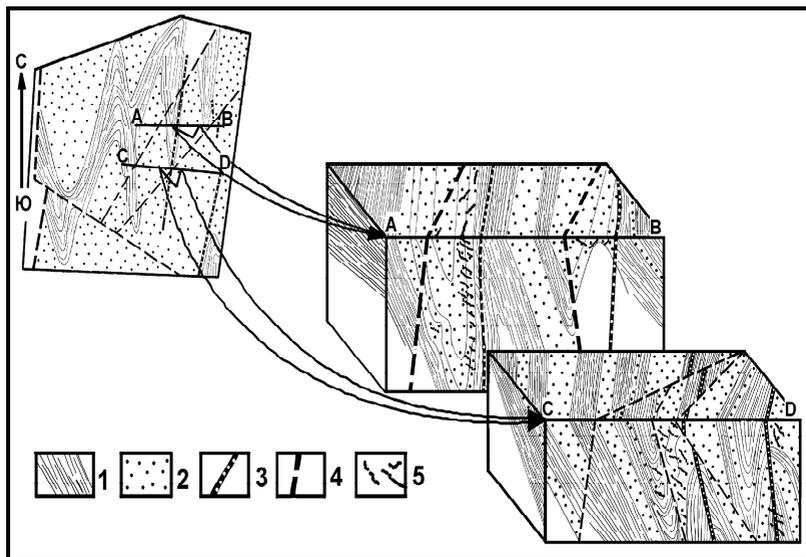
## СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТАХ

На территории Республики Башкортостан известны многочисленные золоторудные месторождения, рудопроявления и точки минерализации, которые изучались (а часть из них разрабатывалась) в течение довольно длительного периода времени. К сожалению, большая часть этих объектов не опробовалась на платиноиды современными методами. Приведенные ниже материалы, полученные в последнее время, являются одной из первых попыток восполнить этот пробел. Проведенные исследования охватывают отдельные объекты, расположенные как в пределах западного склона Южного Урала (месторождение Улюк-Бар, Акташское рудопроявление), так и Башкирского Зауралья (рудопроявление Красная жила, месторождение Малый Каран и др.).

**Месторождение Улюк-Бар**, расположенное в 2 км западнее окраины п.Исмакаево, в левом борту р.Б.Ключ, известно с начала XX века и частично разрабатывалось в 1900-1910 годах. В различное время и с различной степенью детальности оно изучалось Ю.М.Степановым (1932 ф), Н.Н.Никифоровым (1941 ф), А.А.Пацковым и П.В.Бердниковым (1980 ф), В.П. Нечаевым (1980 ф), А.Л.Черновым и др. (1982 ф), В.О. Конышевым и др. (1985 ф).

Объект локализован в осевой части Айгирской антиклинали, осложненной более мелкими складками и диагональными тектоническими нарушениями, которые приурочены к восточной части зоны Караташского разлома (надвига). Здесь распространены породы большеинзерской свиты ( $R_1$ ), которые представлены нижней, и, согласно ее перекрывающей верхней толщами. Первая представляет собой сложнодислоцированную пачку сланцево-алевролитового состава, а вторая имеет существенно песчанистый состав с алевро-сланцевыми прослоями различной мощности. Рудная зона приурочена к западному крылу антиклинали и представлена серицит-полевошпат-кварцевыми песчаниками (рис. 3.1). В пределах месторождения установлены два дайкообразных тела габбродиабазов, которые прослежены в субмеридиональном направлении на рас-

стоянии до 1 км. В непосредственной близости от рудной зоны они превращены в лиственины (березиты), а вмещающие их сланцы и алевролиты карбонатизированы и серицитизированы.



**Рис. 3.1. Геологическая схема и блок-диаграммы месторождения Улюк-Бар (по С.Г.Ковалеву и др., 1999).**

1-сланцевые толщи, (кварц-углерод-серицитовые, серицит-углисто-кварцевые и серицит-кварцевые); 2-песчаниковые толщи (полевошпат-серицит-кварцевые и кварцитовидные в переслаивании со сланцевыми породами); 3-дайки диабазов и габбродиабазов; 4-разрывные нарушения; 5-рудоносные кварцевые жилы.

Золото концентрируется в кварцевых жилах (часто приурочено к их зальбандам). Его содержания варьируют от следовых количеств до первых сотен г/т, составляя в среднем 2,9-5,2 г/т. Au представлено самородной формой, часто в виде включений в пирите и арсенопирите, а также в виде самостоятельных выделений на контактах зерен сульфидов. Размеры золотин варьируют от 0,001 до 0,5 мм (редко до 4 мм). Пробность его колеблется в пределах 870-960. Из элементов-примесей в нем установлена медь (от 0,01 до 0,15%). Проведенное нами изучение отдельных золотин из этого месторождения показало, что в их составе в значительных количествах присутствуют металлы платиновой группы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

## Химический состав золотин месторождения Улюк-Бар

Элемент	1	1*	2	2*
Au	<b>90,494</b>	83,704	<b>91,134</b>	84,582
Ag	<b>3,332</b>	5,627	<b>3,442</b>	5,833
Pt	<b>3,101</b>	2,896	<b>2,089</b>	1,957
Pd	<b>0,786</b>	1,346	<b>0,678</b>	1,166
Ir	1,193	1,131	1,317	1,253
Rh	0,211	0,374	0,276	0,491
Fe	0,0	0,0	0,092	0,300
S	<b>0,377</b>	2,142	0,252	1,437
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,157	0,486	0,005	0,016
Si	<b>0,354</b>	2,296	<b>0,382</b>	2,483
Te	0,0	0,0	0,337	0,482
As	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ	100,003	100,0	100,003	100,0

*Примечание:* № 1-2-% элемента; \*-атомные %. Жирным выделены значения, превышающие величину ошибки. Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа), по С.Г.Ковалеву и др., 1999.

**Акташское рудопроявление**, приуроченное к зоне Караташского разлома (надвига), представлено двумя участками (Восточно-Акташским и Западно-Акташским), которые относятся к различным формационно-генетическим типам: золото-березитовой – первое и золото-джаспероидной – второе (Рыкус, 1995). Наиболее богатая золотая минерализация Восточно-Акташского участка локализована в породах дайки габбро-диоритового состава, в зоне ее пересечения тектоническим нарушением, или вдоль ее контактов. Рудопроявление Западно-Акташского участка представляет собой штокверковую зону, рудные тела которой представлены кварцевыми метасоматитами с сульфидами, прожилками кварца штокверкового типа, а также зонами окварцевания.

В химическом составе золотин из различных формационно-генетических типов оруденения этого рудопроявления установлены (в вес. %): золото-березитовый тип: Ag-13,78-17,4; Hg-0,23;

Cu-0,02-0,1; Bi-0,07-0,3; Te-0,06-0,1; As-0,03; золото-джесперионный тип: Ag-0,21-12,56; Hg-0,11; Se-0,05; Cu-0,01-0,11; Bi-0,07-0,31; Te-0,02-0,08-As-0,03; золото-сульфидный тип: Ag-15,5-25,4; Hg-0,15-0,3; Se-0,04; Cu-0,03-0,06; Bi-0,07-0,12; Te-0,04-0,07; As-0,03-0,1 (Рыкус, 1995).

Работами, проведенными А.Е.Соболевым (1999 ф), в околорудно-измененных породах этого рудопроявления были установлены повышенные содержания МПГ (табл. 3.1), что, по нашему мнению, также является косвенным доказательством того, что «первичным» источником благородных металлов, сформировавших этот объект, являются интрателлурические флюиды мантийного происхождения.

Таблица 3.1  
Содержания МПГ (мг/т) в рудовмещающих породах  
Акташского рудопроявления

№	Название породы	Pt	Pd	Au	Ag
1	пирит-серицит-карбонатные агрегаты с реликтами песчаников	-	60	27	30
2		-	80	20	250
3		-	130	28	-
4	то же с реликтами глин. сланцев	-	90	4	2000
5	пирит-кварц карбонатная порода	-	40	12	3000

*Примечание:* Анализы выполнены в аналитической лаборатории ВСЕГЕИ атомно-абсорбционным методом с электротермическим атомизатором, аналитик С.Ю.Шишкова. Нижний предел чувствительности метода составляет (в г/т): Pt-0,05; Pd-0,005; Au-0,002; Ag-0,03 (по А.Е.Соболеву, 1999 ф).

**Месторождение Красная жила**, относимое к золото-сульфидной формации (золото-пиритовому минеральному типу) по классификации С.Г.Варганова (1968 ф), расположено в Учалинском районе Республики Башкортостан. Структурно оно приурочено к юго-восточному крылу Поляковской антиклинали. Объект представлен пиритизированными кварцевыми жилами, которые, по материалам Я.Я.Вецлера (1953 ф) приурочены к небольшим зонам рассланцевания и смятия. Содержания золота в них достигает нескольких десятков г/т, причем, повышенные его содержания характерны для узловых пересечений кварцевых жил меридионального и широтного простираний (Варганов, 1963 ф). Содержания МПГ в породах и рудах месторождения Красная жила приведены в таблице 3.2. В целом, по-

роды и руды этого объекта характеризуются Ru-Pd-Pt-Au-специализацией, хотя в зоне окисления, представленной бурыми железняками, присутствуют и родий-платина-палладиевый и золото-родий-платина-палладиевые типы.

Таблица 3.2

Содержания МПГ и Au в породах и рудах  
месторождения Красная жила (в г/т)

Тип руды, порода	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Массивный медно-серный колчедан	0,10	0,0	0,0	-	0,0	1,40
	0,21	0,18	0,10	-	-	0,52
	0,18	0,04	0,12	-	-	0,74
	0,24	0,07	0,0	-	-	1,50
Прожилковая халькопирит- пиритовая руда	0,12	0,0	0,04	-	-	1,25
	0,18	0,13	0,0	-	-	1,60
	0,20	0,09	0,0	-	-	0,42
	0,12	0,03	0,0	-	-	0,52
	0,20	0,03	0,0	-	-	0,40
	0,29	0,09	0,0	-	-	0,08
Окисленные буро- железняковые руды	0,13	0,07	0,0	0,08	0,0	0,20
	0,12	0,32	0,0	0,08	0,0	-
Кварц жильный из бурых железн.	0,39	2,20	0,0	0,15	0,0	0,10
Бурый железняк	0,42	1,20	0,09	0,0	0,0	0,51

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г.Уфа), ИГЕМ (г.Москва), ИЯФ (г.Ташкент).

**Рудопроявление Рябковские горки** относится к золото-кварцевой формации (золото-пирито-кварцевому минеральному типу по классификации С.Г.Варганова, 1968 ф).

Его геологическое строение и минерализация близки к описанному выше рудопроявлению Красная жила. Проведенное нами опробование рудовмещающих магматических пород на металлы платиновой группы и золото (см. табл. 3.3) показало, что в целом для них характерны палладий-платино-золотая и палладий-платиновая специализации.

Таблица 3.3

Содержания МПГ и Au в породах  
рудопроявления Рябковские горки (в г/т)

Тип пород	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Диабазы с сульфидной вкрапленностью	0,11	0,05	0,0	0,0	0,0	0,17
	0,09	0,06	0,0	0,0	0,0	0,15
	0,14	0,12	0,0	0,0	0,0	-
Диабазы калишпатизирован.	0,16	0,05	0,0	0,0	0,0	0,33

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г.Уфа), ИГЕМ (г.Москва), ИЯФ (г.Ташкент).

**Месторождение Малый Каран.** По классификации С.Г.Варганова, этот объект принадлежит к золото-кварцевой формации, а его минеральный тип характеризуется как золото-галенит-кварцевый (Варганов, 1968 ф). В пределах площади месторождения развиты вулканогенные и осадочные породы, которые кроме окварцевания, серицитизации, хлоритизации и карбонатизации, испытали в отдельных зонах альбитизацию с образованием кварцево-альбитовых метасоматитов (Сопко, 1977).

Таблица 3.4

Содержания МПГ и Au в породах и рудах  
месторождения Малый Каран (в г/т)

Тип руды, порода	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Метасоматит с вкраплен. сульфидов	0,30	0,0	0,05	0,03	0,0	0,80
	0,13	0,31	0,0	0,0	0,0	0,70
	0,30	-	-	-	-	0,16
Метасоматиты окремненные	0,20	0,09	0,0	0,0	0,0	0,20
	0,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22
Метасоматиты ожелезненные	0,02	0,05	-	-	-	0,0
	0,11	-	-	-	-	0,21

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г.Уфа), ИГЕМ (г.Москва), ИЯФ (г.Ташкент).

По данным Н.И.Бородаевского (1933 ф), золото на месторождении связано с альбититами, которые содержат кристаллы зо-

лотосодержащего пирита. Рудовмещающие альбититы представлены разобщенными жилами длиной до 70 м, при средней мощности 6-8 м. По мнению автора они, вероятнее всего, образовались по туфам колтубанской свиты, приуроченным к зонам рассланцевания. Содержание золота в среднем по месторождению составляет 4,4 г/т, при средних содержаниях серебра – 9 г/т (Варганов, 1968 ф).

Из данных, приведенных нами в таблице 3.4, видно, что метасоматиты с вкрапленностью сульфидов имеют платино-золотую и палладий-золотую специализации, в то время, как для окремнелых и ожелезненных разновидностей этих пород характерна золото-платиновая специализация.

**Александровское месторождение** относится к одному из перспективнейших объектов Башкирского Зауралья. Оно расположено в 100-200 м от месторождения Малый Каран. По материалам С.Г.Варганова (1968 ф), объект относится к золото-кварцевой формации (золото-халькопирито-кварцевому минеральному типу). Оно приурочено к кулисообразным телам рассланцеванных золотоносных лиственитов протяженностью до 3 км при мощности всей зоны до 300 м. Мощность отдельных минерализованных тел лиственитов достигает 50 м. Собственно рудное тело представлено линзами лиственитизированных туффитов с сульфидной вкрапленностью. Средние содержания золота по различным линзам составляют от 5 до 9 г/т (Варганов, 1968 ф).

Таблица 3.5

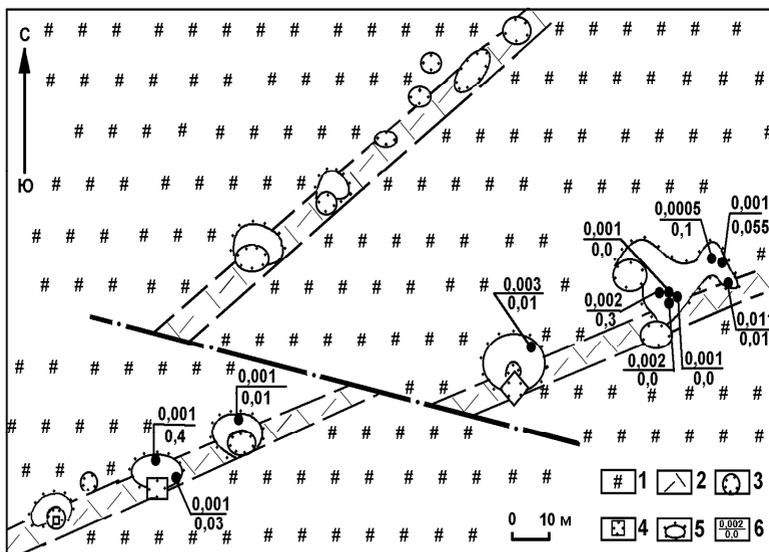
Содержания МПГ и Au в породах и рудах Александровского месторождения (в г/т)

Тип руды, порода	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Метасоматит с вкраплен. сульфидов	0,14	0,07	0,0	0,0	0,0	0,34
	0,09	0,07	0,0	0,0	0,0	0,14
	0,11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23
Метасоматит лиственитиз. окварцеванн.	0,12	0,07	0,0	0,0	0,0	0,22
	0,05	0,07	0,0	0,0	0,0	0,16
	0,07	0,03	0,0	0,0	0,0	0,15

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим и атомно-абсорбционным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г.Уфа) и ИГЕМ (г.Москва).

Содержания платиноидов в породах и рудах месторождения, приведены в таблице 3.5, из которой видно, что в целом для них характерна палладий-платино-золотая специализация при практически полном отсутствии родия, рутения и иридия.

**Константиновское месторождение**, расположенное в экзоконтакте одноименной интрузии, находится в 3 км юго-восточнее оз.Ауш-Куль. Рудовмещающие породы представлены хлоритизированными эффузивными диабазами. Оруденение приурочено к двум субпараллельным зонам брекчирования, вытянутым на северо-восток. Исследованиями Е.А.Шумихина (1987 ф) было установлено, что в диоритах, их субщелочных разновидностях и сиенитах содержания платины составляют от 0,002 до 0,01 г/т. Содержания платины и золота в минерализованных образцах, отобранных, как правило, из отвалов, представлены на рис. 3.2. Эти материалы позволили сделать Е.А. Шумихину вывод о бесперспективности этого объекта на обнаружение платинометальной минерализации.



**Рис. 3.2.** Геологическая схема Константиновского золоторудного месторождения (по Е.А. Шумихину, 1987 ф)

1-метаморфизованные вулканогенные породы, 2-оруденелые тектонические зоны, 3-шурфы, 4-шахты, 5-отвалы, 6-содержания платины (числитель) и золота (знаменатель).

**Месторождение Веселое**, относимое В.А.Прокиным (1962 ф) к золото-сульфидной формации, расположено в Мелентьевско-Вознесенской полосе протрузивного серпентинитового меланжа. В геологическом строении площади месторождения участвуют диабазы, их туфы, кремнистые породы, известняки и расположенные среди них серпентиниты (Шумихин, 1987 ф). Оруденение приурочено к двум тектоническим зонам дробления, секущим серпентиниты, которые представлены окварцеванными и ожелезненными породами. Рудой на золото являлась охристая, дезинтегрированная масса (кора выветривания), содержания золота в которой достигали 45 г/т при средних значениях 19 г/т (Смирнов, 1980 ф). Кроме золота эти породы содержали серебро (10-15 г/т), мышьяк (0,1%), цинк (0,95%), никель (0,05%), медь (0,05%), ванадий (0,01%), и свинец (0,05%)

Исследованиями Е.А.Шумихина (анализировались 10 штучных проб в ЦКЛ ПГО «Узбекгеология») габбродиабазы с медной зеленью, распространенных в пределах этого месторождения, характеризуются повышенными содержаниями платины – от 0,006 до 0,015 г/т, в среднем – 0,002 г/т (Шумихин, 1987 ф).

**Рудопроявление Аптряшка** относится к золото-халькопирит-пиритовому минеральному типу (по классификации С.Г.Варганова, 1968 ф) и приурочено к полю развития диабазов поляковской свиты, прорванных дайками диоритов и кварцевых диоритов. В последних распространены кварцевые и кварцальбитовые жилы переменной мощности.

Золото в жилах ассоциируется с пиритом, халькопиритом, сфалеритом и арсенопиритом. Содержания его в породах колеблется от 0,4 г/т до свыше 10 г/т. Проведенное нами изучение распределения платиноидов в породах этого рудопроявления (метасоматитов с густой вкрапленностью сульфидов) показало, что в них содержится 0,24-0,30 г/т платины при содержаниях золота 0,10-0,95 г/т (по данным спектрохимического и атомно-абсорбционного анализов).

Геохимический анализ распределения благородных металлов в золоторудных объектах восточной части Республики Башкортостан показывает, что на рудопроявлении Красная жила при больших разбросах в содержаниях золота и Pt/Pd отношении, между ними отсутствует какая-либо зависимость, а платинометальная специализация имеет как собственно платиновую, так и палладиевую направленность (рис. 3.3).

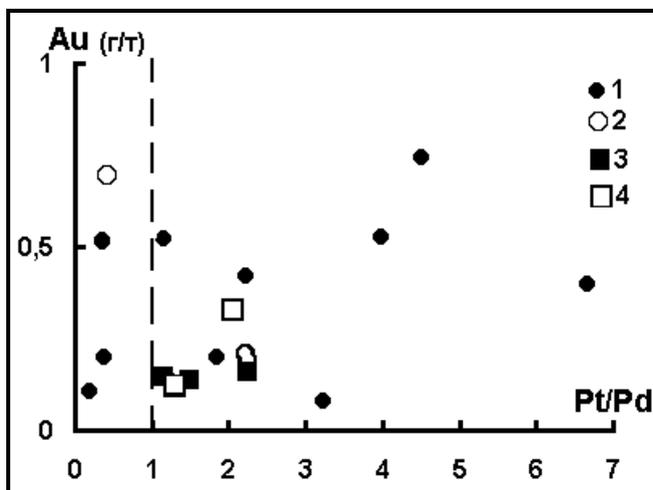


Рис. 3.3. Диаграмма Au-Pt/Pd для золоторудных месторождений восточной части Республики Башкортостан.

1-рудопроявление Красная жила, 2-месторождение Малый Каран, 3-Александровское месторождение, 4-рудопроявление Рябковские горки.

Анализ рассчитанных коэффициентов корреляции (см. табл. 3.6) для пород этого рудопроявления показывает, что значимые связи с положительным знаком устанавливаются только между платиной и палладием с коэффициентом корреляции +0,81. В то же время и тот, и другой элемент характеризуются обратной корреляционной зависимостью с основным компонентом месторождения – золотом при близких значениях коэффициентов (хотя связь между палладием и золотом не является достоверной, согласно рассчитанному коэффициенту Стьюдента), что может служить косвенным доказательством сложной истории формирования оруденения при схожем (в общих чертах) поведении платины и палладия в процессе рудогенеза.

Таблица 3.6

Коэффициенты корреляции МПГ и Au для пород рудопроявления Красная жила

	Pd	Ru	Au
Pt	<b>0,8067</b>	-0,3445	<b>-0,5195</b>
Pd		-0,1264	-0,4287
Ru			0,2180

Представляется интересным сравнить приведенные выше материалы с данными по месторождению Малый Каран, ввиду различной формационной принадлежности сравниваемых объектов. Как видно из диаграммы, изображенной на рис. 3.3, содержания золота и Pt/Pd отношение в породах этого месторождения, так же как и в охарактеризованном выше рудопроявлении Красная жила, отличаются значительным разбросом.

В то же время, рассчитанные коэффициенты корреляции между платиноидами и золотом для пород месторождения Малый Каран, в значительной степени отличаются от таковых, характерных для рудопроявления Красная жила (табл. 3.7), в первую очередь тем, что значимые положительные связи установлены только между рутением и золотом. Это позволяет предполагать, что процесс рудогенеза был, вероятнее всего, полигенным и «первичные взаимоотношения» между благородными металлами оказались затусшеванными.

Таблица 3.7

Коэффициенты корреляции МПГ и Au  
для пород месторождения Малый Каран

	Pd	Ru	Au
Pt	-0,2843	0,5384	0,4213
Pd		-0,249	0,4288
Ru			<b>0,6957</b>

**Месторождение Муртыкты** расположено в пределах Ильинского рудного поля и относится к золото-полиметаллической рудной формации. В пределах рудного поля известны три минерализованные зоны: Восточная, Западная и Промежуточная.

Рудную зону месторождения представляют небольшие тела, сложенные прожилковыми, прожилково-вкрапленными и жильными типами руд. Состав их варьирует от золото-пиритового, золото-сфалерит-пиритового, золото-халькопирит-сфалерит-пиритового, до золото-галенит-сфалерит-пиритового и золото-полиметаллического типов (Знаменский, 1992). Главными рудными минералами месторождения являются: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит и самородное золото (Салихов, Бердников, 1985).

Установленные нами содержания благородных металлов в породах, рудах и отдельных минералах приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Содержания МПГ и Au в породах, рудах и минералах  
месторождения Муртыкты

Тип руды	Pt	Pd	Au
Руды (весовые пробы):			
Полиминеральные руды (6)	0,58-2,40	-	1,5-76,8
Прожилковые руды	1,0	-	-
Прожилково- вкрапленные руды (2)	0,36-0,44	0,01-0,015	0,65-5,90
Рудовмещающие метасоматиты (2)	0,15-0,18	0,04-0,06	0,44-0,58

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Hpr	0,38	0,0	0,0	0,61	0,0
Sfa (2)	0,52-0,55	-	-	-	1,64-49,0
Pr (2)	0,72-0,92	-	-	-	12,3-48,0
Электрум	1,58	2,01	0,24	0,31	61,53
Gln	0,57	2,03	0,0	0,62	0,0

*Примечание:* Содержания в породах и рудах приведены в г/т, в минералах – в вес.%. Цифры в скобках – количество проб. Hpr-халькопирит, Sfa-сфалерит, Pr-пирит, Gln-галенит. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрозондовым методом.

Кроме месторождения Муртыкты, в пределах Ильинского рудного поля расположено **месторождение Ик-Давлят**, золоторудная минерализация которого аналогична минерализации месторождения Муртыкты. Она развита среди грубообломочных туффигов, кремнистых пород и диабазов контрастной субформации, а также вдоль эндо- и экзоконтактов гиповулканического тела габбродиабазов (Знаменский, 1992).

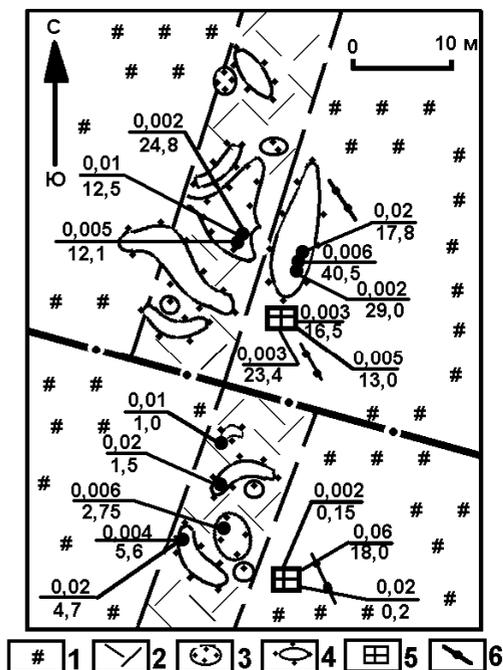
В пределах этого месторождения в двух пробах метасоматитов с густой вкрапленностью сульфидов было установлено 0,20-0,23 г/т платины, 0,06-0,15 г/т палладия и 0,24-0,30 г/т золота.

Кроме описанных выше месторождений в восточных районах Республики относительно широко распространены **золото-медно-магнетитовые** месторождения и рудопроявления, которые расположены в зоне Главного Уральского разлома в пределах Атлянско-

Юшкадинской, Мелентьевско-Вознесенской и Дунграйско-Новобайрамгуловской «полос» серпентинитового меланжа.

В 1987 году Е.А.Шумихиным было проведено изучение платиноносности отдельных объектов этого типа. Опробование проводилось в пределах Дунграйско-Новобайрамгуловской зоны на Баталинском и Ургуно-Калкановском участках, последний из которых приурочен к Ургунскому гипербазитовому массиву. На Баталинской площади были опробованы руды следующих месторождений и рудопоявлений: Баталинского, Гафартушской группы (Гафартушское-I, II и III), Янабердэ, Майдыюртовского. В пределах Ургуно-Калкановской площади изучались Улутауское месторождение и Ургунская группа месторождений.

**Рис. 3.4. Геологическая схема золото-медно-магнетитового месторождения Ургунское 1 (по Е.А.Шумихину 1987 ф).** 1-серпентиниты, 2-рудоносные зоны, 3-шурфы и карьеры, 4-отвалы, 5-рудные штабеля, 6-тела пироксен-гранатовых пород. Цифры на схеме – в числителе содержания платины, в знаменателе содержания золота (в г/т)



Как правило, оборудование приурочено к апогартцбургитовым и аподунитовым серпентинитам. В большинстве случаев сведений о форме и размерах рудных тел не сохранилось. Исключение составляют отдельные тела Баталинского, Майдыюртовского и Ургунского рудных полей. Минеральный состав руд включает в себя ксеноморфные зерна магнетита, интерстиции между которыми выполнены карбонатами

меди, халькопиритом, пирротинном, пентландитом, иногда силикатами никеля и дендритами самородной меди. Кроме этого, в рудах спорадически встречаются хромшпинелиды, гематит, пирит, кубанит, борнит и куприт. Из нерудных минералов присутствуют хризотил, хлорит и бледно-желтые гранаты (Мамедов, 1940 ф, Шумихин, 1987 ф).

Типичный объект золото-медно-магнетитовых руд и содержания в нем благородных металлов изображен на рис. 3.4. Сводная таблица содержаний благородных металлов в рудах этих месторождений и рудопроявлений, приведена ниже.

Таблица 3.9

Содержания Pt и Au в породах и рудах  
золото-медно-магнетитовых месторождений (в г/т)

Месторождение, порода	Pt	Au
<b>Карагайкульское</b> , серпентиниты с медной зеленью (25)	<u>0,004-0,007</u> 0,006	-
<b>Усть-Тау</b> , серпентиниты с медной зеленью (20)	<u>0,007-0,01</u> 0,008	(2) 1,0
<b>Баталинское</b> , медно-магнетитовые руды (17) серпентиниты с медной зеленью (13)	<u>0,004-0,005</u> 0,004	1,1
	<u>0,004-0,008</u> 0,005	
<b>Гафартушское 3</b> , медно-магнетитовые руды (13) серпентиниты с медной зеленью (3)	<u>0,002-0,004</u> 0,007	
	<u>0,006-0,008</u> 0,007	
<b>Янабердэ</b> , медно-магнетитовые руды (25) серпентиниты с медной зеленью (24)	<u>0,004-0,009</u> 0,005	
	<u>0,004-0,07</u> 0,01	
<b>Гафартушское 2</b> , медно-магнетитовые руды (6)	0,005	(4) 2,6
серпентиниты с медной зеленью (7)	<u>0,004-0,013</u> 0,009	(4) 2,2
<b>Гафартушское 1</b> , медно-магнетитовые руды (28) серпентиниты с медной зеленью (13)	<u>0,004-0,02</u> 0,008	(28) 2,7
	0,004	

Продолжение табл. 3.9

<b>Майды-Юрт,</b> медно-магнетитовые руды (32)	<u>0,004-0,2</u> 0,02	(12) 7,4
серпентиниты с медной зеленью (4)	0,02	(3) 1,2
<b>Улутауское,</b> медно-магнетитовые руды (23)	<u>0,004-0,006</u> 0,005	
<b>Ургунское 1,</b> медно-магнетитовые руды (30)	<u>0,004-0,06</u> 0,02	(24) 10,2
<b>Ургунское 2,</b> медно-магнетитовые руды (6)	<u>0,004-0,007</u> 0,005	(5) 6,8
серпентиниты с медной зеленью (19)	<u>0,004-0,006</u> 0,005	

*Примечание:* В скобках – количество анализов. В числителе – разброс значений, в знаменателе – среднее. По данным пробирного анализа. (по Е.А.Шумихину, 1987 ф)

Подводя итог характеристике платинометального оруденения (МПГ специализации пород и руд) собственно золоторудных месторождений и рудопроявлений, распространенных на территории Республики Башкортостан, необходимо акцентировать внимание на следующих моментах:

- геохимическая специализация руд и пород золоторудных объектов различной формационной принадлежности характеризуется платино-палладиевой или палладий-платиновой специализациями, которые обусловлены, по нашему мнению, конкретными механизмами рудогенеза;

- вне зависимости от типа платинометальной специализации пород и руд отдельных объектов, содержания МПГ в них позволяют предполагать, что их попутная добыча уже при современных методах обогащения будет рентабельна;

- установленные повышенные содержания МПГ в составе самородного золота из отдельных рудопроявлений и месторождений Республики Башкортостан позволяют говорить о том, что при комплексной переработке золоторудного концентрата необходимо проводить опережающие исследования для выявления возможности выделения из них платиноидов, как ценных примесных компонентов, которые по стоимостным критериям могут превосходить стоимость основного полезного компонента – золота.

## Глава 4

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

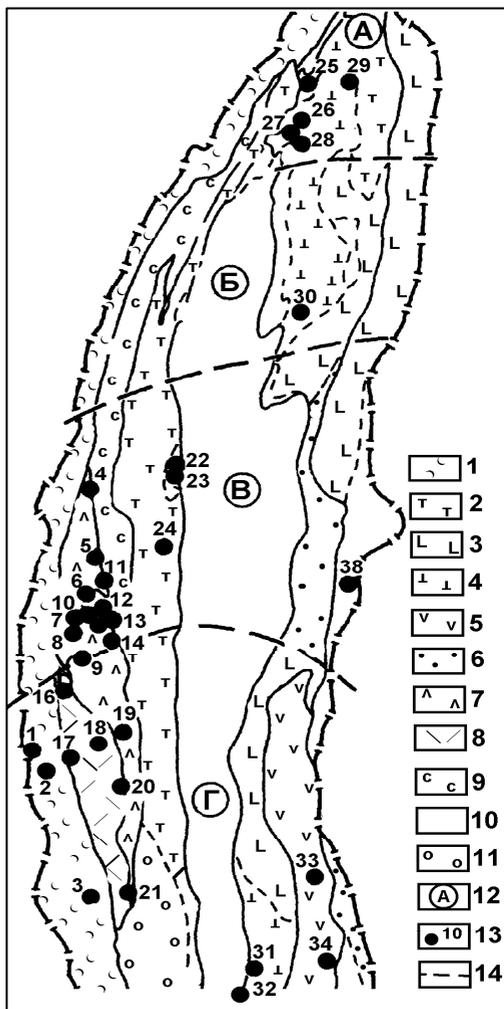
На территории Республики Башкортостан разведано 16 медно-цинковоколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений, которые составляют основу сырьевой базы цветной металлургии Урала. В четырех из них (Юбилейном, Подольском, Учалинском и Сибайском) сосредоточено 30% Cu и 47,7% Zn от общих запасов этих металлов в Уральском регионе (Хамитов и др., 1999). Большинство из известных объектов принадлежит к, так называемому, уральскому типу месторождений, который включает в себя серноколчеданную, медноколчеданную, медно-цинковоколчеданную и колчеданно-полиметаллическую рудные формации, но в большинстве случаев, имеющие преимущественно медно-цинковоколчеданный состав руд (Иванов, 1964, «Вулканогенные...», 1978, «Колчеданные...», 1979, Серавкин, 1986 и др.).

На сегодняшний день все месторождения подразделяются на несколько минералого-геохимических типов, среди которых главными являются: 1) серноколчеданные, 2) медноколчеданные, 3) медно-цинковоколчеданные, 4) медно-цинковоколчеданные с проявлениями полиметаллической минерализации, 5) колчеданно-полиметаллические с золотом, 6) барит-полиметаллические с золотом, 7) колчеданно-полиметаллические, существенно цинковые (Серавкин, 1986).

Несмотря на то, что в большинстве случаев руды месторождений являются комплексными, данные по содержаниям в них металлов платиновой группы довольно скудны. Наиболее ранние материалы по содержаниям платиноидов в колчеданных рудах Урала были опубликованы в работах Н.К. Высоцкого (1923) и О.Е.Звягинцева (1936), первый из которых указывал на возможность присутствия платины в залежах «медистого серного колчедана», а, по материалам второго автора, присутствие платины в рудах уральских сульфидных месторождений «несомненно на качественном уровне» (Волченко и др., 1994).

**Рис. 4.1. Размещение колчеданных месторождений в Магнитогорском мегасинклинории (по И.Б.Серавкину, 1986, с упрощениями)**

1-базальтовая формация (O-S); 2-базальтовая субформация базальт-риолитовой формации ( $D_2$ ); 3-базальт-андезито-базальтовая субформация андезито-базальтовой формации ( $D_2$ ); 4-непрерывная субформация базальт-риолитовой формации ( $D_2$ ); 5-джусинский комплекс базальт-андезит-дацит-риолитовой калиево-натриевой формации ( $D_2gv-D_3f$ ); 6-базальтовая формация ( $S_2(?) - D_{1-2}$ ); 7-базальт-андезито-базальт-андезит-дацит-риолитовая субформация андезито-базальтовой формации ( $D_1-D_2$  ef); 8-непрерывная субформация базальт-риолитовой формации ( $S_2-D_1$ ); 9-базальт-андезито-базальтовая субформация андезито-базальтовой формации ( $D_1-D_2$  ef); 10-образования переходной стадии ( $C_1$ ); 11-базальтовая субформация базальт-риолитовой формации ( $D_2$ ); 12-мегаблоку (А-Учалинский, Б-Магнитогорско-Верхнеуральский, В-Баймакско-Кацбахский, Г-Орско-Джусинский); 13-колчеданные месторождения (1-Ивановское, 2-Дергамышское, 3-Ишкинское, 4-Тубинская группа, 5-Куль-Юрт-Тау, 6-Уваряж, 7-Бакр-Тау, 8-Горная Байкара, 9-колчеданно-полиметаллическое, 10-Таш-Тау, 11-Таналык-Баймакское, 12-Семеновское, 13-Юлалы, 14-Туба-Каин, 15-Балта-Тау, 16-Юбилейное, 17-Бурибайское, 18-Маканская группа, 19-Подольское, 20-Мамбетовское, 21-Гайское, 22-Бакр-Узяк, 23-Южный Бакр-Узяк, 24-Сибайское, 25-Учалинское, 26-Озерное, 27-Узельгинское, 28-Молодежное, 29-Таш-Яр, 30-Александринское, 31-Иссыргужинское, 32-Западно-Ашебутацкое, 33-Джусинское, 34-Барсучий Лог, 35-Летнее, 36-Осеннее, 37-Весеннее, 38-Амурское).



В 1993 году Ю.А.Волченко с соавторами были проведены исследования по платиноносности колчеданных руд месторождений уральского типа (Волченко и др., 1994). Авторы проанализировали около 40 представительных проб руд и продуктов обогащения из наиболее крупных месторождений Южного и Среднего Урала (Гайского, Учалинского, Левихинского и Ново-Шайтанского). Аналитические работы выполнялись в институте «Уралмеханобр» (пробирно-химико-спектральным методом) и ПГО «Уралгеология» (нейтронно-активационным методом). Проведенными исследованиями установлено, что в колчеданных рудах уральского типа присутствуют все МПГ за исключением иридия, при этом ряд их убывания выглядит следующим образом: Pt–Pd–Ru–Os–Rh–Ir (Волченко и др., 1994). Палладиево-платиновая специализация, как и присутствие ощутимых количеств родия и рутения, характерна для всех типов этих руд. Суммарные содержания МПГ, по данным авторов, в рудах и концентратах изменяются от 0,1 до 1,0 г/т (наиболее обычны 0,3-0,5 г/т), а степень их платиноносности сопряжена не только с количествами меди в них, но и со степенью золотоносности. При этом, максимальные содержания платины были выявлены в концентратах и технологических продуктах с очень высокими содержаниями золота, что косвенно предполагает наличие общих форм нахождения этих металлов.

В последнее время в результате проведенных нами исследований, повышенные содержания платиноидов были установлены в целом ряде колчеданных месторождений, расположенных на территории Республики Башкортостан, что ставит вопрос о реальной возможности их попутного извлечения.

#### **Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение.**

В различное время и с разной степенью детальности изучением месторождения занимались: А.С.Бобохов, А.А.Малахов, В.А.Прокин, П.И.Пирожок, Г.Н.Пшеничный, И.Б.Серавкин, С.Е.Знаменский, В.Н.Скуратов, А.А.Чадченко и многие другие. Промышленные запасы месторождения сосредоточены в одном рудном теле. В его лежачем боку находятся прожилково-вкрапленные медные руды и мелкие линзы серноколчеданных руд. В кровле залежи выявлены маломощные линзы медноцинковых и медных руд. Минералогически основная масса руд представлена пиритом, сфалеритом и халькопиритом. В подчиненном количестве встречаются блеклые руды, галенит, гематит и магне-

тит. Из нерудных минералов – кварц, барит, карбонаты, серициты и хлориты.

Основными полезными компонентами в рудах месторождения являются медь, цинк, сульфидная сера; попутными – золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур; «вредными» – мышьяк (0,12-0,18%), сурьма (0,066-0,6%), фтор (0,005-0,01%), ртуть (4-37 г/т). Учетные содержания полезных компонентов в рудах месторождения составляют (средние значения): свинец (0,16%), молибден (105 г/т), кобальт (48 г/т), германий (2,7 г/т).

Содержания МПГ и золота в рудах, концентратах и отдельных минералах Учалинского месторождения приведены в табл. 4.1.

**Ново-Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение.** Главное рудное тело месторождения представляет собой деформированное линзовидное тело, прослеженное по простиранию на 1250 м. Руды представлены сплошными и прожилково-вкрапленными разновидностями. Главными рудными минералами являются пирит, сфалерит и халькопирит, второстепенными – блеклые руды, галенит, магнетит. Нерудные минералы представлены кварцем, баритом, карбонатом и, реже встречающимися, серицитом и хлоритом (Пшеничный и др., 1999).

Содержания основных рудообразующих элементов в рудах месторождения подвержены значительным вариациям:

-содержания *серы* колеблются от 35% до 50,27% при неравномерном распределении ее внутри залежи;

-*железо* по распространенности уступает только сере и представлено в основном в сульфидной форме;

-*цинк* наиболее распространенный элемент, также характеризуется крайне неравномерным распределением. Его содержания в рудах изменяются от долей % до 17,75%;

-*медь* также очень неравномерно распределена в пределах рудной залежи. Ее содержания колеблются в пределах от сотых долей % до 4,68%.

Из благородных металлов в рудах постоянно присутствуют *золото* и *серебро*. Содержания золота изменяются в пределах от 0,2 до 4,1 г/т, а серебра – от 1,4 до 143,4 г/т (Пшеничный и др., 1999), причем в «рудном столбе» установлены «ураганные» содержания последнего элемента (242,8 и 672,6 г/т).

Содержания платиноидов и золота в рудах, концентратах и отдельных минералах Новоучалинского месторождения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и минералах  
Учалинского и Ново-Учалинского месторождений

Тип руды, концентрат	Pt	Pt*	Au	Au*
Руды (весовые пробы)				
Медистый колчедан (4)	0,52-3,35	1,77	0,33-1,93	1,43
Медноцинковый колчедан (5)	0,42-2,19	1,08	0,43-1,29	0,79
Серный колчедан (4)	0,09-1,35	0,67	0,35-2,14	1,05
Цинковистый колчедан (3)	0,25-1,02	0,54	1,65-2,03	1,80
Технологические пробы (2)	0,24-0,84	0,52	2,44	2,44
Концентраты и хвосты (весовые пробы)				
Cu-концентрат (4)	0,37-0,76	0,55	2,0-6,12	3,64
Zn-концентрат (4)	0,12-0,48	0,33	1,44-3,08	2,49
Zn-хвосты (4)	0,36-0,80	0,51	0,01-3,04	1,48
Колл. хвосты (4)	0,32-0,64	0,43	0,48-1,84	1,16
Общие отвальные хвосты (1)	1,24	1,24	0,52	0,52
Итого хвосты (9)	-	0,55	-	1,21

#### Минералы

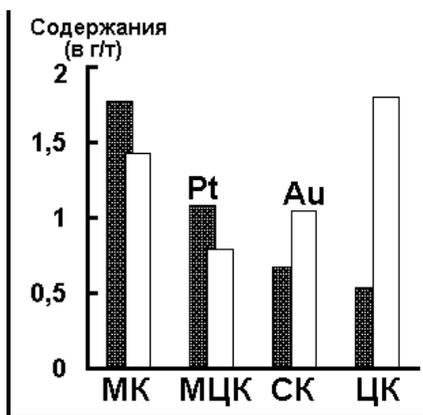
	Pt	Pd	Rh	Ir	Au	Σ МПГ
Gln	0,021	1,312	0	2,377	0	3,731
Hpr	0,010	0,513	0,47	0,671	0	1,664
Sfa	0-0,007	0,323-0,371	0-0,351	0,677-1,244	2,371-3,052	1,486
Pr	0-0,019	0,180-0,461	0,419-0,544	0-0,283	0,159-0,401	0,935

*Примечание:* Здесь и далее содержания МПГ и Au в рудах и концентратах приведены в г/т, а в минералах – в вес.%. Индексы со знаком \* – средние значения. Цифры в скобках – количество проб. Gln – галенит, Hpr – халькопирит, Sfa – сфалерит, Pr – пирит. Анализы весовых проб выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Анализы минералов выполнены микрозондовым методом.

Распределение платины и золота в различных типах руд Учалинского и Ново-Учалинского месторождений изображено на рис. 4.2. Из анализа диаграммы видно, что максимальные содержания платины сосредоточены в медных рудах, причем на-

блюдается довольно четко выраженное снижение ее количества в направлении к цинкосодержащим разновидностям руд.

**Рис. 4.2. Содержания платины и золота в различных типах руд Учалинского и Новоучалинского месторождений**  
МК-медистый колчедан, МЦК-медно-цинковый колчедан, СК-серный колчедан, ЦК-цинковистый колчедан



**Сибайское медно-цинковоколчеданное месторождение.** Открытое в начале XX века месторождение изучалось многочисленными исследователями. В частности, его геологическое строение с различной степенью детальности было описано в работах С.Н.Иванова, К.Д.Субботина, В.А.Прокина, В.В.Маслова, М.Б.Бородаевской, А.С.Бобохова, В.С.Шарфмана, В.Г.Шигарева, А.Г.Жабина, И.Б.Серавкина и многих других. Минеральный состав руд и рудовмещающих пород изучали А.Н.Заварицкий, С.Н. Иванов, С.А.Вахромеев, Н.В.Петровская, Г.Н.Пшеничный, М.И. Исмагилов, С.Ш.Юсупов, Д.Н.Салихов и др.

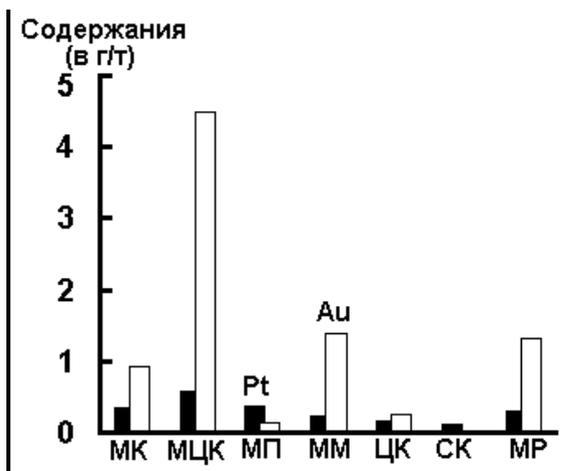
В пределах месторождения выделяются три блока: Старый Сибай, Новый Сибай и Слепая залежь. В пределах Старого Сибая известны два типа рудных тел: согласные залежи брекчиевидных и массивных руд и жилообразные тела массивных и вкрапленных руд. На месторождении присутствуют пиритовые, халькопирит-пиритовые, сфалерит-халькопирит-пиритовые и сфалерит-пиритовые разновидности руд. Основными рудообразующими минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит; второстепенными – пирротин, мельниковит, магнетит. Из нерудных минералов в руде присутствуют кварц, кальцит, гипс, барит, хлорит, серицит и др. (Серавкин, 1986).

Для руд месторождения характерна глубокая дифференциация по составу, текстурам и структурам. Здесь присутствуют

как мономинеральные пиритовые, пирротиновые и магнетитовые руды, так и полиминеральные сфалерит-халькопирит-пиритовые и халькопирит-сидерит-пирит-пирротиновые.

**Рис. 4.3.** Содержания платины и золота в различных типах руд Сибайского месторождения.

МК-медистый колчедан, МЦК-медно-цинковый колчедан, МП-медно-пирротиновая руда, ММ-медно-магнетитовая руда, ЦК-цинковистый колчедан, СК-серный колчедан, МР-магнетитовая руда.



Наряду с основными полезными компонентами – медью, цинком и серой, в рудах присутствуют: селен (12,3-56 г/т), теллур (19,9-54 г/т), кадмий (953-1500 г/т) и таллий (0,4-7 г/т). Кроме этого, в качестве примесей руды содержат: золото, серебро, свинец, мышьяк, ртуть, кобальт, молибден и др.

По нашим данным, в рудах, концентратах и отдельных минералах Сибайского месторождения фиксируются повышенные содержания металлов платиновой группы и золота (табл. 4.2).

В распределении платины по различным разновидностям руд Сибайского месторождения какие-либо закономерности отсутствуют. Ее количественные значения в общем близки между собой и некоррелируются с содержанием золота.

**Медно-цинковоколчеданное месторождение Бакр-Узяк** расположено в Сибайском рудном районе (рис. 4.1). Его минералого-геохимические характеристики близки к вышеописанному Сибайскому месторождению. Содержания платины и золота в рудах этого объекта приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.2

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах  
и минералах Сибайского месторождения

Тип руды	Pt	Pt*	Au	Au*
Руды (весовые пробы):				
Медистый колчедан (7)	0,0-1,0	0,35	0,84- 1,44	0,92
Медноцинковый колчедан (6)	0,0-1,88	0,59	2,20-6,80	4,50
Серный колчедан (2)	н.о-0,24	0,12	0,0	0,0
Цинковый колчедан (1)	0,16	0,16	0,25	0,25
Медно-пирротиновая руда (3)	0,19-0,68	0,36	0,0-0,29	0,13
Медно-магнетитовая руда (3)	0,0-0,62	0,24	0,12-0,64	1,38
Магнетитовая руда (2)	0,002- 0,62	0,31	0,0-2,64	1,32
Концентраты и хвосты (весовые пробы):				
Cu-концентрат (2)	н.о-0,80	0,25	2,14	2,14
Zn-концентрат (2)	н.о- 0,006	0,0	-	-
Пиритовый концентрат	н.о-0,01	0,0	-	-
Cu-пиритовый продукт (1)	н.о	0,0	-	-
Хвосты обогащения (4)	0,22-2,19	0,97	0,62-1,21	0,84
Глины зоны окисления (1)	0,16	0,16	2,84	2,84
Шлак металлург. (1)	1,13	1,13	0,90	0,90

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Gln	0,53-1,17	1,41-3,62	1,67	0,19	0,0-1,03
Hpr	0,010	0,513	0,47	0,671	0
Sfa	0,0	0,0-0,57	0,14	1,328	0,0-1,67
Pirr	0,0-0,02	0,09-0,46	0,04-0,13	0,0-0,42	0,0
Pr	0,0-0,38	0,0-0,26	0,26	0,0	0,0-1,25
Mgt	0,40-0,62	-	-	-	0,31-2,64
Cu+Zn	0,03	0,03	0,0	0,0	3,22

*Примечание:* Gln-галенит, Hpr-халькопирит, Sfa-сфалерит, Pirr-пирротин, Pr-пирит, Mgt-магнетит, Cu+Zn-цинкистая медь. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Анализы минералов выполнены микрозондовым методом.

Таблица 4.3

Содержания МПГ и Au в рудах и минералах  
месторождения Бакр-Узак

Тип руды	Pt	Pt*	Au	Au*
Руды (весовые пробы):				
Медно-цинковый колчедан	0,22	0,22	2,90	4,50
Смешанного состава (7)	0,12-2,64	0,72	0,1-0,49	0,30
Цинковый колчедан (1)	0,16	0,16	0,25	0,25
Руды окисленные (весовые пробы):				
Окислы Cu, Fe, сульфиды первичные и вторичные, карбонаты, сульфаты (4)	0,24-0,84	0,55	0,04-17,6	5,86

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Халькопирит	0,541	0,196	0,0	0,0	0,059
Пирит	2,019	0,0	0,0	0,527	1,544
Медь самород.	0,861	0,0	0,004	0,198	0,814
Магнетит	0,759	0,0	0,0	0,0	0,673
Ковеллин	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микронзондовым методом.

**Подольское медно-цинковоколчеданное месторождение** приурочено к южной части Ирэндикской структурно-формационной зоны, в пределах которой распространены базальт-андезит-липаритовые вулканические комплексы раннедевонско-эйфельского возраста. Его изучением в различное время и с различной степенью детальности занимались В.А.Прокин, Ю.А.Болотин, И.Б.Серавкин, М.И.Исмагилов, А.М.Косарев и многие др. На месторождении выделяют 5 рудных тел, сложенных прожилково-вкрапленными и массивными разновидностями. Главными рудными минералами являются: пирит, мельниковит, сфалерит, халькопирит; второстепенными – галенит, марказит, германит, самородное золото, куприт и др. Нерудные минералы представлены кварцем, баритом, кальцитом, хлоритом, серицитом. На месторождении выделяются пиритовые, халькопирит-пиритовые и сфалерит-халькопирит-пиритовые типы руд. Типоморфными элементами их являются: медь, цинк, свинец, серебро, мышьяк, молибден, кобальт, барий. Полный комплекс

элементов (Cu, Zn, Pb, Ag, Co, Mo, As, Sn, Bi, Cd) наблюдается вблизи рудного тела, где содержания меди (0,2%), цинка (0,09%) и мышьяка (0,003%) максимальны. В лежащем боку тела установлены кобальт (0,001%) и молибден (0,007%). В надрудной зоне концентрируются барий (0,09-0,5%), свинец (0,0015-0,003%) и серебро (0,0001-0,002%). Определенные содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и отдельных минералах Подольского месторождения приведены в таблице 4.4.

**Октябрьское медно-цинковоколчеданное месторождение** расположено в Хайбуллинском районе РБ. Его изучением в различное время занимались И.С.Анисимов, А.М.Косарев, П.Ф.Сопко, И.Б.Серавкин, Д.А.Малахов, Г.Н.Пшеничный, В.Н. Скуратов и др.

Таблица 4.4

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и минералах Подольского и Октябрьского месторождений

Тип руды	Pt	Pd	Au	Au*
Руды (весовые пробы):				
Медный колчедан (2)	0,10-0,92	-	0,50-2,52	1,51
Cu-Zn колчедан	0,12	0,025	-	-
Концентраты и хвосты (весовые пробы):				
Cu-концентрат (4)	0,32-1,09	-	1,65-19,7	10,7
Хвосты (4)	0,06-1,36	-	0,45-0,80	0,62
Минералы:				
	Pt	Pd	Ir	Au
Hpr	0,0	-	-	0,0
Sfa (2)	0,421-2,238	-	2,159-2,933	2,6-3,648-
Pr	0,796	-	-	0,0
Bg	0,0	-	-	0,0
Au	0,0	3,04	-	75,40

*Примечание:* Hpr-халькопирит, Sfa-сфалерит, Pr-пирит, Bg-борнит, Au-самородное золото из надрудной зоны. Au\*-средние значения. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрондовым методом.

По материалам И.Б.Серавкина (1975), Октябрьское месторождение приурочено к кальдере Маканского стратовулкана, которая расположена в пределах одноименной мульды. Геоло-

гический разрез площади представлен тремя толщами (снизу вверх): 1) базальт-андезит-базальтовой (более 900м); 2) вулканогенно-осадочной (130-280 м); 3) андезит-дацитовый (100-170 м). К настоящему времени в пределах рудного поля выявлено 67 рудных тел различной мощности, которые представлены тремя сортами промышленных типов руд: серно-колчеданный, медный и медно-цинковый.

Содержания металлов платиновой группы и золота в рудах, концентратах и отдельных минералах Октябрьского месторождения приведены в таблице 4.4.

**Юбилейное медно-цинковоколчеданное месторождение** расположено в 25 км к северо-западу от Подольского месторождения. Первые геологоразведочные работы на объекте проводились под руководством В.А.Прокина. Кроме этого, изучением геологии месторождения занимались В.М.Рудаков, Н.Н.Солодкий, М.Н.Долгий, А.И.Кривцов, И.Б.Серавкин, А.А.Малахов, Ю.А.Болотин, Е.С.Контарь и многие другие.

Объект приурочен к базальтовой депрессии, перекомпенсированной кислыми вулканитами. В продуктивном разрезе выделяются следующие толщи: 1) нижняя базальтовая; 2) нижняя риодацитовая, сменяющаяся по простиранию андезитодацитовой; 3) средняя базальтовая; 4) верхняя риодацитовая; 5) верхняя базальтовая (Контарь, Либарова, 1997). Само месторождение представлено шестью залежами, состоящими из пиритовых, халькопиритовых и сфалерит-халькопирит-пиритовых разновидностей руд, залегающих на разных уровнях продуктивного разреза. Содержания благородных металлов в породах и рудах, его слагающих, приведены в таблице 4.5.

Определенный интерес представляет распределение МПГ и золота в разновидностях руд Юбилейного месторождения (рис. 4.4). Как видно из анализа этой гистограммы, максимальные содержания платины и палладия приурочены к пиритовым рудам при приблизительно равных количествах обоих элементов и несколько пониженном (по сравнению с другими разновидностями руд) количестве золота. В медных разновидностях руд резко увеличивается количество золота при снижении суммы МПГ, но их соотношения между собой (платины и палладия) сохраняются. В полуокисленных медно-цинковых разновидностях руд, золото составляет свыше 90% от суммы благородных металлов.

Таблица 4.5

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах  
и минералах Юбилейного месторождения

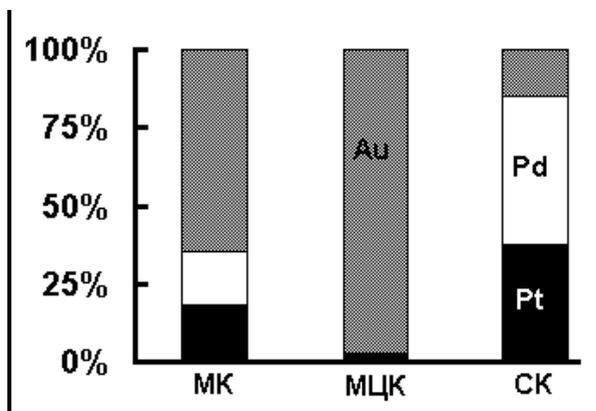
Тип руды	Pt	Pt*	Au	Au*
Руды (весовые пробы):				
Медный колчедан: Pt (2) Pd (1)	0,19-0,94 0,29	0,56 0,39	0,88-1,84	1,25
Медно-цинковый колчедан: Pt (6) Pd (3)	0,14-2,0 0,05-0,07	0,53 0,06	0,60-4,20 -	1,59 -
Серный колчедан: Pt (1) Pd (1)	2,0 17,0	2,0 17,0	<1,0 -	<1,0 -
Песчаники, пески и глины: Pt (28) Pd (9) Au (9)	0,09-0,64 0,03-0,08	0,22 0,04	0,26-1,08	0,51
То же, иловая фракция: Pt (2) Pd (2)	0,25-0,56 0,068-0,38	0,40 0,22	0,28-0,48	0,35
Концентраты (весовые пробы):				
Медный концентрат (2)	0,18-0,30	0,24	4,24	4,24

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Gln (2)	0,94-1,46	1,12-1,49	-	-	0,71-1,37
Trt (1)	0,321	0,556	-	-	-
Hз (2)	0,0-0,73	0,27-0,39	-	-	0,0
Hпр (2)	0,0-0,021	0,08-0,51	-	-	0,0
Sfa (1)	0,355	0,0	-	-	-
Zn (1)	0,383	0,0	0,0	2,75	4,895
Pr (2)	0,0-0,59	0,0	-	-	-
Pr* (1)	1,0	0,086	-	-	-

*Примечание:* Цифры в скобках – количество проб. Gln-галенит, Trt-тетраэдрит, Hз-халькозин, Hпр-халькопирит, Sfa-сфалерит, Zn-самородный цинк, Pr-пирит, Pr\*-пирит из надрудных глин. Au\*, Pt\*-средние значения. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микронзондовым методом.

**Рис. 4.4.** Гистограмма распределения МПГ и Au в различных типах руд Юбилейного месторождения  
 МК-медный колчедан, МЦК-полуокисленные медно-цинковоколчеданные руды, СК-серный колчедан



**Месторождение Таш-тау** представляет собой рудоносную зону, прослеженную на 1,5 км, которая подразделяется на три участка: Южный, Центральный и Северный, значительно отличающиеся геологическим строением и составом руд.

Южный участок состоит из двух рудных тел и двух небольших рудных линз. Более половины объема руды представлено сплошным медистым колчеданом с высокими содержаниями меди (7,22%) и цинка (1,55%). Все рудные тела залегают среди туфов кислого состава согласно со слоистостью, а основной объем вмещающих пород на месторождении занимают гематитизированные андезибазальты и прорывающие их крупнопорфировые кварцевые риодациты, последние из которых образуют сложную субвулканическую постройку (Серавкин и др., 2001).

Северный Таш-тау состоит из трех рудных тел сложной формы, основное из которых полого залегает в восточной части месторождения. На участке преобладают густовкрапленные руды полиметаллического состава, причем верхнее рудное тело (№ 3) сложено преимущественно сфалеритом. В других рудных телах также цинк (4,69%) преобладает над медью (2,9%). Кроме этого для руд характерны повышенные содержания золота (Серавкин и др. 2001). Полученные нами материалы по содержаниям МПГ и Au в рудах, концентратах и минералах этого объекта приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах  
и минералах месторождения Таш-гау

Тип руды	Pt	Pd	Au
Руды (весовые пробы):			
Медный колчедан (2)	0,52-0,60	-	7,12-18,8
Cu-Zn-колчедан (4)	0,20-0,66	0,08	3,24-10,4
Cu-Zn-колчедан (3)*	0,002-1,2	0,003-0,25	-
Концентраты и хвосты (весовые пробы):			
Cu-концентрат (4)	0,07-1,22	0,20	3,46-9,28
Cu-концентрат (2)**	0,2-<1,0	0,006-18,0	4,0
Rh	0,5		
Ir	2,0		
Ru	<0,2		
Хвосты Cu-флотации (3)	0,22-2,19	0,009-0,48	0,90-2,32

Минералы:

	Pt	Pd	Au
«Таштауит» (2)	3,52-5,62	5,62-11,99	0,0-1,03
Галенит (3)	0,0-0,73	1,01-1,77	0,0-0,19
Халькопирит (2)	0,0-0,055	-	0,0
Халькопирит***	0,37	-	14,08
Сфалерит (7)	0,0-1,33	0,0-0,44	0,0-3,21
Сфалерит***	0,40	-	41,9
Пирит (2)	0,0-0,85	0,0	0,05-0,69
Пирротин	0,31	-	0,37

*Примечание:* В «таштауите» кроме этого содержатся Cd, In, и Ag в количестве 70-75%. Содержания со знаками: \* - выполнены в лаборатории г. Норильска; \*\* - в лаборатории ГИРЕДМЕТа и Кыштымского завода (по материалам Б.С.Чернецова); \*\*\* - атомно-абсорбционным методом в г/т. Остальные анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микронзондовым методом.

**Барит-полиметаллическое (золото-колчеданно-полиметаллическое) месторождение Бакр-гау** расположено в Баймакском районе Республики Башкортостан. Оно приурочено к небольшой брахиантиклинальной структуре, представляющей собой сильно деформированную вулканическую постройку центрального типа (Серавкин, 1986). Геологический разрез месторождения представлен следующими породами (снизу вверх): 1) экс-

трузивные кварцевые риолитовые (?) порфиры (до 200 м); 2) слоистый горизонт, представленный переслаиванием алевритовых, пелитовых, псаммитовых и лапиллиевых туфов, тефроидов кислого и смешанного составов, а также кремнистых туффигов (40-50 м); 3) андезито-базальтовые порфириты и диабазы с прослоями туфов основного состава (до 100 м); 4) вулканические брекчии дацитового и андезито-базальтового состава, которые в верхах сменяются горизонтом яшмовидных кремнистых туффигов с переменной мощностью до 100 м (Серавкин, 1986).

Таблица 4.7

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и минералах Бакр-тауского месторождения

Тип руды	Pt	Pd	Rh	Au
Руды (весовые пробы):				
Медно-цинковая руда (3)	0,22 н/о- 0,002*	- 0,02-0,03*	- н/о- 0,002*	2,90 -
Концентраты (весовые пробы):				
Сu-концентрат (3)	н/о-<0,80	0,03-<1,0	н/о-<0,03	9,8-12,5
Zn-концентрат	н/о	0,03	н/о	-
Сu-пиритовый продукт	0,005	0,015	0,003	-
Пиритовый концентрат	н/о	0,02	0,01	-
Пески III стадии измельчения	0,008	0,08	0,002	-

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Gln	2,266	1,090	0,0	3,389	0,411
Hpr	0,125	0,0	0,189	0,752	0,396
Sfa	0,999	0,0	0,0	2,915	1,807
Pirr	0,009	0,294	0,0	0,0	0,0
Zn	0,021	0,0	0,0	1,518	4,170
Электрум Pb-Pd	0,001	1,592	-	-	25,271

*Примечание:* Gln-галенит, Hpr-халькопирит, Sfa-сфалерит, Zn-самородный цинк. В свинцово-палладистом электруме кроме этого содержится 21,94% Ag и 39,1% Pb. Цифры со знаком \* – данные Б.С.Чернецова (БМСК). Анализы выполнены атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрозондовым методом.

На месторождении известно 3 рудных тела, первые два из которых сложены преимущественно массивными цинково-медными рудами, а третье – прожилково-вкрапленными, полиметаллическими, цинковыми и барит-полиметаллическими рудами. Главными рудными минералами являются сфалерит, халькопирит, галенит и пирит; второстепенные – халькозин, борнит, ковеллин и др. Реже встречаются самородные золото и серебро, молибденит, германит и др. Нерудные минералы представлены баритом, кварцем, хлоритом, кальцитом и серицитом.

Полученные нами материалы о содержаниях МПГ и Au в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 4.7.

**Восточно-Семеновское барит-полиметаллическое (золото-колчеданно-полиметаллическое) месторождение** расположено в Баймакском районе Республики и представлено двумя участками: Ново-Семеновским и Восточно-Семеновским. Залегает в рассланцеванных породах верхней толщи баймак-бурибаевской свиты. Разрез месторождения слагают (снизу вверх): 1) дацитовые, андезито-дацитовые и андезитовые порфириты, их лавовые брекчии и кластолавы, туфы смешанного состава (350-500 м); 2) туфы смешанного состава, сложенные обломками диабазов, диабазовых порфиритов дацитовых и риолито-дацитовых порфириров, плагиогранитов, с подчиненными эффузивными потоками дацитовых и андезитовых порфиритов (150-200 м); 3) дацитовые порфириты (300-400 м) (Серавкин, 1986).

Рудные тела Ново-Семеновского участка представляют собой серию маломощных (5-10, редко до 18 м) этажно расположенных линз преимущественно вкрапленных руд, образующих в целом структуру типа воронки.

На месторождении преобладают вкрапленные баритсодержащие полиметаллические руды, сложенные сфалеритом, пиритом, халькопиритом и галенитом. Нерудные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом, кальцитом, баритом, известково-бариевым цеолитом, ангидритом, гипсом, эпидотом и флюоритом (Серавкин, 1986).

Ранее проведенными работами в рудах месторождения были установлены повышенные содержания золота и серебра.

Определенные нами содержания металлов платиновой группы и золота в рудах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Содержания МПГ и Au в рудах и минералах  
Восточно-Семеновского месторождения

Тип руды	Pt	Pt*	Au	Au*
Руды (весовые пробы):				
Метасоматиты с прожил.-вкрапл. сульфидами (3)	0,23-1,16	0,71	0,44-8,33	3,40

Минералы:

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Пирит (2)	0,0-0,66	0,0	0,0-0,271	0,0	0,159-0,651
Электрум (3)	0,0-0,48	0,90-2,0	0,0-0,20	0,0-1,52	61-21-63,75
Pb	1,577	2,37	0,34	2,27	0,232
Cu	0,0	0,0	0,0	0,33	0,0

*Примечание:* Pb-самородный свинец, Cu-самородная медь. Pt\*, Au\* – средние содержания. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрондовым методом.

**Уваряжское (золото-колчеданно полиметаллическое) месторождение** по геологическому строению, характеру оруденения и минералого-петрографическим типам руд близко к описанным выше Бакр-таускому и Восточно-Семеновскому. Проведенными исследованиями в различных типах руд этого месторождения атомно-абсорбционным методом по единичным пробам было установлено: в медно-колчеданных – 0,70 г/т Pt и 12,4 г/т Au; в цинковоколчеданных – 0,72 г/т Pt и 5,44 г/т Au; в медно-цинковоколчеданных – 0,60 г/т Pt и 21,04 г/т Au.

**Барит-полиметаллическое (золото-колчеданно-полиметаллическое) месторождение Балта-Тау.** Месторождение расположено в Баймакском районе Республики и залегает в экстрезивных породах, прорывающих отложения ирендыкской свиты вблизи их контакта с баймак-бурибаевскими образованиями. Оно представлено двумя залежами – Центральной и Юго-Восточной. На месторождении преобладают прожилково-вкрапленные полиметаллические руды, сложенные сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой, пиритом и галенитом.

Второстепенные рудные минералы представлены самородным золотом и серебром, молибденитом, германитом, борнитом и др.

Среди нерудных минералов установлены кварц, серицит, известково-бариевый цеолит, кальцит, магнизиальный хлорит, клиноцоизит, барит и стильбит (Серавкин, 1986).

Определенные нами содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах  
и минералах Балта-гауского месторождения

Тип руды	Pt	Pd	Au
Руды (весовые пробы)			
Медный колчедан (2)	0,12-0,35	0,07	0,47-1,28
Медно-цинковая руда	0,19	0,07	3,08
Окисленная руда (2)	0,40-1,10	-	7,60-11,52

Минералы

	Pt	Pd	Rh	Ir	Au	Ag
Hpr	0,108	0,0	0,0	0,702	0,396	0,019
Pt*	0,345	0,0	0,35	0,587	0,599	-
Au*	0,0	2,934	0,0	0,0	70,696	21,86
Электрум (3)*	0,0- 0,006	2,057- 3,798	0,0	0,0- 1,369	55,501- 60,793	20,60- 35,66
Hз (2)	0,0- 1,318	0,0	0,0	0,0- 0,656	0,431- 0,601	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	2,866	0,0	-
Fe-Cr	1,211	0,0	0,0	0,818	1,432	-

*Примечание:* Hpr-халькопирит, Pt-пирит, Au-самородное золото, Hз-халькозин, Pb-самородный свинец, Fe-Cr-феррохромит. Данные со знаком \* – минералы зоны окисления. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микронзондовым методом.

К этому же своеобразному подтипу (золото-колчеданно-полиметаллическому) колчеданно-полиметаллического типа относятся **месторождения Майское и Юлалинское** (Сопко, 1977).

Нами были определены содержание благородных металлов в основных рудных минералах последнего объекта. Полученные результаты приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Содержания благородных металлов  
в рудных минералах Юлалинского месторождения (вес.%)

Минерал	Pt	Pd	Rh	Ir	Au
Галенит (6)	0,583- 1,855	0,142- 3,211	2,284	1,390	0,0- 0,912
Халькопирит (2)	0,0-0,576	0,0	0,0	0,613	0,0
Сфалерит (3)	0,0	0,0- 0,165	0,0	0,765	0,0- 0,48
Теннантит (2)	0,452- 0,463	0,0	0,0	0,238- 0,560	0,586- 0,617
Пирит	0,0	0,0	-	-	-
Медь самородная	0,054	0,0	0,0	0,923	-

*Примечание:* Содержания в минералах определены микронзондовым методом.

Для проведения сравнительного анализа распределения благородных металлов в рудах было проведено опробование ряда месторождений колчеданной формации, некоторые из которых расположены за территорией Республики Башкортостан (в пределах Челябинской области). Полученные результаты приведены в таблице 4.11.

В 1994 году при изучении распространенности платиновых металлов в колчеданных рудах уральского типа Ю.А. Волченко с соавторами было установлено, что степень их платиноносности сопряжена с золотоносностью (Волченко и др., 1994). На основании этого авторы высказывают предположение о наличии общих форм нахождения этих металлов. Нами аналогичным образом были проанализированы материалы по колчеданным объектам, расположенным в пределах Республики Башкортостан (рис. 4.5). Выявленная закономерность абсолютно идентична установленной Ю.А. Волченко и др. Это может свидетельствовать о том, что данная закономерность является характерной чертой колчеданных месторождений, а взаимозависимости между золотом и металлами платиновой груп-

пы в рудах этой формации обусловлены не только общими формами нахождения этих элементов, но и близкими условиями их перераспределения в рудном процессе и/или при вторичных изменениях.

Таблица 4.11

Содержания Pt и Au в рудах, концентратах и хвостах из отдельных месторождений Южного Урала (в г/т)

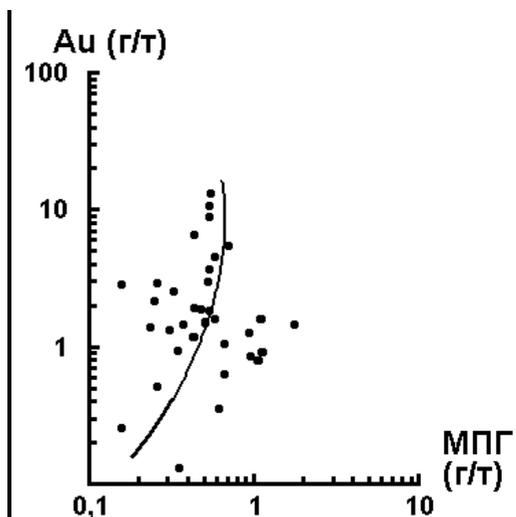
Тип руды, концентрат	Pt	Au
Узельгинское месторождение		
медно-цинковая руда	0,20	1,20
медный концентрат (2)	0,30-0,36	0,96-3,92
цинковый концентрат	0,12	3,68
хвосты медной флотации (2)	0,44-0,68	0,84-1,28
коллективные хвосты	0,48	0,92
месторождение XIX партсъезда		
цинковый колчедан	0,40	12,3
Молодежное месторождение		
медный концентрат	0,18	2,52
хвосты цинковой флотации	0,80	2,32
коллективные хвосты	0,38	0,48
Александринское месторождение		
цинковый колчедан	0,34	2,36
Гумеровское месторождение		
вмещающие метаморфические сланцы с вкрапленностью сульфидов (4)	0,16-0,23	0,08-0,50
Караяновское рудопроявление		
медно-пирротиновые руды	0,50	0,07
экологит с сульфидной вкрапленностью	0,36	0,12
Юлукское месторождение		
медный колчедан	1,82	1,91

*Примечание:* Во вмещающих сланцах Гумеровского месторождения и экологитах Караяновского рудопроявления, кроме этого, обнаружен палладий в количестве 0,3-0,16 и 0,13 г/т соответственно.

Так как в процессе изучения платиноносности колчеданных месторождений РБ были получены значительные материалы по

содержаниям МПГ и золота в рудных (в первую очередь сульфидных) минералах, то представляется интересным проанализировать распределение этих элементов между различными минеральными фазами. Как видно из диаграммы, изображенной на рис. 4.6, максимальные содержания элементов платиновой группы концентрируются в галените при относительно небольшом разбросе (в интервале  $\sim 1,5\%$ ) в содержаниях золота.

**Рис. 4.5.** Диаграмма зависимости содержания суммы МПГ от содержания золота для колчеданных руд и продуктов их обогащения Республики Башкортостан.



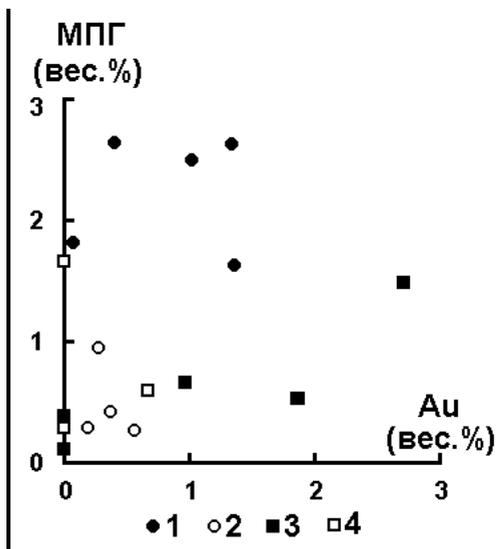
Наибольший разброс как по содержаниям МПГ (0,11-1,49 %), так и золота (0-2,71%), характерен для сфалерита, в котором установлены максимальные концентрации Au и минимальные элементов платиновой группы. Халькопириты руд колчеданных месторождений отличаются большим разбросом в содержаниях платиноидов (0,3-1,66%) при относительно слабых (по сравнению с галенитом и сфалеритом) вариациях золота (0-0,67%). Специфическое положение на диаграмме занимают анализы пиритов. Для них характерно расположение в виде локального компактного поля, которое приурочено к нижней части диаграммы, характеризующееся (по усредненным значениям) стабильно минимальными содержаниями элементов платиновой группы (0,27-0,95%) и золота (0,19-0,56%).

Ранее очень близкие результаты были получены О.Е. Звягинцевым (1936). В частности, в минералах из колчеданных руд Шамлугского месторождения им было установлено, что максимальные содержания платины присутствуют в галенитах (1,0-2,0

мг/кг, халькопиритах (до 1 мг/кг) и в сфалеритах (до 0,4 мг/кг), в то время как в пирите значимых содержаний получено не было. Близкая картина распределения платины характерна и для минералов Шаумянского месторождения (галенит-5мг/кг, сфалерит-1,5 мг/кг, пирит-0,5 мг/кг).

**Рис. 4.6.** Содержания золота и металлов платиновой группы в рудных минералах колчеданных месторождений.

1-галенит, 2-пирит, 3-сфалерит, 4-халькопирит.



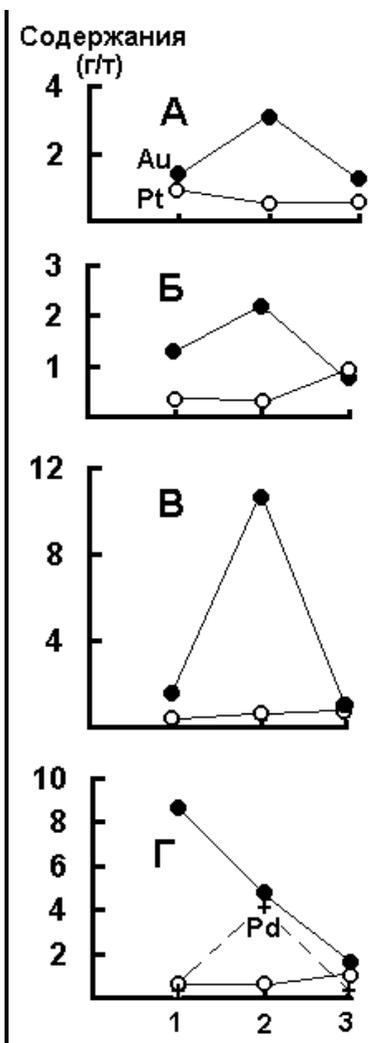
Таким образом эти закономерности в содержаниях МПГ в отдельных минералах, вероятнее всего, являются характерными для колчеданных руд.

Интересные результаты получаются, если мы попробуем изучить поведение платины в технологическом процессе обогащения колчеданных руд. На рис. 4.7 представлена серия диаграмм, на которых показаны содержания платины и золота в рудах, концентратах, хвостах и отвалах Учалинского, Сибайского, Октябрьского и Таш-тауского месторождений. На всех диаграммах четко видно, что в процессе обогащения (от руд к концентратам) содержания золота возрастают, в то время как содержания платины либо уменьшаются, либо остаются на том же уровне. Данная ситуация логически завершается тем, что в хвосты и отвалы золото поступает в меньших количествах, а содержания платины в отвалах увеличиваются. Если исходить из этого материала, то мы должны признать, что современный технологический процесс обогащения колчеданных руд ведет к тому, что большая часть платины концентрируется в отвалах и хвостах.

Рис. 4.7. Содержания благородных металлов в колчеданных рудах (1), концентратах (2) и хвостах и отвалах (3) Учалинского (А), Сибайского (Б), Октябрьского (В) и Таш-тауского месторождений

Для того, чтобы понять причину этого явления, необходимо более подробно остановиться на формах нахождения платиноидов в сульфидах. Приведенный выше материал (см. Главу 1) показывает, что элементы платиновой группы могут содержаться в сульфидах в довольно значительных количествах, но в то же время вопрос о их минеральной форме (собственные минеральные фазы либо изоморфная примесь) остается открытым. Вернее следует сказать, что имеет место и тот и другой случаи, но пределы растворимости отдельных платиновых металлов варьируют в широком интервале (см., например, Дистлер и др., 1988).

В то же время О.Е. Звягинцев приходил к выводам о том, что платина в сульфидах находится не в форме железистых соединений, а либо в виде сульфидных и мышьяковистых соединений, либо в виде немагнитной металлической платины, образующей особые минералы. Во всяком случае возможность изоморфной смеси платины с сульфидами железа, цинка, свинца и меди исключена (Звягинцев, 1936).



Д.А.Додиным с соавторами на основании расчетов поминеральных балансов МПГ в рудах сульфидного платина-палладиевого типа было установлено, что платина и около 50% палладия образуют, как правило, макро- и микроминеральные зерна собственных минералов, а родий, иридий, осмий и остальная часть палладия рассеяны в сульфидах в наноминеральной и изоморфной формах (Додин и др., 1994, «Платина...», 1999).

Таблица 4.12

Содержания платины, палладия и золота  
в пробах различной размерности (в г/т)

Месторождение, состав пробы	Pt	Pd	Au
<b>Подольское</b> , медно-цинковый колчедан	0,12	0,03	-
То же, иловая фракция	0,35	-	2,92
<b>Балта-тау</b> , медно-цинковый колчедан	0,12	0,07	-
То же, иловая фракция	0,19	0,07	3,08
<b>Балта-тау</b> , концентрат	0,21	-	32,8
То же, валовая, охристо-глинистая	1,10	-	7,60
<b>Ивановское</b> , пирротиновая руда, валовая	0,54	-	-
То же, иловая фракция	1,63	0,15	0,72
<b>Худолозовская площадь</b> , бурый железняк	0,24	-	0,92
То же, иловая фракция	0,86	-	0,72
<b>Худолозовская площадь</b> , бурый железняк	0,16	-	0,30
То же, иловая фракция	0,21	-	1,08
<b>Юбилейное</b> , железистый песчаник, валовая	0,44	-	0,50
То же, железистый песчаник	0,56	0,38	0,28
То же, иловая фракция	0,60	-	0,50
<b>Юбилейное</b> , железистый песчаник, валовая	0,19	0,04	0,70
То же, иловая фракция	0,25	0,07	0,48
<b>Никольская площадь</b> , железистый песчаник, валовая	0,29	-	-
То же, иловая фракция	0,62	0,05	0,26
<b>Новопетровская площадь</b> , железистый песчаник	0,47	0,18	-
То же, иловая фракция	0,52	0,02	0,22
<b>Переволочанское</b> , бокситовая глина	0,33	-	0,21
То же, иловая фракция	0,46	0,03	0,42

*Примечание:* Анализы выполнены атомно-абсорбционным и спектрохимическими методами

Высокий (до 95%) уровень содержания в сульфидных рудах микро-, наноминеральной и изоморфной форм МПГ при несовершенной технологии приводит к переводу значительного их количества в хвосты и другие промышленные продукты.

Установлено, что большая часть МПГ в Норильском техногенном (отвалы и хвосты) платинометальном месторождении находится в макро-(75-81 мкм), микро- и тонкоминеральной формах, что обусловлено их природной кристаллизацией в виде тонких включений в минералах-хозяевах (Додин и др., 2000). Именно поэтому лишь часть таких зерен переходит в тонкий класс, а остальные остаются нераскрытыми, что обуславливает низкие показатели их извлечения в гравитационный концентрат. Вероятнее всего в рудах колчеданных месторождений платиноиды содержатся в аналогичных формах, естественно с поправкой на Уральский формационно-генетический тип месторождений. Косвенным подтверждением этого служит то, что если мы проанализируем материалы по содержаниям МПГ и золота в зависимости от крупности проб (табл. 4.12), то обнаружим, что в иловых фракциях их содержания стабильно высокие.

Подводя итог характеристике платиноносности колчеданных месторождений, расположенных на территории Республики Башкортостан, необходимо акцентировать внимание на следующем:

- практически во всех изученных месторождениях и рудопроявлениях установлены повышенные содержания МПГ, представленные, в первую очередь, платиной и палладием, что в целом формирует палладий-платиновую специализацию колчеданных руд;

- изучение распределения МПГ в сульфидных минералах колчеданных руд показало, что максимальные их количества сосредоточены в галенитах, а по степени убывания они образуют ряд халькопирит-сфалерит-пирит, на основании чего, при достаточной выборке статистических данных, можно говорить о форме нахождения МПГ и условиях их образования в общем процессе колчеданного рудогенеза;

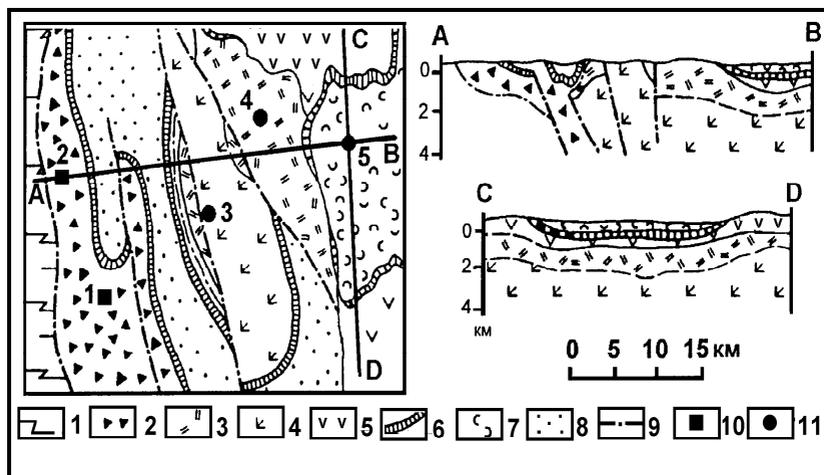
- в процессе технологической переработки колчеданных руд поведение платины, с одной стороны, золота и палладия – с другой, диаметрально противоположны. Если в процессе обогащения руд происходит накопление золота и палладия в концентратах, то количество платины в них падает при возрастании ее содержаний в отвалах и хвостах, что, на наш взгляд, обуслов-

лено как специфическими минеральными формами платиноидов, так и их размерностью.

Все вышеизложенное позволяет предполагать, что попутная добыча металлов платиновой группы из руд колчеданных месторождений является вполне реальной и возможна уже на современном этапе развития технологий переработки руд и концентратов, но отдельные вопросы этой проблемы требуют дальнейшего детального изучения.

**Глава 5**  
**СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В**  
**МЕДНО-КОБАЛЬТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Месторождения этого формационного типа в пределах Республики Башкортостан представлены двумя объектами – Ивановским и Дергамышским, расположенными на южном фланге Главного Уральского разлома. Они приурочены к Байгускаровскому гипербазитовому массиву, среди пород которого встречаются блоки силурийских и девонских вулканогенно-осадочных отложений (рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Геологическая схема строения Ивановского и Бурибайского рудных районов (по В.В. Зайкову, 1991 ф)**

1-вулканогенно-осадочные отложения рифейского возраста, 2-меланжевый комплекс (O-D<sub>1</sub>), 3-базальт-андезит-дацитовый комплекс (D<sub>2</sub> ранний эйфель), 4-яшмово-базальтовый комплекс (D<sub>2</sub> поздний эйфель), 5-андезитовая формация (D<sub>2</sub> поздний эйфель), 6-силициты мукасовского горизонта (D<sub>2</sub>), 7-тефро-терригенный комплекс (D<sub>2</sub> живет), 8-терригенный комплекс (D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>), 9-региональные разломы, 10-медно-кобальтовые (с никелем) месторождения (1-Дергамышское, 2-Ивановское), 11-медно-цинковоколчеданные месторождения (3-Бурибайское, 4-Маканская группа, 5-Подольское).

**Ивановское медно-кобальтовое месторождение** расположено на юго-востоке Республики Башкортостан и приурочено

к северо-западной части Байгускаровского гипербазитового массива. Месторождение было открыто в 1954 году Э.С. Бучковским и Н.И.Шкатовым. В различное время и с различной степенью детальности его изучением занимались: А.А. Захаров, А.А.Захарова, Е.С.Контарь, Л.Е.Лиبارова, С.Г.Тесалина с соавторами и другие.

Оруденение расположено на контакте серпентинизированных ультрабазитов с базальтоидами и контролируется послонными разрывами, которые выражены зонами брекчирования, смятия и дробления (Контарь, Либарова, 1997). Руды локализируются в базальтоидах и рассланцеванных серпентинитах на некотором удалении от контакта с вулканитами.

По минеральному составу выделяются два их типа: халькопирит-пирротиновые и пирротиновые, а по текстурно-структурным типам – сплошные и, реже, прожилково-вкрапленные. Содержания полезных компонентов в них составляют: медь-1,4-1,8%; кобальт-0,02-0,07%; никель- 0,1-0,13%; золото-1,0-3,0 г/т; серебро-9,0-16,0 г/т (Контарь, Либарова, 1997).

Таблица 5.1  
Состав самородного золота из массивных руд  
Ивановского месторождения

№	Au	Ag	Cu	S	Fe	Pt	Σ
1	89,82	10,93	0,0	0,11	2,32	0,0	103,77
2	88,29	10,76	0,11	0,33	3,47	0,0	103,86
3	87,79	10,37	0,09	0,04	2,46	0,0	101,20
4	90,78	9,79	1,36	0,02	1,15	0,0	103,71
5	90,43	10,39	1,89	0,15	1,67	0,0	104,69
6	91,23	9,86	1,30	0,04	1,26	0,0	103,93
7	91,36	10,41	0,12	0,09	1,15	0,22	103,82
8	90,73	10,86	0,12	0,17	1,23	0,01	103,85
9	91,77	9,77	0,52	0,0	0,66	0,27	103,59
Ср.	90,25	10,35	0,61	0,11	1,71	0,06	103,60

*Примечание:* Значения даны в масс.%. Кроме этого в составе самородного Au установлены следующие элементы: Sb – 0,0; 0,05; 0,23; 0,07; 0,0; 0,02; 0,0; 0,0; 0,0; 0,04; Hg – 0,42; 0,60; 0,13; 0,29; 0,0; 0,0; 0,32; 0,21; 0,0; 0,22; Cd – 0,024; 0,202; 0,006; 0,107; 0,154; 0,223; 0,0; 0,447; 0,0; 0,13 – соответственно. Анализы выполнены микрорентгеноспектральным методом в BRGM (Франция) на приборе Camebax-SX-50 (по С.Г.Тесалиной и др., 2000 ф).

В сложении массивных разновидностей руд участвуют собственные минеральные фазы кобальта и никеля: кобальтин, кобальт-пирит, пентландит, кобальт-пентландит, а во вкрапленных – кобальт-пентландит, кобальтовый виоларит, глаукодот (Тесалина и др., 2000 ф). Кроме этого, одной из особенностей Ивановского месторождения является тесная ассоциация золотой и висмутовой минерализации. Самородное золото описано как в массивных, так и во вкрапленных рудах, причем в последних оно практически всегда ассоциируется с кобальтовым минералом – глаукодотом (Тесалина и др., 2000 ф). Обращает на себя внимание то, что в его составе в значимых количествах присутствует платина (табл. 5.1).

Таблица 5.2

Содержания МПГ, Au и рудообразующих элементов  
в породах и рудах Ивановского месторождения

№	Au	Pt	Pd	Zn	Cu	Co	Ni
1	35,8	5,0	1,9	0,014	0,036	0,014	0,175
2	11,0	4,5	1,3	0,027	0,006	0,009	0,162
3	61,9	3,9	11,4	0,037	0,040	0,014	0,045
4	1249,3	6,8	6,1	0,019	0,766	0,068	0,145
5	766,4	8,7	3,2	0,041	0,483	0,033	0,141
6	1003,3	4,0	2,0	0,150	0,143	0,016	0,146
7 (3)	1864,7	7,7	7,0	0,018	0,810	0,050	0,158
8 (5)	433,4	0,0	1,2	0,088	0,193	0,017	0,105
9	42	0,0	1,0	0,030	0,140	0,023	0,106
10 (4)	1328,5	5,8	7,3	0,015	1,045	0,105	0,149
11 16)	745,1	7,2	3,3	0,052	0,568	0,037	0,150

*Примечание:* 1-серпентиниты, 2-талек-карбонатные породы, 3-хлоритовые породы, 4-массивные руды, 5-вкрапленные руды, 6-вкрапленные руды с пегматоидными структурами, 7-массивные руды в серпентинитах, 8-вкрапленные руды в серпентинитах, 9-массивные руды в талек-карбонатных породах, 10-массивные руды в хлоритовых породах, 11-вкрапленные руды в хлоритовых породах. В скобках – количество анализов. Содержания Au, Pt и Pd даны в мг/т; остальных элементов в вес.%. Кроме этого в породах и рудах была установлена сера (в вес.‰): 2,6; 1,1; 2,5; 26,1; 25,0; 22,0; 24,6; 16,5; 20,4; 31,1; 26,3 – соответственно. Анализы выполнены микрорентгеноспектральным методом в BRGM (Франция) на приборе Camebax-SX-50 (по С.Г.Тесалиной и др., 2000 ф).

Этими же авторами были определены содержания металлов платиновой группы, золота и основных рудообразующих элемен-

нтов в породах и рудах Ивановского месторождения, которые приведены в таблице 5.2.

В таблице 5.3 приводятся аналогичные материалы, полученные нами.

Таблица 5.3

Содержания МПГ и Au в рудах, концентратах и минералах Ивановского месторождения

Тип руды	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au
Сульфидные руды (весовые пробы, в г/т)						
Пирротиновые (2)	0,54-1,0	0,004	0,50	<2,0	<2,0	0,8-1,0
Халькоп.-пиррот. (3)	0,4-2,0	0,004-0,006	0,20	<2,0	<2,0	0,5-1,0
Руды зоны окисления и рудовмещающие породы (вес. пробы)						
Бурые железняки (2)	0,25	0,0-0,006	-	-	-	0,15-1,20
Сульфидизир. серпент.-галк. порода (4)	0,09-2,60	0,0-0,13	-	-	-	0,46-1,60
Брейнерит	0,80	0,08	-	-	-	0,60
Минералы (в масс.%)						
Gln (2)	1,41-1,80	-	-	-	-	0,72-2,01
Apr	0,926	0,365	0,0	-	0,001	0,769
Hpr (7)	0,0-1,833	0,0-0,521	0,0-0,26	-	0,0-1,68	0,0-1,516
Зелигманнит	0,617	1,820	-	-	-	1,625
Аргентопирит	0,0	2,854	-	-	-	0,0
Bp (3)	0,0-0,41	-	-	-	-	0,0-0,29
Pr (7)	0,0-0,31	0,0-0,13	0,0-0,30	-	0,0-0,07	0,0-0,33
Prg (2)	0,07-0,12	0,0	-	-	-	-
Кобальтин	0,0	0,035	0,0	-	0,0	0,0
CuZn	0,366	0,0	0,0	-	-	3,315
Cu	1,538	0,038	0,25	-	-	0,591
Au (2)	0,0-1,097	0,0	0,0	0,0	0,33-1,12	94,61-97,52
Fe (2)	0,0-0,34	0,0-0,17	0,18-0,2	0,0-0,14	-	0,0-0,14

Примечание: Gln-галенит, Apr-арсенопирит, Bp-борнит, Pr-пирит, Prg-пирротин, Cu-Zn- медь цинкистая, Cu-медь самородная, Au-золото самородное, Fe-железо самородное. Кроме этого в самородном Au и Fe установлено 0,1—0,774% и 0,082-0,101% Os соответственно.

По материалам С.Г.Тесалиной с соавторами (2000 ф), изотопные характеристики руд Ивановского месторождения сильно отличаются от аналогичных данных по другим уральским колчеданным месторождениям, что позволило авторам сделать вывод о мантийном источнике металлов этого объекта.

**Дергамышское медно-кобальтовое месторождение** расположено в 9 км южнее Ивановского рудного поля в зоне Главного Уральского разлома. Поисково-разведочные работы на месторождении проводились в 1955-58 годах и в 1961 году. В различное время и с разной степенью детальности изучением геологии, петрографии рудовмещающих толщ, а также минерального состава руд этого объекта занимались многие исследователи: Э.С. Бучковский, В.И.Гордица с соавторами, М.И. Исмагилов, П.В. Аржавитин, С.Г.Тесалина, В.В.Зайков и многие другие.

Добыча руд на этом месторождении проводилась с глубокой древности (в период расцвета металлургии бронзы) племенами синташтинской и аркаимской культуры (Григорьев, 1999).

По последним данным в геологическом строении рудного поля принимают участие тектонические пластины, сложенные серпентинитами, базальтами и вулканогенно-осадочными породами силура и девона. Эти отложения образуют синформу субмеридионального простирания, ядро которой представлено силицитами мукасовского горизонта (D<sub>3</sub>ft).

Рудное тело залегает среди серпентинитов под мукасовским горизонтом и имеет северное падение. На флангах оно расщепляется на 2-3 пластины, разделенные зонами серпентинитов.

Руды, слагающие месторождение, имеют брекчиевидную, брекчиевую, пятнистую, колломорфную и жильную текстуры. Чаще всего они сложены обособлениями пиритового, пирит-марказитового и халькопирит-пиритового состава с карбонатно-магнетитовым и карбонатно-сульфидным цементом. По данным М.И.Исмагилова (1962 ф), наряду с пиритом и марказитом, в рудах присутствуют: халькопирит (3-15%), сфалерит (1-2%), магнетит, гематит и гетит (2-6%). Кроме этого встречаются пирротин, халькопирротин, кубанит, кобальтин, никелин, линнеит, полидимит, валлериит, арсенопирит, гематит, ильменит, хромит.

Определенные нами содержания МПГ и Au в рудах и минералах Дергамышского месторождения и Северо-Дергамышского рудопроявления приведены в таблице 5. 4.

Таблица 5.4

Содержания МПГ и Au в рудах и минералах Дергамышского месторождения и Северо-Дергамышского рудопоявления

Тип руды	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au
Дергамышское месторождение (весовые пробы, в г/т)						
Бурые железняки. зоны окисления (6)	0,09-2,0	0,003-7,0	<0,5	<2,0	<2,0	0,10-1,63
Минералы из отвалов, карьера и шурфов (в масс.%)						
Cu (4)	0,21-1,54	0,0-0,28	0,0-0,25	0,0-0,33	0,0	0,0-1,26
Gln	1,87	0,0	0,0	0,0	0,0	2,01
Северо-Дергамышское рудопоявление (весовые пробы, в г/т)						
Бурый железняк (2)	0,17-0,23	0,03-0,04	-	-	-	0,05-6,49

*Примечание:* Cu-медь самородная Gln-галенит. Кроме этого, среди минералов из отвалов Дергамышского месторождения установлен иридоосмин (IrOs) состава: Ir~50%; Os~50%; Pt-0,0%; Pd-0,0%; Fe-5,04%; Cu-3,96%; Ni-0,43%; Au-0,0%; Ag-0,0%. Определения содержаний платиноидов и золота в породах выполнены атомно-абсорбционным методом с пламенным вариатором в ИГ УНЦ РАН. Содержания в минералах определены микрозондовым методом.

С.Г.Тесалиной с соавторами (2000 ф) по изотопии  $^{187}\text{Re}/^{186}\text{Os} - ^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$  для руд Дергамышского месторождения была получена изохрона с возрастом  $363,6 \pm 9,6$  млн лет, а также сделан вывод о мантийном источнике вещества, сформировавшего это месторождение, что повышает перспективы этого объекта на обнаружение в его пределах платинометаллической минерализации, имеющей промышленное значение.

## Глава 6

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В пределах восточной части Республики Башкортостан (*Худолазовская синклинальная структура*) широко распространены малые интрузии ультраосновного и слабодифференцированные тела основного состава, к которым приурочено сульфидное медно-никелевое оруденение (Салихов, Пшеничный, 1984). Практически все ультраосновные интрузии являются рудоносными. В них присутствуют два типа вкрапленной сульфидной минерализации, первая из которых распространена по всему объему пород, а вторая – приурочена к нижним «придонным» частям тел.

На сегодняшний день в районе структуры выделяются несколько объектов, представляющие собой мелкие месторождения (Бускунское, Северо-Бускунское) и рудопроявления (Кусевское, Туркменевское, Сунар-Узякское, Северо-Карасазовское и др.) медно-никелевых руд. В качестве типичных объектов в работе приводится краткая характеристика Северо-Бускунского месторождения и Северо-Карасазовского рудопроявления.

**Северо-Бускунское** месторождение расположено в центральной части одноименной интрузии. Рудное тело контролируется меланократовыми, пикритовыми габбродиабазами и, в соответствии с формой интрузии, представляет собой ковшеобразную залежь, вытянутую с северо-востока на юго-запад более чем на 600 м при ширине кондиционных руд – 25-60 м.

Главные рудные минералы месторождения представлены пирротинном, пентландитом и халькопиритом. В качестве второстепенных присутствуют магнетит, ильменит, пирит. Довольно редко встречаются сфалерит, виоларит, хромит, миллерит и др.

Средние содержания полезных компонентов в рудах составляют (вес %): Ni-0,45; Cu-0,37; Co-0,014; Fe-12,55; S-3,95.

**Северо-Карасазовское рудопроявление** приурочено к северному окончанию одноименной интрузии. Сульфидная минерализация вскрыта висячем и лежащем бортах тела: в габброноритах висячего борта и безоливиновых габбродиабаз – в приподошвенной части.

Сульфидное оруденение в верхней зоне представлено вкрапленными разновидностями руд, а в нижней – прожилково-вкрапленным и массивным типами. И те и другие разновидности сходны по минеральному составу, отличаясь между собой только количественными содержаниями сульфидов. Средние содержания полезных компонентов в массивных разновидностях руд составляют (вес. %): Ni-1,94; Cu-1,06; Co-0,11; Fe-33,31; S-12,97.

Уже относительно давно в этих породах и рудах были установлены повышенные содержания МПГ. В частности, Ф.Н. Шаховым в 1928 году на Сунар-Узякском медно-никелевом месторождении, разведывавшемся до глубины 10 м, в окисленной части руд на контакте диоритовой дайки с туфосланцами, было установлено присутствие палладия, платины и других элементов группы (Ковалев, Иконников, 1946 ф). По материалам Э.С. Бучковского с соавторами (1971 ф, 1975 ф), в породах целого ряда малых габброидных массивов Худолазовского комплекса были обнаружены относительно высокие содержания платины, палладия и родия.

Проведенные нами исследования, материалы которых приведены в табл. 6.1, в целом подтверждают эти выводы.

Таблица 6.1

Содержания МПГ и Au в породах и рудах  
Худолазовского комплекса (в г/т)

№	Породы, руды	Pt	Pd	Rh	Ru	Au
Северо-Бускунское месторождение						
1 (7)	сульфидные Cu-Ni руды	н.о- 0,2	0,062- 0,3	н.о- сл	-	сл.- 0,43
2	сульфидный концентрат	0,40	-	-	-	0,43
Кусеевское рудопроявление						
3 (3)	габбродиабазы с сульфидами	0,06- 0,086	0,043- 0,52	н.о- 0,043	-	сл.
4	то же	0,11	0,25	-	-	0,16
Северо-Карасазовское рудопроявление						
5 (6)	массивные и вкраплен. Cu-Ni руды из габбро- диоритов	<0,2- <0,21	<0,2- 0,42	сл.	-	0,04- 0,34

Продолжение табл. 6.1

Туркменевское рудопроявление						
6	габбро с вкрапленностью сульфидов	0,06	-	-	-	0,13- 0,23
Туканское рудопроявление						
7 (3)	бур. железняки из отвалов	0,12- 0,15	0,20- 0,30	-	0,10	0,16- 0,42
Сунар-Узякское рудопроявление						
8 (4)	бур. железняки из отвалов	0,06- 0,86	-	-	-	0,30- 0,92
Атангуловское рудопроявление						
9	шлиховой гема- тит (концентрат)	0,21	-	-	-	1,08

*Примечание:* В скобках-количество анализов, выполненных атомно-абсорбционным (ИГ УНЦ Уфа, ИГЕМ, Москва), нейтронно-активационным ИЯФ, Ташкент) и пробирно-спектральным (Норильск) методами.

Методом электронного микрозондирования нами были исследованы вкрапленные сульфиды и магнетиты из Cu-Ni руд Кусеевского, Туркменевского и Карасазовского массивов габброидов на содержания в них платиноидов и золота. Анализировались также некоторые самородные металлы (Fe, Zn) и сплавы (FeCr) из протолочек этих пород (табл. 6.2).

*Сульфиды.* Чаще всего представлены пирротинном, пирротинопиритом, никелистым пиритом, пентландитом, халькопирротинном, халькопиритом и пиритом. Все они содержат неравномерно распределенные платиноиды и золото. Наибольшие "вспышки" содержаний Pt (при площади зондирования 10×10 мкм) характерны для (в % элем.): пентландитов (0,39-0,48), пирротинов (0,15-0,44) и пиритов (0,51). Pd в большинстве сульфидов не выявлен, кроме пирита (0,74). Ir установлен в пирротине (от 0,08 до 0,40) и халькопирите (от 0,26 до 0,48). Небольшие содержания Os зафиксированы в халькопирите (0,08) и пирротине (0,01). Золото в сульфидах встречается часто и присутствует в значительных количествах (от долей % до 1%).

Никель в сульфидах представлен наиболее распространенным собственным минералом – пентландитом (31,54-32,57%) и никелистым пиритом (Ni до 6,88 %). Кроме этого, он установлен в пирротинах (от 0,34 до 1,30 %), но не обнаружен в халькопиритах.

Таблица 6.2

Содержания МПГ в отдельных минералах из малых интрузий Худолозовского комплекса (в масс.%)

Минерал	Pt	Pd	Ir	Os	Au	Ag
Среднезернистое габбро с вкрапленностью сульфидов						
пирротин	0,16	0,0	0,40	0,0	0,09	0,0
пирротин	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,09
пирротин	0,15	0,0	0,0	0,0	0,52	0,0
халькопирит	0,0	0,0	0,0	0,08	0,25	0,02
халькопирит	0,09	0,0	0,26	0,0	0,26	0,0
магнетит	1,83	0,04	0,20	0,0	1,66	0,0
магнетит	0,0	0,48	0,0	0,25	0,56	0,23
пирротин	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
пирротин	0,44	0,0	0,0	0,0	0,41	0,0
Среднезернистое габбро с вкрапленностью сульфидов						
пирротин	0,0	0,0	-	-	0,28	0,0
пирротин	0,05	0,0	-	-	0,43	0,0
пентландит	0,49	0,0	-	-	0,83	0,0
пентландит	0,39	0,0	-	-	0,11	0,0
пирит	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0
пирит	0,51	0,74	-	-	-	-
магнетит	0,0	0,0	-	-	0,35	0,0
Среднезернистое габбро с вкрапленностью сульфидов						
пирротин*	0,0	0,0	0,08	-	0,96	0,0
пирротин*	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
халькопирротин*	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
халькопирит	0,0	0,0	0,49	-	0,0	0,0
самородный Zn	0,0	0,0	0,65	0,0	5,47	0,0
самородный Zn	0,69	0,0	2,36	0,07	1,85	0,0

*Примечание:* Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа). В минералах со знаком \* определялся Rh. Его содержания соответственно составили: 0,0; 0,01; 0,0; 0,0.

Медь, кроме халькопирита и халькопирротина, почти постоянно и в небольших количествах содержится в пирротинах, пентландите и пирите.

Кобальт является частой примесью в пирротинах (до 0,07%), халькопирите и пентландите (1,17-1,29 %). Из других примесных

компонентов в основных рудообразующих сульфидах были установлены: Pb (0,12-3,75 %), Zn, Co, As, Sb, Cl (доли %).

Как видно из приведенного выше материала, минералами-концентраторами и «носителями» платиноидов и золота являются почти все выше названные сульфиды, а резкие колебания их содержаний (от 0,0 до долей %) в соседних точках зондирования, вероятнее всего, свидетельствуют о нахождении их в сульфидах в виде тонкодисперсных микровключений собственных минеральных фаз.

*Магнетиты.* Изучение распределения и содержаний платиноидов, золота и других элементов в этом минерале проводилось на основе авторских материалов по породам Карасазского и Кусеевского участков. В двух точках зондирования (площадки 10×10 мкм) в зерне магнетита из Карасазского участка установлены следующие содержания (в масс.% без пересчета на содержание кислорода): Pt – 0,0-1,828; Pd – 0,043-0,480; Ir – 0,0-0,203; Os – 0,0-0,247. То есть, выявлены резко различные содержания платины в пределах одного зерна, что свидетельствует о весьма неравномерном распределении ее в объеме минерала-носителя.

Содержания золота в магнетитах из пород обоих участков высокие и колеблются от 0,346 до 1,663 %. Кроме этого, в них присутствуют: S (0,09-0,55 %); As (до 0,2 %); Sb (до 0,07 %); Ag (до 0,23 %); Co (до 0,09 %); Ni (0,10-0,14 %); Cr (0,06-0,94 %) и Cl (0,04-0,20 %).

Из группы *самородных металлов и сплавов* платиноиды были обнаружены в двух шариках самородного цинка (Zn – 88,76; 94,33 %), которые были выделены из протолочки Туркменевского габбро и из тектонической глинки проявления Камышлы-Кулак (обр. В.Н.Никонова). В первом случае был выявлен Ir (0,65 %), во втором – Pt (0,69 %), Ir (2,36 %) и Rh (0,07 %). В обеих сферах установлены высокие содержания Au (5,47 и 1,85 % соответственно). Кроме этого присутствуют: Ni (0,05 и 0,19 %), Cu (0,22 и 0,08 %), Fe (0,32 и 0,14 %), S (0,36 и 0,18 %), а также Cr, Co, As и Hg (от долей % до 1,96 %).

Платиносодержащие сульфидные медно-никелевые руды генетически связаны с вмещающими их интрузивными и, вероятно, формировались в процессе ликвации пикрито-базальтового расплава.

## Глава 7

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МЕДИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

В пределах восточной части Республики Башкортостан относительно широко распространены месторождения меди различной формационной принадлежности.

**Вознесенское и Салаватское месторождения** относятся к медно-порфировому типу. Изучением различных вопросов геологии, геохимии и металлогении этих объектов в различное время занимались: Г.В.Вакуленко, А.В.Волин, М.И.Исмагилов, П.В. Калинин, А.И.Кривцов, Б.Д.Магадеев, В.М.Смирнов, А.К.Тимергазина и другие.

Первое из месторождений расположено в зоне ГУРа. Рудное поле сложено породами базальтоидной осадочно-вулканогенной формации (диабазы, переслаивающиеся с осадочными породами) и интрузивными образованиями ряда габбро-плагиогранит. Оруденение приурочено к порфиоровидным плагиогранитам, и в меньшей степени, к мелкозернистым и порфиоровидным кварцевым диоритам (Магадеев, Исмагилов, 1971). Кварцевые диориты, содержащие борнит, халькозин, ковеллин, пирит и халькопирит, обогащены медью (1,11%), цинком (0,01-0,15%) и молибденом (до 0,15%). Кроме этого в них содержатся золото (от 0,1 до 0,5 г/т), серебро (до 0,7 г/т), олово (до 1,7 г/т), вольфрам (до 0,5 г/т) и мышьяк (18,7 г/т).

**Салаватское месторождение** расположено среди вулканогенных пород андезит-базальтовой порфириновой формации, прорванных интрузиями габбро и их более кислых дифференциатов – кварцевых диоритовых порфиритов и кварцевых порфиритов липарит-дацитового состава. В рудах месторождения установлены (среднее в г/т): Au-0,1; Ag-0,5; Cu-5000; Mo-2; Pb-300; Zn-300; Ni-20; Co-8; Cr-30; Bi-30; Sn-5; V-70; As-80; Sb-10 (Магадеев, 1974).

Гидротермальный метаморфизм рудовмещающих пород на обоих месторождениях выражается в изменениях типа пропилинизации (кварц, серицит, хлорит, альбит, кальцит, эпидот, пумпеллит, пренит). Медная минерализация приурочена к зонам наиболее интенсивного окварцевания. Рудные минералы пред-

ставлены пиритом и халькопиритом. Кроме них встречаются молибденит, пирротин, магнетит, сфалерит, халькозин, борнит (Магадеев, Исмагилов, 1971).

Исследованиями Е.А.Шумихина (1987 ф) в рудах Вознесенского месторождения средние содержания платины (из 26 отобранных проб) изменяются в пределах 0,001-0,007 г/т, в габбро – от 0,001 до 0,003 г/т, а в кварцевых диоритах с очень редкой вкрапленностью сульфидов количество этого металла составляет 0,002-0,006 г/т.

По нашим материалам, в габбро-диоритах с вкрапленностью сульфидов Салаватского месторождения содержится 0,04-0,10 г/т платины, при содержаниях золота – 0,31-0,32 г/т.

Кроме этого, на этой территории расположена целая серия объектов, которые приурочены к вулканогенно-осадочным и интрузивным породам основного и среднего составов, образуя месторождения прожилково-вкрапленного типа. К ним относятся: *Нуралинское месторождение*, приуроченное к блоку вулканогенно-осадочных пород карамалыташской свиты; *Поляковское месторождение*, оруденение которого парагенетически связано с дайками основного состава; *Дунградской рудопроявление*, расположенное среди рассланцеванных серпентинитов, рудовмещающими породами которого являются хлоритизированные габбродиабазы; *Аушкульское месторождение*, приуроченное к мелкозернистым габбродиабазам, которые распространены в эндоконтакте Восточно-Аушкульской сиенит-диорит-габбровой интрузии и другие. Содержание платины в породах и рудах указанных объектов приведены в таблице 7.1.

Несколько особняком среди этих объектов стоят месторождения Кирыбинское и Красная жила.

**Кирыбинское месторождение** приурочено к кровле одноименного массива, который сложен породами базит-гипербазитового состава. По мнению А.А.Алексеева (1984), этот массив относится к дунит-клинопироксенит-габбровой формации и близок по своим геолого-петрографо-петрохимическим характеристикам к аналогичным образованиям, распространенным на Среднем и Северном Урале.

Рудами на месторождении являлись обогащенные сульфидами и магнетитом хлорит-актинолитовые и слюдяно-хлоритовые сланцы, наиболее интенсивно развитые вблизи залежей кристаллического известняка с альбитом и апатитом. Кроме того, на месторождении встречались жилы медного колчедана мощностью

до 1 м (Озеров, 1927 ф). Спектральным анализом в пробах из отвалов и стенок карьеров в породах этого месторождения установлены (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Zn (12,6-19,8); Ag (0,08-0,15); Ni (12,5-15,0); Co (4,2-4,7); V (12,5-25,5); Cr (22-47); Cd (0,42-0,51); Sr (18,6-19); Zr (5,7-15,6); Sc (2) и P (37-47). Во многих пробах присутствуют также молибден (0,004-0,01%) и золото (до 0,1 г/т).

Таблица 7.1

Содержания платины в породах и рудах  
медных месторождений (в г/т)

Месторождение, порода	Pt
<b><i>Нуралинское,</i></b> диабазы с сульфидной вкрапленностью (9)	<u>0,013-0,15</u> 0,04
брекчии диабазов с сульфидной вкрапленностью (20)	<u>0,013-0,10</u> 0,03
<b><i>Аушкульское,</i></b> габбродиабазы (23)	0,001
габбродиабазы с сульфидной вкрапленностью (15)	0,002-0,003
<b><i>Поляковское,</i></b> габбродиабазы дайковые (19)	<u>0,002-0,006</u> 0,004
габбродиабазы с медной зеленью (5)	0,001
туфы диабазов с медной зеленью (10)	<u>0,002-0,004</u> 0,003
обохренная магматическая порода (14)	<u>0,001-0,002</u> 0,0015
<b><i>Дунграйское,</i></b> габбродиабазы с сульфидной вкрапленностью (24)	<u>0,001-0,023</u> 0,005

*Примечание:* В числителе разброс значений, в знаменателе – среднее, в скобках – количество анализов (по Е.А.Шумихину, 1987 ф).

Проведенное Е.А.Шумихиным (1987 ф) опробование на платину различных разновидностей пород и руд данного объекта (табл. 7.2) показало, что в большинстве проб ее содержания близки к фоновым, составляя 0,001 г/т. Повышенные содержания платины были установлены в единичных пробах роговообманковых габбро с вкрапленностью пирита и халькопирита (до 0,035 г/т).

Таблица 7.2

Содержания платины и золота в породах  
Кирыбинского месторождения (в г/т)

№ п/п	Название породы	Pt	Au
1	щелочные диориты с монцонитами	0,001	-
2	мусковит-хлорит-кварцевые, хлорит-актинолитовые породы	0,001	0,005
3	роговообманковые габбро	0,001	-
4	то же	0,001	-
5	то же	0,001	0,02
6	то же	0,001	0,01
7	то же с вкрапленностью пирита и халькопирита	0,03	-

*Примечание:* Анализы выполнены в ЦКЛ ПГО «Узбекгеология» и ЦКЛ ПГО «Башкиргеология» (по Е.А.Шумихину, 1987 ф).

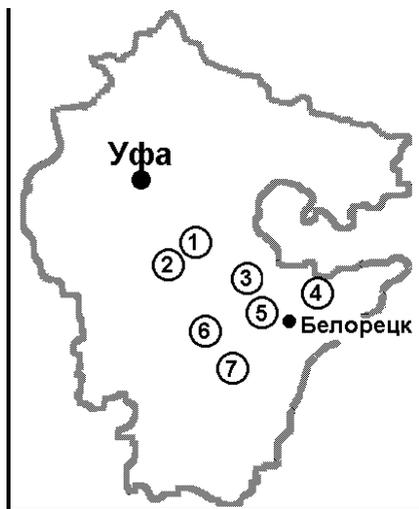
## Глава 8

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Бурые железняки пользуются широким распространением на территории Республики Башкортостан. Их открытие и вовлечение в сферу промышленного использования относятся еще к середине XVIII столетия. На сегодняшний день в пределах Республики Башкортостан выявлено около 150 месторождений и свыше 133 рудопроявлений бурых железняков. Как правило, отдельные объекты объединяются в рудные районы, схема расположения которых приведена на рис. 8.1.

**Рис. 8.1. Схема распространения бурожелезняковых районов на территории Республики Башкортостан.**

Цифры на схеме: 1-Лемезинский, 2-Архангельский, 3-Инзерский, 4-Тирлянский, 5-Лапыштинский, 6-Зигазино-Комаровский, 7-Авзянский.



В качестве типичного (и наиболее крупного) объекта ниже приводится краткая характеристика Зигазино-Комаровского железорудного района, который располагается к западу от хр. Юрма-тау. В строении рудных участков этого района участвуют две толщи – туканская и катаскинская. Первая представлена преимущественно алевролитами и сланцами, а вторая – сланцами и карбонатными породами. Рудные тела, представленные субсогласными горизонтами бурых железняков, образуют пластообразные тела с мощностью отдельных горизонтов от 1-2 м до 20-30 м. Наиболее распространенным типом руд являются плотные бурые железняки,

менее распространены порошковые, охристые, корковые и конкреционные типы руд.

Средний (объединенный) химический состав руд включает в себя: 36,96% железа, 30,14% кремнезема, 0,03% серы, 0,074% фосфора, 1,55% марганца, 5,04% глинозема, 0,3% СаО. Содержания благородных металлов в них приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Содержания МПГ и Au в бурых железняках (г/т)

№	Pt	Pd	Rh	Os	Ru	Ir	Au
1	<0,05	<0,02	<0,01	<0,004	<0,004	<0,002	0,086
2	<0,05	<0,02	<0,01	0,006	<0,004	<0,002	0,092
3	<0,05	<0,02	<0,01	<0,004	<0,004	<0,002	0,093
4	-	-	-	-	-	-	0,003
5	-	0,007	-	-	-	-	0,003
6	-	-	-	-	-	-	0,003
7	-	-	-	-	-	-	0,006
8	-	0,007	-	-	-	-	0,004
9	-	0,22	-	-	-	-	0,008
10	-	-	-	-	-	-	
11	0,09	0,55	-	-	-	-	-

*Примечание:* №№ 1-3-Туканское месторождение, 4-6-Осиновское месторождение; 7-8-Северо-Тарское месторождение; 9-11-Ишлинское месторождение. Анализы выполнены в ЦНИГРИ атомно-абсорбционным методом (№№ 1-3) и в аналитической лаборатории ВСЕГЕИ атомно-абсорбционным методом с электротермическим атомизатором (№№ 4-11), аналитик С.Ю.Шишкова (№№ 4-11 по А.Е.Соболеву, 1999 ф).

Как видно из таблицы, значимые содержания были получены для палладия, платины, осмия и золота. К сожалению, недостаток фактического материала не позволяет провести анализ платиносности бурых железняков на количественном уровне. Тем не менее, уже первые полученные материалы позволяют с большой степенью вероятности говорить о возможных перспективах железных руд на попутное извлечение платиноидов. На наш взгляд на этих объектах необходима постановка более детальных научно-исследовательских работ.

## Глава 9

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В западной части Республики Башкортостан расположен Южно-Уральский буроугольный бассейн, не имеющий аналогов на Урале и выделяемый в обособленный тип. Его открытие и детальная характеристика связаны с именем В.Л.Яхимович, по материалам которой и дается краткое геологическое описание, приведенное ниже (Яхимович, 1958, Яхимович, Андрианова, 1959),

Южноуральский тип буроугольных формаций распространен в южной части Предуральяского прогиба. Здесь, к северу от р. Сакмары расположено более пятидесяти месторождений (рис. 9.1). Крупнейшие из них, в которых сосредоточено более 80% запасов угля – Репьевское, Хабаровское, Тюльганское, Маячное, Бабаевское и др., группируются на площади около 4000 км<sup>2</sup> в южной части площади, в пределах Сакмаро-Бельского водораздела. Бассейн подразделяется на три субширотные зоны (с севера на юг): Ашинско-Стерлитамакскую, Стерлитамакско-Мелеузовскую и Сакмаро-Бельскую. Время накопления угленосных серий определяется как верхний олигоцен – верхний миоцен включительно.

Из общих запасов, определенных в 1755,12 млн. т, запасы верхнеолигоценовых углей (тюльганская свита) составляют 47,4 млн. т, нижнемиоценовых (куюргазинская свита) – 1671 млн. т, среднемиоценовых (ворошиловская свита) – 32,8 млн.т и верхнемиоценовых (ушкатлинская свита) – около 4 мтн. т. Запасы сырья в наиболее крупных месторождениях приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

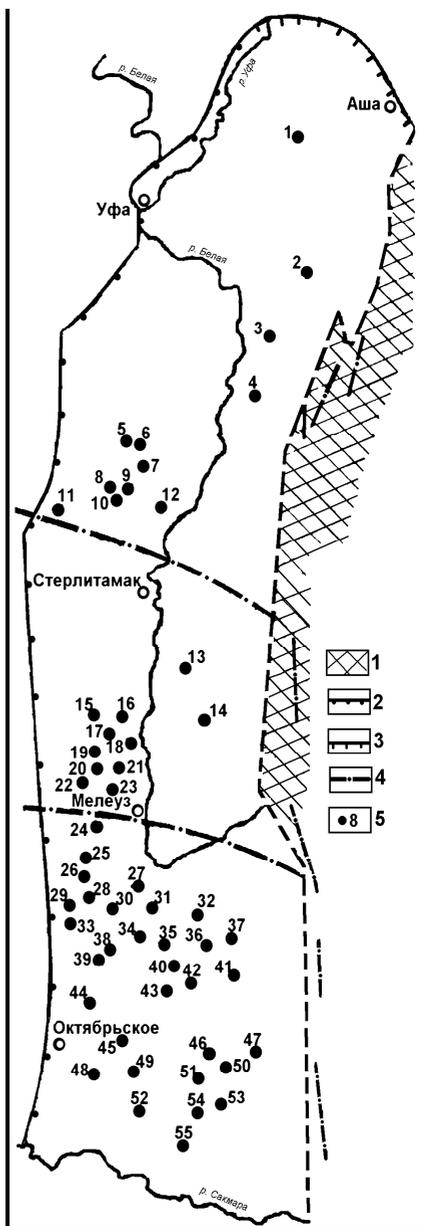
Запасы бурых углей в наиболее крупных месторождениях  
Южноуральского бассейна (в млн. т)

№ п/п	Месторождение	Запасы
1	Куюргазинское	83,01
2	Ворошиловское	206,54
3	Яман-Юшатырское	92,89
4	Тюльганское	323,1
5	Репьевское	83,33
6	Хабаровское	310,06

*Примечание:* по В.Л.Яхимович, О.С.Андриановой, 1959.

**Рис. 9.1. Схема распространения месторождений бурого угля в пределах Южноуральского буроугольного бассейна (по В.Л. Яхимович, О.С. Андриановой, 1959 с упрощениями).**

1-передовые отложения Урала, 2-западная граница Предуральской депрессии, 3-граница Юрюзано-Сьлвинской депрессии, 4-тектонические нарушения, 5-месторождения бурого угля (1-Тавтимановское, 2-Николаевское, 3-Злиимское, 4-Явгильдинское, 5-Софипольское, 6-Ушкатлинское, 7-Сахановское, 8-Намкинское, 9-Журавлевское, 10-Маклыккульское, 12-Талалаевское, 13-Байгузинское, 14-Ромадановское, 15-Сухайлинское, 16-Семеновское, 17-Ново-Введенское, 18-Ротатбашевское, 19-Варваринское, 20-Петропавловское, 21-Тереклинское, 22-Самородовское, 23-Старо-Казанковское, 24-Загребайловское, 25-Шайтанское, 26-Маячное, 28-Куюргазинское, 29-Сандинское, 30-Молокановское, 31-Пинегинское, 32-Кривлевское, 33-Чикановское, Молокановское, 34-Кунакбаевское, 35-Филипповское, 36-Ворошиловское, 37-Товакановское, 38-Кунакбаевское, 39-Чикановское, 40-Тугустимирское, 41-Урман-Ташлинское, 42-Городецкое, 43-Яман-Юшатырское, 44-Юшатырское, 45-Масловское, 46-Тюльганское, 47-Ик-Назаровское, 48-Свиридовское, 49-Хабаровское, 50-Репьевское, 51-Боклинское, 52-Тимашевское, 53-Быковское, 54-Матвеевское, 55-Белоглинское).



Буроугольные залежи по своей форме являются пластообразными или же крупными линзообразными телами. Мощность их колеблется в широких пределах: от 2-3 до 110 м (при средней –6,5-40 м), а размеры изменяются от десятков и сотен метров до нескольких км.

Угли бассейна являются типично бурыми, с низкой степенью углефикации. По данным химического анализа в них содержится (на горючую массу): от 57 до 75,5% углерода, от 4,3 до 7,86% водорода, 0,6-0,9% азота, 19-24% кислорода, от 0,1 до 4% общей серы и от 8 до 33% битумов (Яхимович, Андрианова, 1959).

Исключительно низкая степень литификации пород, слагающих угленосные формации, а также состояние самих углей свидетельствуют о том, что эти формации не подвергались воздействию каких-либо факторов метаморфизма.

Материалы по содержаниям благородных металлов в углях и их производных в литературе довольно скудны. Вероятнее всего, первыми следует считать определения, сделанные В.М. Гольдшмидтом и К.Петерсом в 1933 году для зол углей из английских и немецких месторождений. Пределы изменения содержаний благородных металлов, по данным этих исследователей, составили: серебро-0,5-10 г/т, золото-0,5-1,0 г/т, платина-0,05-0,20 г/т, палладий-0,2-1,0 г/т. Кроме этого, в одной пробе был установлен родий в количестве 0,02 г/т. В то же время, в пересчете на уголь содержания платины и палладия составили 0,01 г/т (Goldschmidt, Peters, 1933).

В 1993 году В.В.Серединым и М.Ю.Поваренных (1995) в углях и ископаемой древесине на разрезе Павловский-2 (Приморье) были обнаружены самородная платина, куперит, изоферроплатина и неидентифицированная фаза (Pt-62,3%, S-22,6% и Sn-15,1%).

С.Ш.Юсуповым, в 1996 году в песчано-глинистых отложениях из карьера буроугольного месторождения Маячное был обнаружен электрум, имеющий состав (в масс.%): Au-63,66; Ag-31,23; Fe-1,6; S-3,51; Pt-0,0; Pd-0,0; Rh-0,0; Ir-0,0; Co-0/0; Ni-0,0; Cr-0,0; Cu-0,0; Zn-0,0; As-0,0.

В 1999-2001 годах экспедицией «Уралзолоторазведка» были проведены работы по теме «Оценка техногенных ресурсов горнодобывающих предприятий РБ» (И.Р.Фаткуллин). Исследования касались и определения содержаний благородных металлов в углях и отвалах Южноуральского бассейна (месторож-

дение Маячное и золоотвалы Кумертаусской ТЭЦ). Полученные результаты приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2  
Содержания благородных металлов в углях и золах Южноуральского бурогоугольного бассейна (в г/т)

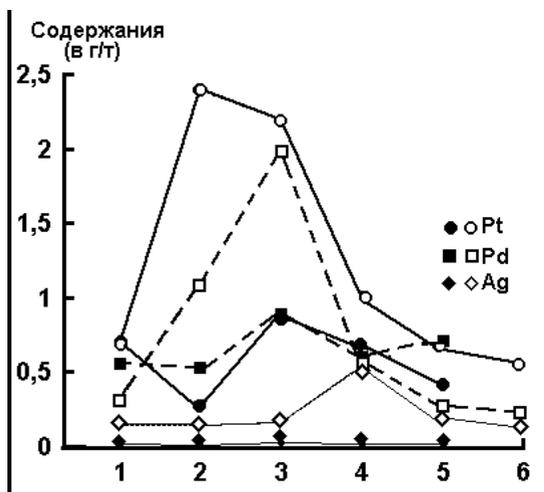
№	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Au	Ag
1	0,71	0,57	<0,004	<0,001	<0,002	<0,001	0,03
2	0,28	0,54	<0,004	<0,001	<0,02	<0,001	0,021
3	0,91	0,90	<0,004	<0,001	<0,002	<0,002	0,036
4	0,68	0,61	<0,004	<0,001	<0,01	<0,002	0,028
5	0,42	0,72	<0,004	<0,001	<0,01	0,0034	0,027
6	0,70	0,32	<0,005	<0,005	<0,01	<0,009	0,15
7	2,4	1,1	<0,005	<0,005	<0,01	<0,009	0,15
8	2,2	2,0	<0,005	<0,005	<0,01	<0,009	0,17
9	1,0	0,55	<0,02	<0,005	<0,08	<0,009	0,55
10	0,66	0,28	<0,005	<0,005	<0,01	<0,009	0,28
11	0,57	0,24	<0,005	<0,005	<0,01	<0,009	0,24

*Примечание:* №№ 1-5-бурогоугольный шлам со складов Кумертаусской брикетной фабрики, 6-11-золотшлаковая смесь из отвалов Кумертаусской ТЭЦ. Анализы выполнены в центре лабораторных исследований ВИМС масс-спектральным методом на квадрупольном масс-спектрометре (ICP «Plasma-Quard» и атомно-эмиссионном спектрометре (ICAP-61 «Thermo Jarrel Ash.») (по И.Р.Фаткуллину и др., 2001 ф).

Как видно из приведенных материалов, южноуральские угли отличаются аномальными содержаниями платины и палладия (и повышенными серебра) при практически полном отсутствии остальных благородных металлов.

Сравнительный анализ материалов, приведенных в таблице 9.2, показывает, что наблюдается четко выраженное обогащение зольных фракций платиной, палладием и серебром (рис. 8.2). При этом, среднее количество платины в отвалах возрастает в два раза (0,6 и 1,26 г/т), серебра – на 1 порядок (0,03 и 0,21 г/т), а палладия изменяется от 0,67 до 0,75 г/т. Вероятнее всего это является результатом термической обработки (сжигания), когда под воздействием температуры происходит выгорание углерода, что приводит концентрированию благородных металлов, представленных в виде тонкодисперсных металлоорганических соединений.

Рис. 9.2. Распределение благородных металлов в бурных углях (залитые знаки) и золах (незалитые знаки) со складов Кумертаусской брикетной фабрики и золоотвалов Кумертаусской ТЭЦ.



К сожалению, материалов для выводов о генетической природе благороднометалльной специализации южноуральских бурных углей явно недостаточно. Тем не менее, хотелось бы отметить, что, как было сказано выше, эти породы и сами угли не подвергались никаким вторичным изменениям и, следовательно, эта специализация является «первичной». Каковы ее характер и природа, а также минеральные формы и минералы-носители – вопросы будущих исследований. Несомненным является одно – эти объекты заслуживают самого пристального внимания и дальнейшего более детального изучения.

# НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

## Глава 10 СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В СЛОЖНОДИСЛОЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОЛЩАХ

В последние годы в различных регионах мира были открыты месторождения благородных металлов неизвестных ранее типов в углеродсодержащих черносланцевых комплексах, которые к настоящему времени относятся к одному из самых перспективных типов месторождений на МПГ и Au.

Как установлено исследованиями последних лет, данные образования имеют относительно широкое географическое распространение и приурочены к различным возрастным уровням – от протерозоя до раннего мезозоя («Платина России...», 1994, Дистлер и др., 1996). Месторождения этих типов различаются между собой по масштабам оруденения, морфологии рудных тел, интенсивности гидротермально-метасоматической проработки вмещающих пород и, как следствие, по концентрации в них полезных компонентов.

Детальное изучение данных образований показывает, что они характеризуются широким участием в рудообразовании процессов регенерации и ремобилизации синседиментационного рассеянного золота и МПГ из рудовмещающих толщ под воздействием различных, более поздних метаморфо-метасоматических процессов, а также возможностью привноса этих элементов глубинными флюидопотоками с разгрузкой в рудоконтролирующих структурах. Подобные генетические представления объединяются в элизионно-катагенетическую, метаморфогенно-метасоматическую и эндогенно-метаморфогенную модели, которые наиболее полно освещены в работах В.А. Буряка (1982), Н.К.Курбанова (1986), П.Ф.Иванкина и Н.И. Назаровой (1988).

Вместе с тем, в последнее время в различных регионах мира была установлена сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация с промышленными содержаниями металлов платиновой группы и золота, которая приурочена к «минерализованным зонам смя-

тия», «зонам сульфидизации в углисто-терригенных породах», «углеродистым катаклазитами и милонитами» (Иванкин, Назарова, 1988), что явно указывает на отличие этих месторождений и проявлений от типично стратиформных. И.Н.Томсон с соавторами, в результате изучения месторождений такого типа, распространенных в Приморье, предлагает выделять данные отложения в особую формацию – эндогенных «черных сланцев», представляющую собой особый тип углеродистых метасоматитов, развивающихся вдоль зон смятия, минерализация которых обусловлена чисто эндогенными процессами (Томсон и др., 1993). Взаимоотношения между стратифицированными углеродсодержащими сланцами и «углеродистыми отложениями зон смятия» на сегодняшний день не вполне определены. С одной стороны и те и другие характеризуются набором одних и тех же элементов (Cr, Co, Ti, P, V, Ni, Re, Se, U, Au, Ag, РЗЭ, As, Zn, Pb, Fe, Mo, Pt-идов, в том числе Ir и др.), имеющих повышенные по отношению к кларкам содержания. С другой стороны, «стратифицированные» черносланцевые отложения и «углеродистые метасоматиты» зон смятия резко различаются по структурно-тектоническому положению в стратиграфических разрезах различных регионов. По представлениям А.А.Маракушева с соавторами, рудное вещество стратиформных месторождений имеет эндогенную природу и находится в генетической связи с взрывными кольцевыми структурами (Маракушев и др., 1997). И.Н. Томсоном и Г.А.Тананаевой на материалах Приморья и Центрального Кызылкума была доказана родственная природа стратиформных и приразломных (метасоматических) черных сланцев и обоснована точка зрения об их эндогенном происхождении (Томсон, Тананаева, 1994).

В зависимости от различных (динамических, структурных и вещественных) признаков, закономерности размещения в углеродистых толщах платиносодержащих месторождений определяются следующими закономерностями (Додин и др, 2000):

- приуроченность к шельфовым зонам пассивных рифтогенных окраин палеоконтинентов и окраинно-континентальных морских палеобассейнов активных окраин;

- тяготение к офиолитовым поясам и сложным дискордантным складчатым структурам, нередко совпадающим с рифтогенными впадинами и зеленокаменными поясами; полицикличность и многостадийность развития таких структур с заметным преобладанием вулканогенно-осадочных отложений над терригенно-карбонатными при значительной роли в их составе углерода, а также широкое развитие вулканоплутонических ассо-

циаций (пикрит-толеит- базальтового и базальт-риолит-дацитового составов), их интрузивных и дайковых комагматов;

– тяготение к зонам интенсивной складчатости, взбросово-надвиговых нарушений, межформационных несогласий и объемного катаклаза как элементов контроля платинорудообразующих систем;

– низкоградиентный тип метаморфизма в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций, проявление разнотипных флюидно-метасоматических и постмагматических процессов;

– обогащение черносланцевых образований сульфидами и сульфидоарсенидами, а также специфическая ассоциация сопутствующих платинометаллоидному оруденению элементов – Au, Ag, Cu, Ni, Co и др.

А.Ф.Коробейниковым (1999) единая рудная полиметаллоидно-платиносодержащая формация углеродистых пород подразделяется на следующие субформации: золото-платиноидно-кварц-березитовую, золото-платиноидно-углеродисто-сульфидно-лиственитовую, золото-платиноидно-сульфидно-теллуридно-аргиллизитовую, полиметаллоидно-платиноидно-шунгитовую, серебро-золото-платиноидно-медно-цехштейновую и молибден-фосфатно-золото-платиноидно-углеродистую.

На территории Республики Башкортостан (западном склоне Южного Урала) углеродсодержащие отложения пользуются довольно широким распространением. В пределах развития рифейских толщ они, в виде горизонтов переменной мощности, установлены в бурзянской ( $R_1$ ) и юрматинской ( $R_2$ ) сериях в составе большеинзерской, суранской и юшинской свит нижнего рифея и практически во всех свитах среднего рифея. Детально стратиграфическое положение, литолого-фациальная и геохимическая характеристика этих отложений, а также отдельные вопросы их металлогении, с различной степенью детальности были рассмотрены в ранее опубликованных работах В.И.Козлова (1986), А.В. Маслова (1988), Э.З. Гареева (1987), М.В.Рыкуса (1993), С.Г. Ковалева с соавторами (1999, 2000) и др.

Часть Башкирского мегантиклинория, расположенная на территории Республики Башкортостан, характеризуется наличием 4-х сближенных региональных разломов (надвигов) субмеридионального простирания и широким развитием тектонических зон более мелких порядков (рис. 10.1). Как показали проведенные исследования, субстрат, выполняющий эти зоны, характеризуется металлогенической специализацией, позволяющей говорить о его принадлежности к одному из перспективных типов платинометаллоидного оруденения.

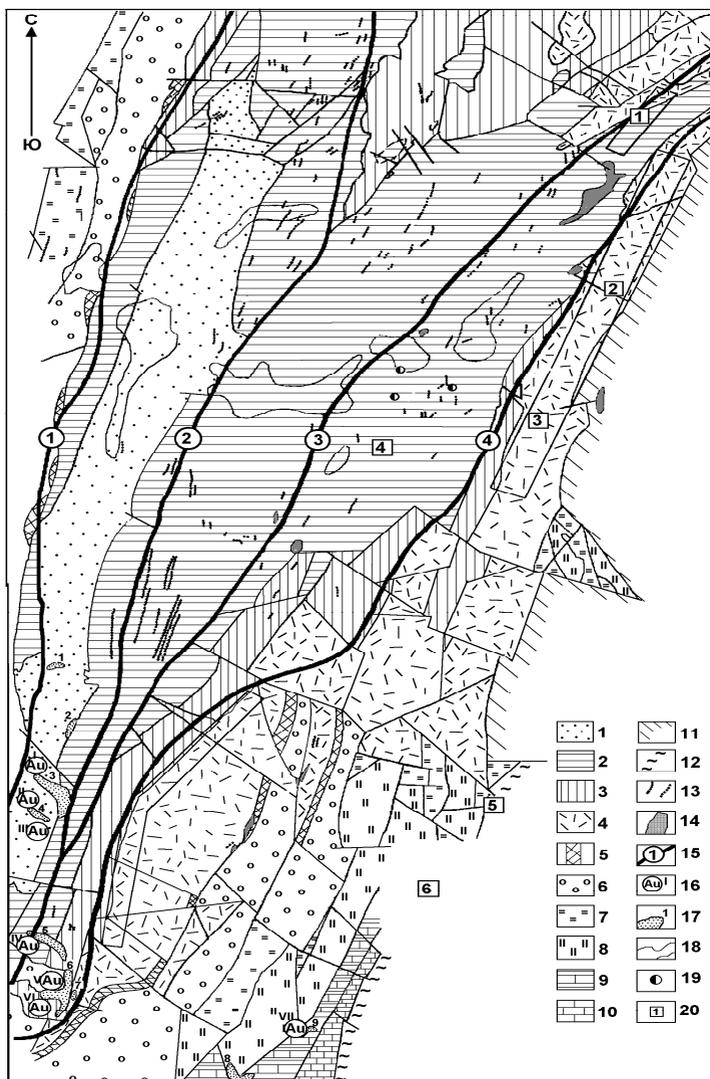


Рис. 10.1. Геологическая схема строения части западного склона Южного Урала (по материалам Швецова, 1972 г, Ротару и др., 1983 ф, Ларионова и др., 1985 ф, с дополнениями и изменениями).

## 10.1. Улу-Елгинская зона

Зона трассирует восточную часть Юрюзано-Зюраткульского разлома (надвига) и располагается в пределах развития вулканогенно-осадочных отложений машакской свиты (R<sub>2</sub>). Она образует узкую (до 100-150 м) полосу субмеридионального простирания, прослеженную на расстоянии около 20 км.

---

Условные обозначения к рис. 10.1:

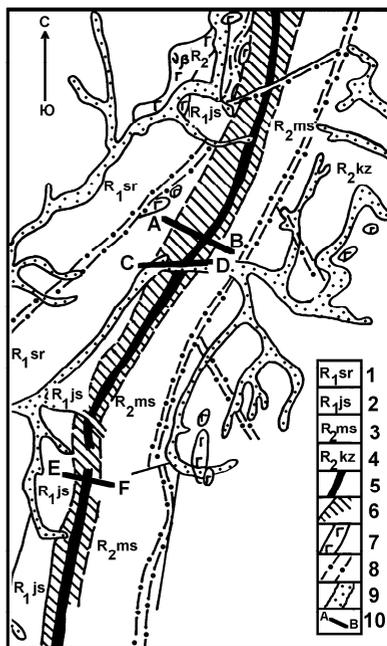
1-большеинзерская свита (кварцевые и полевошпат-кварцевые песчаники, доломиты, известняки, кварцевые алевролиты, углисто-кварцево-глинистые сланцы, мелкогалечные конгломераты); 2-суранская свита (сланцы серицито-углисто-кварцевые, углисто-кварцевые песчаники, алевролиты и известковистые сланцы, серицито-хлорито—кварцевые прослои, прослои доломитов); 3-юшинская свита (сланцы углисто-хлорито-кварцевые, серицито-кварцевые, алевролиты, прослои песчаников, сланцы серицито-хлорито-кварцевые); 4-машакская свита (сланцы графито (-углисто)-кварц-хлоритовые, графито-кварцевые, хлорито-хлоритоидно-кварцевые, алевролиты, туфоалевролиты, эффузивы основного и кислого составов, кварцито-песчаники, слюдястые кварцито-песчаники и песчаники, гравелиты и конгломераты); 5-зигальгинская свита (кварцито-песчаники, кварциты и слюдястые кварциты); 6-зигазино-комаровская свита (графито-хлорито-кварцевые, графито-кварцевые сланцы, хлорито-хлоритоидно-кварцевые алевролиты, прослои известняков); 7-авзянская свита (доломиты, доломитизированные известняки, прослои песчаников и сланцев, серицито(мусковито)-хлорито-кварцевые, реже углисто(графито)-кварцевые алевролиты); 8-зильмердакская свита (сланцы серицито-хлоритовые, серицито-хлорито-кварцевые алевролиты, прослои известняков, кварцито-песчаников и песчаников аркозовых и полевошпат-кварцевых); 9-инзерская и катавская свиты нерасчлененные; 10-миньярская свита; 11-белорецкий метаморфический комплекс; 12-палеозойские отложения; 13-разновозрастные дайки диабазов и габбро-диабазов; 14-массивы диабазов, габбро-диабазов и габбро; 15-региональные разломы (надвиги): 1-Караташский, 2-Большеинзерский, 3-Восточно-Суранский, 4-Юрюзано-Зюраткульский; 16-коренные месторождения и рудопроявления золота (I-Кургашлинское, II-Улюк-Бар, III-Рамеева жила, IV-Багряшка, V-Калашникова жила, VI-Горный прииск, VII-Осиновый лог); 17-золотоносные россыпи; 18-аномалии по содержаниям золота; 19-единичные находки золота в пробах-протоколках; 20-разрезы и зоны сложнодислоцированных углеродсодержащих пород (I-Гадьльшинская зона, 2-Улу-Елгинский разрез, 3-Кудашмановский разрез, 4-Разрез по руч. Интурат, 5-Узянский разрез, 6-Кагармановский разрез).

Слагающие ее породы представлены сильно дислоцированными и рассланцованными углеродистыми сланцами с относительно редкими прослоями алевролитов и алевропесчаников, которые насыщены кварцевыми прожилками различной формы и размеров с обильной сульфидной минерализацией. Эти отложения зажаты между двумя телами диабазов, которые подверглись значительным изменениям (хлоритизации, серицитизации и сульфидизации эндо-контактных зон).

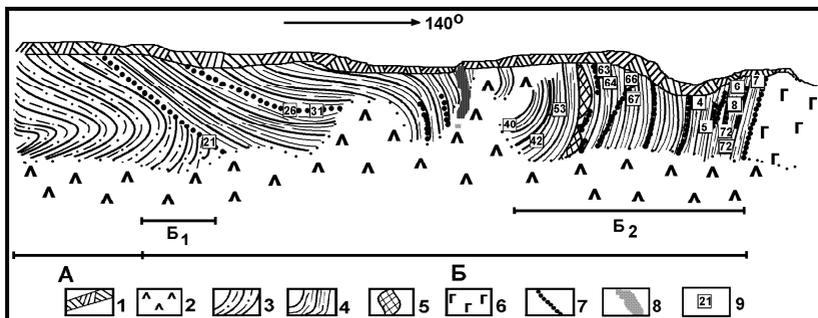
Геологическая схема строения Улу-Елгинской зоны представлена на рис. 10.2, а отдельные разрезы через нее, на серии рис. 10.3, 10.4, 10.5.

**Рис. 10.2.** Геологическая схема Улу-Елгинской зоны (по А.Ф.Ротару и др., 1985 ф, с дополнениями).

1-суранская свита; 2-юшинская свита; 3-машакская свита; 4-кызылташская свита; 5-сложнодислоцированная черносланцевая толща; 6-диабазовые дайки; 7-разновозрастные тела габбродиабазов; 8-тектонические нарушения; 9-четвертичные отложения; 10-изученные разрезы (А-В-Улу-Елгинский, С-Д-по р. Сюрюнзяк, Е-Ф-у д.Кудашманово).

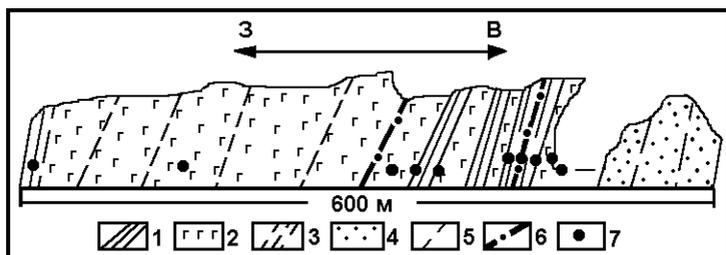


Определения содержаний МПГ, выполненные атомно-абсорбционным методом в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ (аналитик Т.В.Пучкова) показали, что в ожелезненных кварцевых жилах, приуроченных к зоне разлома (интервал Б<sub>1</sub>), содержания платины составляют 0,09, а Os и Ru – 0,005 и 0,043 г/т соответственно, а сульфидизированные черные сланцы из приконтактной зоны с дайкой диабазов (интервал Б<sub>2</sub>) содержат 0,05 г/т платины и 0,004 г/т осмия (табл. 10.1 и рис. 10.3). Кроме этого А.Е.Соболевым в черносланцевых отложениях из этого разреза (интервал Б) было установлено 0,05 г/т платины.



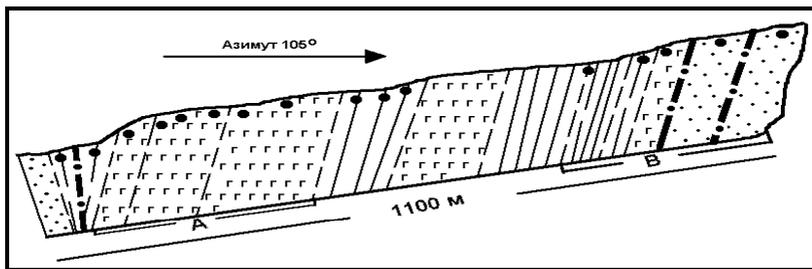
**Рис. 10.3. Улу-Елгинский разрез.**

1-почвенно-растительный слой; 2-осыпи; 3-хлорит-серицитовые сланцы; 4-черные, углеродсодержащие сланцы; 5-аподиабазовые(?) мусковитсодержащие породы; 6-дайка диабазов; 7-кварцевые жилы; 8-дайковое тело альбититов; 9-точки отбора проб.



**Рис. 10.4. Геологический разрез по правому борту р.Сюржюз'к.**

1-хлорит-мусковит-кварцевые сланцы, 2-метадиабазы, 3-кремнисто-углисто-глинистые, углисто-кварц-мусковитовые сланцы, пиритизированные, 4-песчаники, кварцитопесчаники, 5-«контакты» между толщами, 6-тектонические нарушения, 7-места отбора проб.



**Рис. 10.5. Геологический разрез тектонической зоны в районе с. Кудашманово (по А.Е.Соболеву, 1999 г, с дополнениями).**

Условные обозначения см. на рис. 10.4.

Таблица 10.1

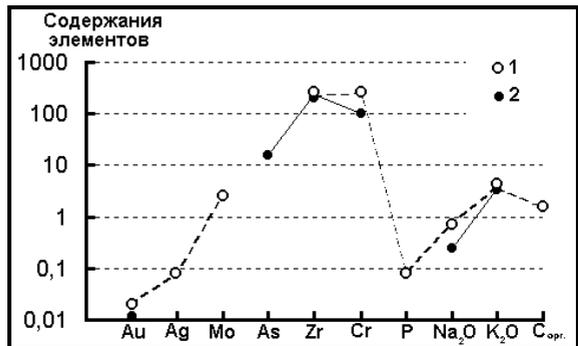
Содержания благородных металлов в породах  
Улу-Елгинского разреза (в г/т)

№ п/п	Pt	Os	Ru	Ag	Au
1	<0,05	<0,004	<0,004	0,12	0,059
2	<0,05	<0,004	<0,004	0,09	0,047
3	0,09	0,005	0,043	0,06	0,082
4	<0,05	<0,004	<0,004	0,06	0,049
5	<0,05	<0,004	<0,004	0,09	0,037
6	0,05	<0,004	<0,004	1,62	0,27
7	<0,05	0,004	<0,004	0,36	0,097

*Примечание:* Анализы выполнены в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ (г. Москва) атомно-абсорбционным и кинематическим методами, аналитик Т.В.Пучкова (по С.Г.Ковалеву и др., 1999).

Разрез, обнаженный в правом борту р.Сюрюнзяк (рис. 10.4), расположен от Улу-Елгинского приблизительно в 500 м южнее. В его составе значительную роль играют магматические породы, представленные метадиабазами, химический состав которых ( $\text{SiO}_2$ -46,3-48,1%;  $\text{TiO}_2$ -1,1-2,1%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -12,4-14,3%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -4,2-6,2%;  $\text{FeO}$ -8,1-10,3%;  $\text{MnO}$ -0,21-0,26%;  $\text{MgO}$ -6,8-8,5%;  $\text{CaO}$ -6,2-8,7%;  $\text{Na}_2\text{O}$ -3,4-4,4%;  $\text{K}_2\text{O}$ -0,08-0,65%;  $\text{P}_2\text{O}_5$ -0,13-0,29%;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -0,01-0,02%;  $\text{V}_2\text{O}_5$ -0,03-0,05%) близок к аналогичным образованиям Улу-Елгинского разреза. Сравнительный анализ распределения отдельных элементов в этих разновидностях пород (рис. 10.6) показывает, что черносланцевые отложения обогащены хромом (в 2,5 раза) и углеродом (1,56% и не обнаружено, соответственно).

**Рис. 10.6.** Диаграмма распределения некоторых элементов в углеродсодержащих (1) и хлорит-мусковит-кварцевых сланцах (2) разреза по правому борту р. Сюрюнзяк (с использованием материалов А.Е. Соболева, 1999 ф).



Дальнейшее продолжение этой зоны на юге представлено разрезом у с.Кудашманово (рис. 10.5), положение которого изображено на рис. 10.2 (разрез Е-Ф). Его строение определяется широким развитием магматических пород (метадиабазов, metabазальтов) в ассоциации со сланцами хлорит-мусковит-кварцевыми и углеродистыми, а также песчаниками и кварцитопесчаниками. Причем, как видно из разреза, углеродсодержащие разновидности пород «тяготеют» к тектоническим зонам.

Средние содержания основных окислов в metabазальтах, участвующих в сложении разреза составляют: SiO<sub>2</sub>-48,3%; TiO<sub>2</sub>-1,2%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-13,8%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-4,7%; FeO-8,4%; MnO-0,21%; MgO-7,6%; CaO-8,2%; Na<sub>2</sub>O-2,8%; K<sub>2</sub>O-0,25%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,14%; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,02%; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,04%. В наиболее измененных (окварцеванных, эпидотизированных и серицитизированных) разновидностях этих пород содержания основных породообразующих окислов изменяются в пределах: SiO<sub>2</sub>-52,9-57,7%; TiO<sub>2</sub>-1-1,4%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-11-17%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5,4-11%; FeO-1,6-5,9% MnO-0,08-0,22%; MgO-3,2-3,8%; CaO-0,7-15,5%; Na<sub>2</sub>O-0,44-0,51; K<sub>2</sub>O-0,06-3,8%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,16-0,17%; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,01%; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,03%. В целом, химический состав магматических пород и общее строение разреза очень близки к описанным в правом борту р.Сюрюнзяк (рис. 10.4).

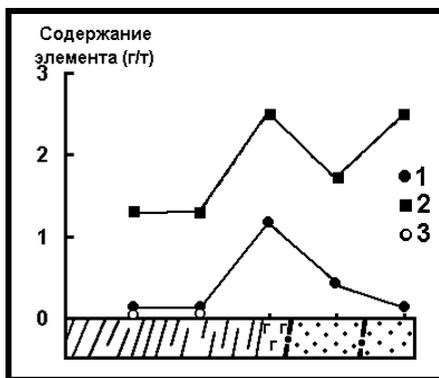
Таблица 10.2  
Содержания благородных металлов в породах  
Кудашмановского разреза (в г/т)

№ обр.	Pt	Pd	Au	Ag	Ir
36/1	0,09	0,44	-	3,2	-
36/2	-	0,11	-	3,2	-
36/3	-	0,09	-	2,5	-
36/4	-	0,13	0,018	1,3	-
36/6	-	0,13	0,034	1,3	-
36/7	0,13	0,10	-	<0,5	0,10
36/8	-	0,096	-	1,7	0,06
36/9	-	0,13	-	2,5	-
36/11	-	0,30	-	1,5	0,05
36/12	-	0,57	-	2,5	-
36/13	0,1	1,18	-	2,5	-
36/14	-	0,42	-	1,7	-

*Примечание:* Анализы выполнены атомно-абсорбционным методом с электротермическим атомизатором во ВСЕГЕИ, аналитик С.Ю.Шишкова (по А.Е.Соболеву, 1999 ф).

Распределение благородных металлов в «восточной» части разреза, представленной преимущественно «осадочными» образованиями, изображено на диаграмме (рис. 10.7), из анализа которой видно, что максимальные количества палладия и серебра приурочены к метадиабазам вблизи их контакта с углеродсодержащими сланцами.

**Рис. 10.7.** Распределение благородных металлов в породах Кудашмановского разреза (по А.Е.Соболеву, 1999 ф). 1-палладий, 2-серебро, 3-золото. Остальные условные обозначения см. на рис. 10.4.



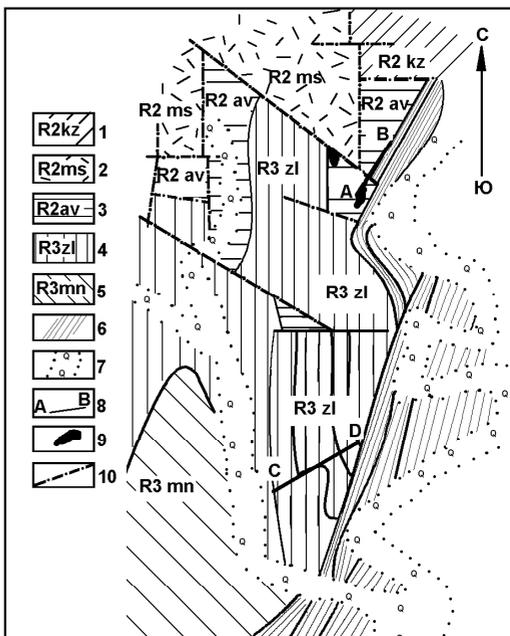
Повышенные содержания благороднометаллических элементов (по сравнению с кларками) характерны и для остальных частей разреза. Кроме этого, между серебром и палладием установлена статистически значимая корреляционная зависимость с коэффициентом + 0,57. В то же время обращает на себя внимание несколько пониженное (по сравнению с другими разрезами зоны) содержание золота, значимые количества которого установлены только в черносланцевых породах.

## 10.2. Узянско-Кагармановская зона

Зона расположена в полосе развития пород авзянской ( $R_2$ ) и зильмердакской ( $R_3$ ) свит, вблизи контакта докембрийского разреза Башкирского мегантиклинория с палеозойским обрамлением. Как видно из рис. 10.8, этот район характеризуется широким развитием разноранговых тектонических нарушений, что в целом формирует его «мозаично-блоковое» строение. Зона выделяется на основании изучения двух разрезов – Кагармановского (рис. 10.9) и Узянского (рис. 10.11).

**Рис. 10.8.** Геологическая схема строения Узьянско-Кагармановской зоны (по А.В. Ключихину и др., 1969 ф с изменениями).

1-кызылташская свита белорецкого метаморфического комплекса; 2-машакская свита ( $R_2$ ); 3-авзянская свита ( $R_2$ ); 4-зильмердакская свита ( $R_3$ ); 5-миньярская свита ( $R_3$ ); 6-палеозойские отложения нерасчлененные; 7-четвертичные отложения; 8-изученные разрезы: А – В-Узянский разрез, С – D -Кагармановский разрез); 9-тела габбродиабазов; 10-тектонические нарушения.

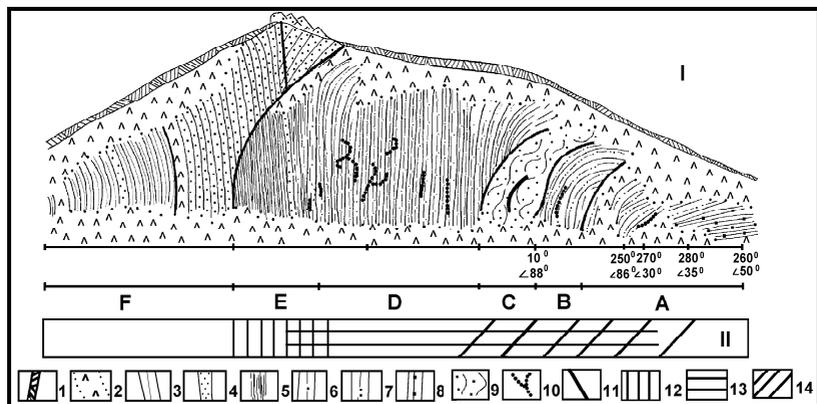


**Кагармановский разрез** обнажен в скальном выходе дорожной выемки трассы Белорецк-Бурзян, в 100-200 м юго-западнее окраины пос. Кагарманово, где распространены терригенные (песчаники, алевролиты, глинистые и углисто-глинистые сланцы) породы зильмердакской свиты верхнего рифея.

Содержания благородных металлов в штучных образцах из этих пород приведены в таблице 10.3. Обращает на себя внимание резко повышенное (по отношению к кларку) количества металлов платиновой группы, что не характерно для аналогичных образований как чисто осадочного, так и осадочно-метаморфогенного генезиса.

Кроме этого, количества золота и платины в различных разновидностях пород, слагающих этот разрез, были определены атомно-абсорбционным методом с пламенным вариатором в ИГ УНЦ РАН (аналитик Н.Г.Христофорова). Содержания платины определялась сорбцией с политиоэфиром. Таким образом, количества золота приводятся в г/т, а значения Pt имеют качествен-

ный характер и используются в условных единицах (у.е.). В итоге были получены следующие значения: ожелезненный кварц с сульфидами и «звездчатыми» агрегатами марказита (интервал D) – Au-0,24 г/т, (Pt-0,47 у.е.); кварцевый метасоматит (интервал E) – Au-0,17 г/т, (Pt-0,42 у.е.); углисто-глинистый сланец с сульфидами (интервал E) – Au-0,28 г/т, (Pt-0,50 у.е.).



**Рис. 10.9.** Разрез сложнодислоцированной углеродсодержащей толщи в районе с. Кагарманово (I) и схематическая колонка максимального развития «углеродизации», окварцевания и карбонатизации (II).

1-почвенно-растительный слой; 2-осыпи; 3-глинистые сланцы с редкими прослоями алевролитов; 4-песчаники и «окварцеванные» породы; 5-углеродсодержащие черные сланцы; 6-зеленые алевросланцы и сланцы; 7-серицитизированные глинистые сланцы с линзами кварц-карбонатного материала; 8-глинистые сланцы с «сингенетичным» пиритом; 9-тектонизированные кварцитопесчаники; 10-кварцевые жилы; 11-тектонические нарушения; зоны максимального развития: 12-«углеродизации»; 13-окварцевания; 14-карбонатизации (по С.Г.Ковалеву и др., 1999).

Ранее проведенными работами, статистически значимая корреляция между золотом и платиной (+ 0,44) была установлена Н.А.Созиновым с соавторами для руд месторождения Сухой Лог. Ими же было выявлено, что между золотом и палладием, как и между платиной и палладием, корреляция отсутствует (Созинов и др., 1995). Ф.А.Летниковым с соавторами при изучении углеродистых метасоматитов, приуроченных к тектоническим зонам Оспинско-Китойского гипербазитового массива, был установлен привнос восстановленными высокоуглеродистыми флюидами Au совместно с Pt, в то время как Pd выносился из тектонических зон во внешний ореол (Летников и др., 1996).

Таблица 10.3

Содержания МПГ и Au в породах Кагармановского разреза (г/т)

№ п/п	Au	Pt	Pd	Rh	Os	Ru	Ir
1	0,013	0,27	<0,02	<0,01	<0,004	0,060	<0,002
2	0,0065	0,08	<0,02	<0,01	<0,004	<0,004	<0,002
3	0,011	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
4	0,03	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	0,005	<0,002
5	0,0009	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,002
6	0,015	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	0,027	<0,002
7	0,015	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	0,005	0,003
8	<0,001	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
9	0,015	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
10	0,09	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
11	0,052	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
12	0,022	<0,05	<0,05	<0,02	0,015	<0,004	<0,002
13	0,022	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
14	0,0321	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
15	0,01	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
16	0,014	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
17	0,038	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
18	0,016	<0,05	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,002
19		0,07	0,16	0,005			
20		0,03	0,10	0,002			
21		0,03	0,08	0,003			
22		0,07	0,10	0,002			
23		0,05	0,10	0,001			
24		0,02	0,07	0,004			
25		0,05	0,12	0,004			
26		0,07	0,15	0,004			
27		0,03	0,08	0			

*Примечание:* № 1-углеродсодержащий сланец с линзообразными выделениями сульфидов; № 2-углеродсодержащий сланец с кварцевым прожилком (обр. из коллекции В.Н.Пучкова); №№ 3,5,15,17-пиритизированные глинистые сланцы; №№ 4,6,8-11,18-углеродистые сланцы с вкрапленностью пирита; №№ 7, 12, 13, 16-кварц-лимонитовая порода; 14-песчаник; №№ 19-28-пиритизированные и окварцеванные сланцы. В №№ 1-18 содержания определены атомно-абсорбционным и кинематическим методами в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ (аналитик Т.В.Пучкова). №№ 19-28-проанализированы в ИГЕМ только на содержания Pt, Pd и Rh. (№№ 3-28 по М.В.Рыкусу, В.И.Сначеву, 1999).

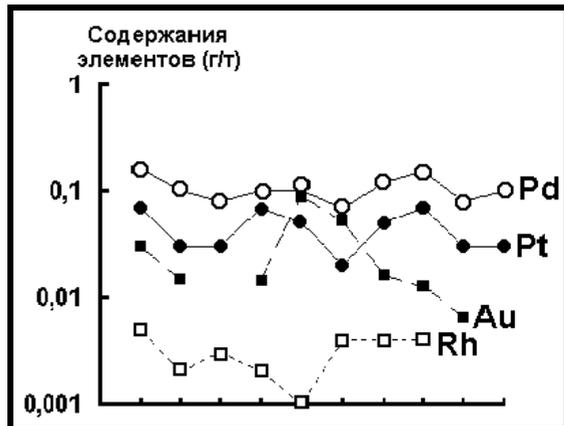
Таблица 10.5

Содержания благородных металлов в породах  
Узянско-Кагармановской зоны (в г/т)

№	Au	Ag	Pt*	Название породы
1	0,24* 0,60	- сл	0,47* -	Жильный кварц с марказитом
2	0,17*	-	0,42*	Кварцевые метасоматиты с сульфидами
3	0,28* 1,00	- 0,8	0,30* -	Черные сланцы с сульфидами
4	0,1	4,3	-	Диабаз?
5	сл.	-	-	Диабаз
6	0,8	0,4	-	Жильный кварц
7	0,64*	-	0,38*	Переслаивание черных сланцев с Q-Са-ми сульфидизированными алевросланцами
8	3,21*	-	0,76*	Жильный кварц с хлоритом и серицитом

*Примечание:* №№1-3-Кагармановский разрез; 4-8-Узянский разрез. Анализы выполнены в аналитической лаборатории Миндякского рудника пробирным методом, аналитик Н.М.Кирсанова. Качественные определения Pt и цифры со знаком -\* получены атомно-абсорбционным методом с пламенным вариатором в ИГ УНЦ РАН, аналитик Н.Г.Христофорова.

**Рис. 10.10.** Диаграмма распределения содержаний благородных металлов в породах Кагармановского разреза (с использованием материалов М.В. Рыкуса и В.И. Сначева, 1999).



Анализ взаимоотношений и взаимосвязей между благороднометалльными элементами, содержащимися в породах Кагар-

мановского разреза ( рис. 10.10 и табл. 10.6) показывает, что в нашем случае устанавливается довольно отчетливая корреляционная зависимость между содержаниями платины и палладия (+ 0,81) и палладия и родия, в то время как золото имеет значимые отрицательные корреляционные связи с родием. Эти факты могут свидетельствовать о том, что более поздние метаморфотметасоматические процессы привели к существенному перераспределению Au, что нарушило его «первичные» связи с платиноидами либо сама золотометальная специализация имеет несколько генераций при ведущей роли «коровых» процессов перераспределения этого элемента.

Таблица 10.6

Коэффициенты корреляции между благородными металлами, содержащимися в породах Кагармановского разреза

	Pd	Rh	Au
Pt	<b>0,807</b>	0,162	-0,133
Pd		<b>0,499</b>	-0,207
Rh			<b>-0,404</b>

Одной из характерных особенностей сульфидной минерализации, присущей породам Кагармановского разреза, является присутствие в них «свежих» кристалликов пирита-II, различающихся по содержаниям микропримесей (табл. 10.7).

Если для пиритов из кварцевых метасоматитов характерно наличие значимых количеств мышьяка, то в пиритах из углесто-глинистых сланцев установлены примеси теллура, никеля и следовые количества платины. Возможно, что данные различия свидетельствуют о нескольких (более 2-х ?) генерациях пирита, либо об избирательной концентрации микропримесных компонентов в зависимости от состава пород и их компетентности.

Продолжение зоны развития охарактеризованных выше пород было установлено нами южнее п.Узян (*Узянский разрез*), в 6 км северо-восточнее Кагармановского разреза (рис. 10.8, разрез А-В). Здесь, в западном борту дорожной выемки на протяжении более 500 м обнажена сложнослоистая толща углеродсодержащих сланцев (см. рис. 10.11).

Одной из интересных и очень важных, по нашему мнению, особенностей этой зоны является то, что она «сечет» разновозрастные отложения (зильмердакские (R<sub>3</sub>) в Кагармановском разрезе

и авзянские (R<sub>2</sub>) в Узьянском разрезе), но представлена очень близкими (практически полностью идентичными) породами.

Таблица 10.7

Составы рудных минералов из пород  
Узьянско-Кагармановской зоны (в % элемента)

№ обр	1	2	3	4	5	6
Fe	<b>44,44</b>	<b>46,41</b>	<b>44,9</b>	<b>45,66</b>	<b>53,42</b>	<b>46,53</b>
S	<b>49,82</b>	<b>50,94</b>	<b>50,66</b>	<b>50,34</b>	<b>0,13</b>	<b>52,06</b>
Au	0,0	0,0	0,080	0,0	0,0	<b>0,883</b>
Ag	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019	0,0
Pt	0,02	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0
Pd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,03	0,0
Ir	<b>0,62</b>	0,33	0,0	0,0	0,0	<b>1,26</b>
Rh	0,21	0,19	<b>0,33</b>	0,0	0,17	0,0
Ni	<b>0,31</b>	0,13	0,02	0,14	0,0	0,16
Co	0,0	0,0	0,13	0,0	0,0	0,0
Cu	0,06	0,18	0,14	0,03	0,07	0,0
As	0,11	0,08	0,0	<b>0,67</b>	0,05	0,0
Sb	0,3	0,29	0,29	0,20	0,0	0,21
Sn	0,21	0,0	<b>0,30</b>	0,0	0,0	0,20
Bi	0,33	0,09	0,0	0,0	0,0	0,0
Hg	0,0	0,0	0,63	0,0	0,45	0,89
Te	<b>0,99</b>	0,08	0,13	0,14	0,15	0,0
Ti	0,0	<b>0,12</b>	0,06	<b>0,15</b>	0,0	<b>0,12</b>
V	0,04	0,06	0,07	0,0	0,0	0,0
Σ	97,48	98,91	97,73	97,36	54,46	102,31

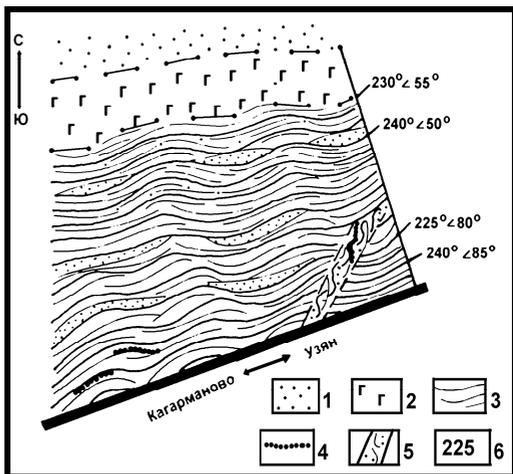
*Примечание:* №№1-4 Кагармановский разрез (1-2-пирит из углисто-глинистых сланцев с сульфидными линзами, 3,4- пирит из кварцевых метасоматитов); 5,6-Узьянский разрез (5-«лимонитовая» рубашка пирита из диабазов, 6-центральная часть пиритового кристалла из диабазов). Здесь и далее определения выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г.Уфа). Жирным выделены значения, превышающие величину ошибки.

В составе ожелезненного кварца из этого разреза атомно-абсорбционным методом, выполненным в ЦКЛ ОАО «Башкиргеология» (аналитик Л.В.Демина) были установлены следующие элементы (в вес.%): Fe-3,33; Mn-0,022; Cr-0,048; Cu-0,0035; Zn-

0,0072; S-<0,05; As-0,02; Co-0,0021; Ni-0,0097; Pb-0,0064; Au-0,8 г/т; Ag-0,4 г/т.

**Рис. 10.11.** Геологическое строение Узянского разреза (по С.Г. Ковалеву и др., 1999).

1-кварцевые песчаники, кварцитопесчаники и кварцевые метасоматиты; 2-габбродиабазы; 3-углеродсодержащие сланцы; 4-кварцевые жилы; 5-тектонические зоны; 6-элементы залегания.



Благороднометальная специализация пород характеризуется наличием «аномальных» количеств золота (в г/т) и платины (в у.е.), которые установлены в ожелезненных кварцевых жилах, приуроченных к тектоническим зонам (Au-3,21; Pt-0,76) и углесто-глинистых сланцах с кварц-карбонатными прожилками (Au-0,64; Pt-0,38; см. табл. 10.5)

Как видно из приведенных выше материалов по геологическому строению тектонических зон и металлогенической специализации, слагающих их пород, всем им присуща специфическая (МПГ±Au) металлогеническая специализация. К близким выводам приходит А.Е.Соболев (1999 ф), исследованиями которого было установлено, что измененные породы, приуроченные к разноранговым тектоническим нарушениям, распространенным в пределах западного склона Южного Урала, характеризуются четко выраженной платинометальной специализацией при ее палладиевой направленности (см. табл. 9.8).

В 2001 году Ю.А.Волченко с соавторами была опубликована работа по содержаниям благородных металлов в черносланцевых отложениях Среднего и Северного Урала (Волченко и др., 2001). На основе большого (свыше 200) количества проб были определены фоновые содержания платины, палладия и

золота для верхнерифейских, ниже-среднеордовикских и верхнеордовикско-силурийских отложений.

Таблица 10.8

Содержания МПГ (г/т) в минерализованных зонах тектонических нарушений (по А.Е.Соболеву, 1999 ф)

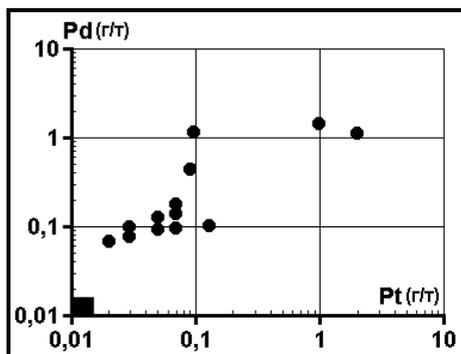
№ п/п	Pt	Pd	Au	Ag	Zn	Mo	Sn
1	-	1,08	-	1,7	50	2	3
2	-	0,10	-	1,7	100	-	5
3	0.07	1,47	-	1,0	40	1	6
4	0,10	1,18	-	2,5	50	-	2,5
5	-	0,42	-	1,7	-	1,5	4
6	-	0,08	0,008	0,06	-	-	-
7	0,05	-	0,004	0,06	25	-	-

*Примечание:* 1-3-доломит-кварц-гематит-гидрогетитовые брекчии, 4-5-лимонит-гематит-кварцевые метасоматиты, 6-пирит-кварц-карбонатные породы с реликтами серицитизированных углисто-глинистых сланцев, 7-пирит-хлоритовая порода с реликтами серицитизированных кремнисто-глинистых сланцев. Определения выполнены в аналитической лаборатории ВСЕГЕИ атомно-абсорбционным методом с электротермическим атомизатором (аналитик С.Ю.Шишкова).

Сопоставление фоновых содержаний, характерных для позднерифейского времени с количествами платиноидов, содержащихся в сложнодислоцированных черносланцевых отложениях западного склона Южного Урала показывает, что последние резко обогащены (максимально на 2 порядка) этими элементами (рис. 10.11).

**Рис. 10.11.** Содержания Pt и Pd в сложнодислоцированных толщах, приуроченных к тектоническим зонам западного склона Южного Урала.

Черный квадрат—область фоновых содержаний по Ю.А. Волченко и др., 2001. При построении использовались материалы А.Е.Соболева (1996 г) и М.В. Рыкуса, В.И. Сначева (1999).



В этом же разделе следует привести материалы по россыпи «Осиновый Лог», ввиду того, что она, во-первых, расположена на продолжении, выделяемой нами Узянско-Кагармановской зоны (см. рис. 10.1), а во-вторых, в ней было обнаружено самородное олово, состав которого близок к описанному нами ранее, обнаруженному в коренных породах Улу-Елгинского разреза (Ковалев и др., 1997, 1999), и в составе которого в значимых количествах были установлены МПГ (табл. 10.9).

Таблица 10.9

Химический состав самородного олова из коренных пород Улу-Елгинского разреза и россыпи «Осиновый Лог» (в % элем.)

Элемент	1	2	3	4
Sn	<b>78,42-94,06</b>	<b>91,25-91,58</b>	<b>92,62</b>	<b>89,33</b>
Au	сл.	-	0,0	0,13
Ag	<b>0,99-1,11</b>	-	<b>0,77</b>	<b>0,86</b>
Pt	сл.	-	0,0	0,10
Pd	<b>1,14-1,27</b>	-	0,35	0,29
Ir	сл.- <b>1,21</b>	-	0,0	0,0
Rh	<b>1,09-1,21</b>	-	0,14	<b>0,49</b>
Fe	<b>0,25</b>	сл.- <b>0,96</b>	0,0	0,16
S	<b>0,13-1,4</b>	0,17-0,25	0,09	0,05
Cu	<b>0,36-0,84</b>	<b>0,93-3,45</b>	<b>0,41</b>	0,32
Pb	<b>3,78-14,01</b>	сл.	1,07	<b>3,29</b>
Sb	<b>1,15-1,65</b>	сл.- <b>2,33</b>	<b>2,72</b>	<b>2,89</b>
Ni	<b>0,25</b>	сл.	0,0	0,05
Co	<b>0,3</b>	-	0,03	0,0
As	сл.- <b>1,85</b>	сл.	0,0	0,0
V	<b>0,24</b>	-	0,07	0,09

*Примечание:* №№ 1,2-самородное олово из коренных пород Улу-Елгинского разреза; №№ 3,4-самородное олово из россыпи «Осиновый Лог» (по С.Г.Ковалеву и др., 1997).

В составе отдельных золотинок из этой россыпи был установлен палладий, содержания которого превышают стандартную ошибку метода определения (табл. 10.10), что, в свою очередь, позволяет говорить (плюсуя к этим материалам данные о находках самородного олова) о принадлежности этого объекта к продуктам разрушения зон сложнодислоцированных черносланцевых толщ.

Таблица 10.10

Химический состав самородного золота из россыпи  
«Осиновый Лог» (в % элем.)

Элемент	1	2
Au	<b>89,548</b>	<b>89,217</b>
Ag	<b>7,611</b>	<b>8,060</b>
Pt	0,624	0,0
Pd	<b>1,056</b>	<b>1,061</b>
Rh	0,0	0,081
Fe	0,0	0,092
S	<b>0,845</b>	<b>0,538</b>
Sn	0,0	0,0
Cr	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0
Te	0,040	0,170
Sb	0,057	0,0
Ni	0,033	0,074
Co	0,031	0,0
As	0,0	0,597
V	0,167	0,121
Σ	100,012	100,011

Изложенный выше материал позволяет предполагать, что сложнодислоцированные черносланцевые отложения распространённые в тектонических зонах, расположенных на территории Республики Башкортостан являются высокоперспективными участками на выявление нетрадиционного для Республики типа благороднометалльного оруденения. Технология прогнозирования и поисков такого типа оруденения детально была описана в работе Д.А.Додина с соавторами (2000). Она включает в себя три этапа и может быть рекомендована для применения в условиях региона.

*1 этап* – прогноз рудоносных площадей включающий в себя:

- 1) геолого-минералого-геохимическое картирование в масштабе 1:100000-1:25000;
- 2) картирование метасоматитов (либо сложнодислоцированных зон) и возможной продуктивной минерализации в масштабе 1:2500-1:2000;

3) специальные минералого-геохимические исследования сульфидов с определением элементов-спутников Ag, Bi, Te, Se, Zn, Cu, Ni, Co, As, Sb, Ba, Hg, Ti, Cr, Mn и др.;

*Результат* – выявление рудных зон, узлов и полей с оценкой ресурсов по категории P<sub>3</sub>.

**II этап** – поисковые работы, включающие:

1) минералого-геохимическую съемку черносланцевых толщ в масштабе 1:50000-1:10000;

2) минералогическое и петрофизическое картирование перспективных площадей в масштабе 1:50000-1:5000;

3) высокоточная мангитометрия, ЕП, ВП, КС и радиометрия;

4) бурение единичных поисково-структурных скважин (300-600 м) с детальной скважинной геофизикой, геохимией, петрофизикой и термобарометрией;

*Результат* – выявление рудоносных участков, рудопроявлений и потенциально промышленных объектов с их оценкой по категории P<sub>2</sub>.

**III этап** – проведение поисково-оценочных работ, которые заключаются в следующем:

1) геолого-минералогическое картирование в масштабе 1:5000-1:1000;

2) бурение по профилям 200×500 м скважин до 1 км;

3) скважинная петрофизика, геохимия и геофизика (ВП, МЭК, МЭП, КСПК);

4) опробование руд, метасоматитов и зон сульфидизации на Au, Ag, МПГ, Cu, Bi, Te, Se и др.

*Результаты* – выделение рудных тел с оценкой по категории P<sub>1</sub> и частично C<sub>2</sub>. Составление ТЭЭС и ТЭЭО для дальнейшего изучения и освоения.

## Глава 11

### СОДЕРЖАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОКЕМБРИЙСКИХ КОНГЛОМЕРАТАХ

В пределах западного склона Южного Урала выделяется набор магматических и осадочных пород, свидетельствующих о специфическом развитии региона в среднерифейское время. Комплексный анализ геологических материалов привел многих исследователей к выводам о том, что структура, которая сформировалась в этот временной этап, может рассматриваться как палеорифтогенная. В ее строении участвуют магматические, осадочные и вулканогенно-осадочные образования, слагающие (с севера на юг): Кусинско-Копанский расслоенный и Кувацкий вулканогенно-осадочный комплекс; Шатакский и Машакский вулканогенно-осадочные комплексы, а также Кургасский интрузивный комплекс (рис. 11.1).

На территории Республики Башкортостан широко представлены отложения *Шатакского* и *Машакского* комплексов, которые представлены вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными отложениями, выполняющими Машакскую, Ишлинскую, Белетарскую, Кухтурскую, Узянскую и Шатакскую структуры (рис. 11.1). Геологическое строение комплексов относительно хорошо изучено, а материалы приведены в довольно многочисленных публикациях П.Н.Швецова, В.И.Козлова, А.Ф.Ротаря, В.П.Парначева, А.В.Маслова, и др.

Строение отдельных комплексов характеризуется наличием стратифицированных толщ, представленных переслаиванием осадочных (полимиктовые конгломераты от валунных до мелкогалечных, гравелиты, песчаники, алевролиты, углеродисто-глинистые сланцы и прослой карбонатных пород), вулканогенно-осадочных (туфопесчаники, туфобрекчии, туфы основного и кислого составов) и вулканических (метабазальты, диабазы, дациты и риолиты) пород. Считается, что обобщенный разрез этого комплекса, с угловым несогласием и размывом залегающий на породах юшинской свиты ( $R_1$ ), начинается с базальных конгломератов и наращивается толщами, представляющими собой переслаивание пачек терригенного материала различной размерности с потоками (покровами) метабазальтов, силлами метадиабазов и жерловыми фациями вулканитов основного и кислого составов.

**Рис. 11.1. Структурно-тектоническая схема расположения среднерифейской палеорифтогенной структуры и обобщенно-идеализированные разрезы ее отдельных зон (по Парначеву и др., 1986, с изменениями и дополнениями).**

1-8-условные обозначения для структурно-тектонической схемы: 1-Гараташский архей-протерозойский комплекс; 2-нижнерифейский комплекс; 3-среднерифейский осадочный комплекс; 4-верхнерифейско-вендский комплекс; 5-среднерифейский вулканогенно-осадочный комплекс; 6-Кусинско-Копанский массив; 7-палеозойские отложения; 8-отдельные структурные зоны среднерифейской палеорифтогенной структуры: 1-Кувашская зона, 2-Машакская зона, 3-Ишлинская зона, 4-Белетарская зона, 5-Узянская зона, 6-Кухтурская зона, 7-Шатакская зона, 8-Кургасская зона; 9-20-условные обозначения для идеализированных разрезов: 9-доломиты саткинской свиты ( $R_1$ ); 10-углисто-глинистые сланцы юшинской свиты ( $R_1$ ); 11-глинистые и углисто-глинистые сланцы; 12-алевролиты; 13-вулканогенно-осадочные породы кувашского комплекса нерасчлененные; 14-интрузивные породы основного состава Кусинско-Копанского комплекса нерасчлененные; 15-Рябиновские граниты; 16-кварцито-песчаники и кварциты зигальгинской и таганайской свит; 17-конгломераты; 18-силлы основных пород; 19-потоки основного состава; 20-туфы, туффиты и туфопесчаники нерасчлененные; 21-эффузивы кисло-го состава (риолиты).

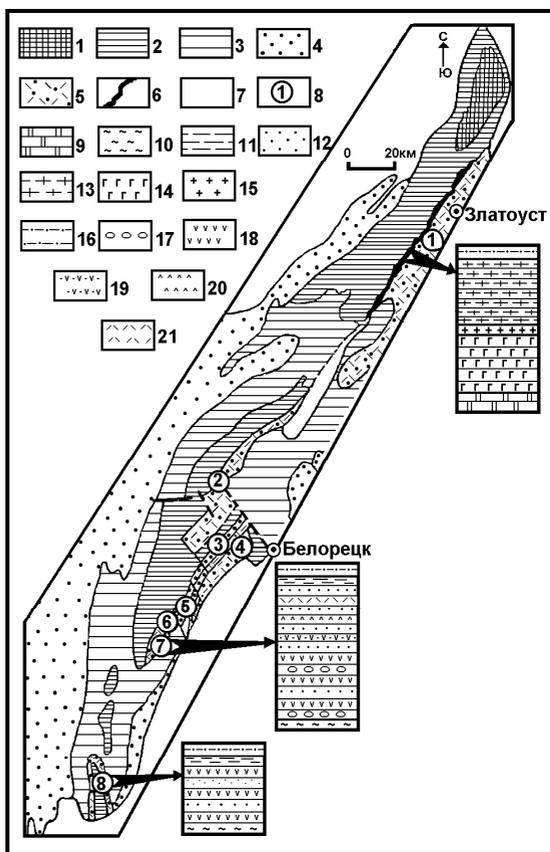


Таблица 11.1

Содержания благородных металлов  
в осадочных и магматических породах  
Шатакского комплекса (в г/т)

№	Название породы	Au	Ag	Pt	Pd
1	конгломерат с магнетитом	0,20	5,25	1,75	0,30
2	песчаник с гематитом	0,25	1,00	<0,5	<0,1
3	диабаз с магнетитом	<0,1	1,75	<0,5	<0,1
4	конгломерат с сульфидами	0,10	1,00	<0,5	<0,1
5	конгломерат	0,35	1,25	н/о	н/о
6	крггломерат с гематитом	1,80	1,45	н/о	н/о
7	конгломерат с магнетитом	1,60	2,50	1,30	0,30
8	конгломерат с магнетитом	1,20	1,00	1,50	0,20
9	магнетитовая руда	1,20	1,75	<0,5	<0,1
10	конгломерат с магнетитом	2,15	1,20	1,40	0,20
11	конгломерат	0,20	1,38	н/о	н/о
12	конгломерат	0,30	1,25	<0,5	<0,1
13	углерод. сланец с сульфид.	0,20	1,36	<0,5	<0,1
14	конгломерат	<0,1	1,00	<0,5	<0,1
15	конгломерат	0,20	1,25	<0,5	<0,1
16	конгломерат	0,20	1,00	н/о	н/о
17	конгломерат	0,15	0,75	н/о	н/о
18	конгломерат	0,20	0,75	0,85	0,20
19	конгломерат	0,20	0,75	0,60	0,20
20	конгломерат	1,80	1,40	1,25	0,35
21	конгломерат	1,60	2,55	1,30	0,30
22	конгломерат с гематитом	1,85	1,70	0,50	0,10
23	гравелит с гематитом	0,20	0,50	<0,5	<0,1
24	конгломерат	0,10	0,50	н/о	н/о
25	песчаник с гематитом	0,20	1,25	н/о	н/о
26	конгломерат	2,00	0,75	0,80	0,30
27	конгломерат	0,10	1,00	н/о	н/о
28	конгломерат	0,10	0,50	н/о	н/о
29	диабаз с магнетитом	<0,1	1,75	<0,5	<0,1
30	углеродистый сланец	0,20	1,38	н/о	н/о

*Примечание:* Анализы выполнены в ОАО «Унипромедь» атомно-абсорбционным методом (по И.В.Высоцкому, 2001 ф).

Как известно из литературных материалов, к древним конгломератам приурочены крупные и уникальные месторождения благородных металлов. К примеру, в древних (2600-2450 млн. лет) конгломератах Витватерсранда расположено крупнейшее в мире платинометалльно-золотое месторождение, дающее уже много десятков лет около половины мировой добычи золота. На территории России также известны близкие объекты. В частности, к аналогичному типу Н.В.Чернышов относит платиноносные (с суммарным содержанием МПГ до 5,1 г/т) конгломераты курской железорудной серии с возрастом 2600-2300 млн. лет (Чернышов, 1996). М.М.Константинов, суммировавший данные по крупнейшим золоторудным месторождениям мира и времени их формирования, приходит к выводу о том, что в истории Земли существует несколько «пиков золотообразования», один из которых приходится на период около 2600 млн. лет (Константинов, 2000).

В последние годы экспедицией «Уралзолоторазведка» были проведены тематические работы по теме «Золотоносность докембрийских конгломератов Авзянского рудного района» (И.В. Высоцкий) и получены первые результаты по содержанию благородных металлов в осадочных и магматических породах Шатакского комплекса (табл. 11.1). Их средние содержания в терригенных разновидностях составляют: Au-0,69 г/т, Ag-1,36 г/т, Pt-1,13 г/т, Pd-0,25 г/т. Как видно из материалов, приведенных в таблице аномальные количества благородных металлов устанавливаются в конгломератах с рудной (магнетитовой или гематитовой) минерализацией, но, в то же время, в собственно магнетитовой руде содержания платины и палладия меньше точности метода определения.

Таблица 11.2

Коэффициенты корреляции благородных металлов из терригенных отложений Шатакского комплекса

	Ag	Pt	Pd
Au	0,168101	0,168101	0,09074
Ag		<b>0,60755</b>	<b>0,358108</b>
Pt			<b>0,517047</b>

Анализ рассчитанных коэффициентов корреляции (табл. 11.2) показывает, что устойчивые положительные связи харак-

терны для платины, палладия и серебра, в то время как распределение золота не коррелируется ни с одним из них. Возможно это связано с более сложным поведением золота в процессе рудообразования и/или наличием нескольких этапов его переотложения и концентрации.

Таблица 11.3

Состав самородного железа из пород  
машакского комплекса

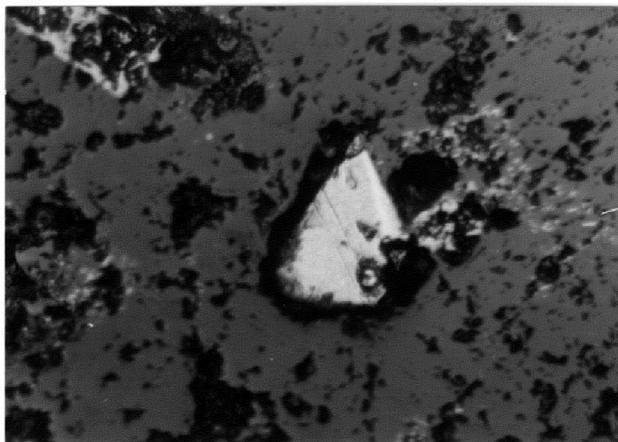
Элементы	1	1*	2	2*
Fe	92,06	97,62	91,65	99,33
Cr	1,0	1,14	0,28	0,34
Mn	0,5	0,54	сл.	
Au	0,89 (0,87)	0,3	1,08 (0,89)	0,33
Pt	1,32 (0,85)	0,4	-	-
Cu	сл.	-	сл.	-

*Примечание:* №№ 1-2- % элемента, цифры в скобках - величина ошибки ( $< 2 \sigma$ ); сл. – в случае превышения ошибки над % элемента. №№ 1\* - 2\* - атомные % (по С.Г.Ковалеву, И.В.Высоцкому, 1999).

Ранее нами в пробах-протолочках из цемента мелкогалечных конгломератов кузьелгинской подсвиты машакской свиты в районе Шатакской структуры были обнаружены единичные знаки самородного железа, имеющие удлинённо-неправильную, «червеобразную» форму и размеры до 2-3 мм по удлинению (Ковалев, Высоцкий, 1999). Они были обнаружены в двух горизонтах, цемент одного из которых представлен мелкозернистым серицит-кварцевым агрегатом, а рудные минералы – гематитом и, реже, пиритом. Цемент второго горизонта выполнен эпидот-хлорит-серицит-кварцевым агрегатом, а из рудных минералов в нем присутствуют халькопирит и магнетит.

Изучение этих образований на микрозонде показало, что в их составе присутствуют благородные металлы (золото и платина), которые по количественным значениям превышают стандартную ошибку метода их определения (табл. 10.3). К сожалению, однозначно диагностировать форму вхождения этих элементов в железо (изоморфная примесь либо собственные минеральные виды?) не представляется возможным.

Кроме этого, среди собственных минеральных фаз благородных металлов в конгломератах Шатакского комплекса были установлены самородное золото (С.К.Мустафин, устное сообщение) и нигглиит (рис. 11.2).



**Рис. 11.2. Выделение нигглита (светлое в центре) в цементе конгломератов.**

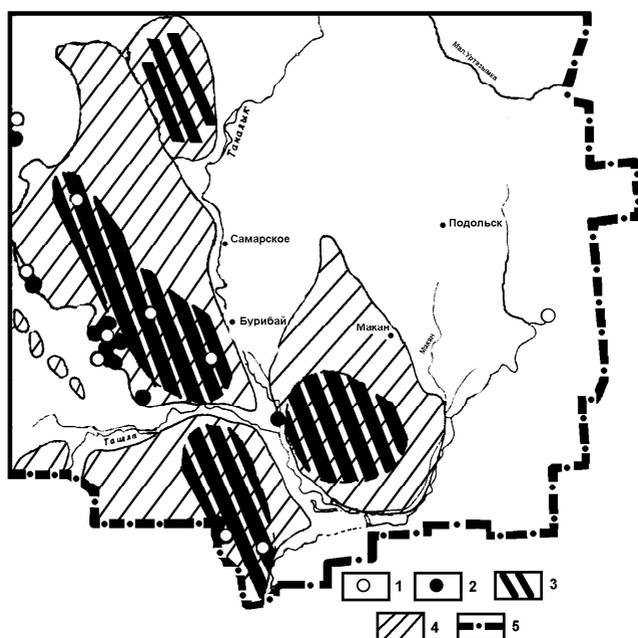
Полированный шлиф, увеличение  $\times 280$ . Микроскопическое определение, выполненное в минералогической лаборатории ОАО «Унипромедь» (по И.В. Высоцкому, 2001 ф).

Опираясь на материал, изложенный выше, следует признать, что докембрийские конгломераты, распространенные в пределах Республики Башкортостан, на сегодняшний день являются одними из наиболее перспективных формационных типов пород на обнаружение в них благороднометалльной минерализации промышленного типа. Необходимость проведения дальнейших детальных исследований этих образований не вызывает сомнения.

## Глава 12

### СОДЕРЖАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КОНГЛОМЕРАТАХ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА

Железистые конгломераты мезо-кайнозойского возраста установлены в пределах Хайбуллинского района Республики Башкортостан и смежных районах Оренбургской области. Они залегают в виде отдельных горизонтов (со средней мощностью 0,4-0,5 м) в субмеридиональной полосе осадочных отложений, протягивающейся на ~ 120 км, при ширине около 12-30 км (рис. 12.1).



**Рис. 12.1.** Обзорная схема размещения золото- и платиноносных железистых конгломератов и песчаников в Хайбуллинском районе Республики Башкортостан.

1-находки самородного золота в шлихах дресвы и в протолочках конгломератов и песчаников, 2-находки платиноидов в шлихах из элювиальных и делювиальных отложений, 3-площади выходов конгломератов и песчаников на дневную поверхность, 4-общие площади развития конгломератов и песчаников, 5-граница Республики Башкортостан.

В пределах башкирской части, в Таналыкской депрессии, выделяются 4 обособленные площади распространения железистых конгломератов, которые выходят на дневную поверхность либо расположены вблизи нее: 1) Акъяр-Мамбетовская ~20 км<sup>2</sup>; 2) Переволочанская 100 км<sup>2</sup>; 3) Юбилейная ~50 км<sup>2</sup>; 4) Илячевская ~30 км<sup>2</sup>.

Таблица 12.1

Содержания благородных металлов в мезо-кайнозойских железисто-кварцевых конгломератах и песчаниках (в г/т)

№ п/п	№ обр.	Au	Pt	Pd
1	НКК	0,36	0,57	0,024
2	НВП3	0,26	2,32	0,15
3	НВП4	0,36	0,60	0,05
4	НКЛ7	0,04	0,64	0,25
5	НКЛ8	0,44	1,00	0,08
6	НКЛ81	0,36	0,84	0,24
7	АК-МБ	0,14	0,32	0,018
8	ЗИА-98/3	0,54	0,30	0,09
9	3011/27,9а	0,59	0,60	0,05
10	3011/37	0,55	0,14	-
11	3011/32,6	0,23	0,07	0,05
12	ВСЛ2	0,40	0,48	0,22
13	МБЖ1	0,13	0,120	-
14	МБЖ2	0,31	0,20	-
15	НКЛ13	0,19	0,15	0,05
16	НПВ4	0,17	0,14	0,02
17	ЧПВ11	-	0,09	0,05
18	ЯНГ100	0,35	0,09	-
19	ЯНГ102	0,50	0,09	0,02
20	ЯНГ106	0,24	0,11	0,04
21	ЯНГ103	0,80	0,39	0,34
Кол-во проб		24	26	22
Среднее	0,34	0,44	0,11	

Их минералого-петрографический состав довольно однообразен. Нерудная часть конгломератов состоит из галек и песчинок различной степени окатанности. Как правило, они сложены крупнокристаллическим кварцем. Гораздо реже встречаются



Результаты опробования конгломератов и песчаников на платиноиды и золото, приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.2

Содержания благородных металлов в минералах из мезо-кайнозойских конгломератов и песчаников (вес. %)

Минерал	Au	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os
Au самор.	94,40	2,45	0,21	0,148	-	2,28	-
Au самор.	89,97	0,0	0,0	0,37	-	0,0	-
Au самор.	98,33	0,0	0,45	0,37	-	0,0	-
Au*	33,75	0,0	0,0	-	-	-	-
	36,57	0,0	1,03	-	-	-	-
	31,13	0,0	4,04	-	-	-	-
Au*	75,40	0,0	3,04	1,98	-	-	-
лимонит	0,33	2,30	0,87	1,11	-	1,50	-
лимонит	0,77	0,85	0,0	0,03	-	0,48	-
пирит	0,02	0,41	0,23	0,44	0,53	0,24	0,0
пирит	0,0	0,20	0,48	0,86	1,22	0,09	0,0
пирит	0,14	0,0	0,0	-	-	0,0	-
пирит	0,34	0,37	0,0	-	-	0,22	-
пирит	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	-
пирит	0,18	0,0	0,0	-	-	-	-
халькопир.	0,24	0,0	0,0	0,0	0,03	0,0	0,0
халькопир.	0,53	0,76	0,13	0,35	0,50	0,0	0,0
галенит	2,03	1,63	0,99	-	-	-	-
галенит	0,61	1,34	0,0	0,0	0,0	0,66	0,0
галенит	1,04	1,92	-	-	-	0,69	-
сфалерит	0,0	0,0	-	0,0	0,11	0,0	0,0
Zn-медь	0,63	1,79	0,003	0,0	0,0	0,35	0,0
Zn-медь	0,91	1,66	0,0	0,0	0,0	1,19	0,0
Zn-медь	2,24	2,57	0,42	0,39	1,16	-	-
Ni-самор.	0,58	0,35	0,41	0,17	1,13	0,09	0,0
Ni-самор.	0,24	0,36	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
ферро- платина	0,0	85,89	0,0	1,59	-	2,5	-
	0,0	76,48	1,37	2,22	-	4,0	-

Примечание: Au\*-золото в лимоните. В ферроплатине установлены также: Fe-5,35-8,41%; Cu-0,07-0,66%; Pb-0,0-3,73%; As-0,0-0,15%; Hg-0,0-7,47%; Ni-0,02-0,17%; Zn-0,0-0,23%; S-0,41-1,60%; Ag-0,16-0,28%.

Анализ полученных материалов и их сравнение с данными по докембрийским конгломератам, охарактеризованными выше (рис. 12.2), позволяет сделать следующие выводы:

– в мезо-кайнозойских конгломератах при более высоких абсолютных значениях платины, содержания палладия характеризуются большим разбросом, в то же время суммарное количество этих металлов близко к содержаниям в них золота, что выражается на диаграмме (рис. 12.2, А) концентрацией точек в локальном поле;

– докембрийские конгломераты отличаются от мезо-кайнозойских большим разбросом содержаний платины, палладия и золота, отличаясь в целом повышенными содержаниями Pt и Au.

Минералогический анализ тяжелых фракций из проб-протолок железистых конгломератов позволил установить в их составе: пирит, халькопирит, реже сфалерит, галенит, пирротин, блеклую руду, халькозин, малахит и азурит. Минералы группы железа представлены чаще всего гетитом и гидрогетитом. Кроме них, в подчиненных количествах встречаются гематит, магнетит, ильменит, лейкоксен и хромит. Из самородных металлов (включая благородные) и их сплавов (металлических соединений) были обнаружены: самородные: золото, платина, цинк, свинец, никель и медь (цинкистая медь). Их составы и содержания в них благороднометалльных компонентов приведены в таблице 12.2.

Опираясь на все вышеизложенное следует отметить, что мезо-кайнозойские конгломераты (точно так же, как и докембрийские) требуют дальнейшего более детального изучения. Так как уже первые, приведенные выше материалы, позволяют говорить о значительных перспективах этих отложений на обнаружение комплексного благороднометалльного оруденения с промышленными содержаниями полезных компонентов.

# ПЛАТИНОНОСНОСТЬ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

## Глава 13 СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОДАХ

### 13.1. Содержания и распределение МПГ в породах гипербазитовых массивов

Распределение металлов платиновой группы в породах ультраосновных массивов характеризуется определенной спецификой, позволяющей говорить о различных (геодинамических, тектонических, физико-химических и др.) условиях ее формирования. Содержания МПГ в различных разновидностях пород, слагающих ультраосновные массивы, приведены в таблице 13.1.

Таблица 13.1

Содержания МПГ в породах гипербазитовых массивов (в г/т)

№ п/п	Pt	Pd	Rh	Ir	Os	Ru
1	0,17	0,05	<0,02	0,005	0,009	<0,004
2	<0,10	<0,05	<0,02	0,006	0,010	<0,004
3	0,08	0,025	<0,01	<0,002	<0,004	0,006
4	0,12	<0,02	<0,01	<0,002	<0,004	<0,004
5	0,91	0,25	<0,01	0,002	<0,004	<0,004
6	<0,05	<0,02	<0,01	<0,002	0,020	<0,004
7	0,44	<0,02	<0,01	<0,002	0,006	<0,004
8	<0,05	<0,02	<0,01	<0,002	<0,004	<0,004
9	<0,05	<0,02	<0,01	0,017	<0,004	<0,004
10	0,07	<0,02	<0,01	0,006	<0,004	0,006
11	<0,05	<0,02	<0,01	0,003	<0,004	<0,004
12	<0,05	<0,02	<0,01	0,013	<0,004	<0,004
13	<0,05	<0,02	<0,01	0,002	<0,004	<0,004
14	<0,05	<0,02	<0,01	0,055	<0,004	<0,004
15	0,08	<0,02	<0,01	0,012	0,039	0,011
16	<0,05	<0,02	<0,01	0,003	<0,004	<0,004

Продолжение табл. 13.1

17	0,11	0,09	<0,02	<0,002	0,007	0,006
18	0,08	<0,02	<0,01	<0,002	<0,004	<0,004
19	<0,05	<0,02	<0,01	<0,002	<0,004	<0,004
20	0,05	<0,02	<0,01	0,004	<0,004	<0,004
21	0,07	<0,02	<0,01	0,007	<0,004	0,006
22	0,09	<0,02	<0,01	0,002	0,007	0,006
23	0,05	<0,02	<0,01	<0,002	0,031	<0,004
24	0,05	<0,02	<0,01	<0,002	<0,004	0,009
25	0,06	<0,02	<0,01	0,004	<0,004	0,007
26	<0,10	<0,05	<0,02	0,004	0,005	0,018
27	<0,10	<0,05	<0,02	0,005	0,005	0,014
28	<0,10	<0,05	<0,02	0,006	0,004	0,004
29	<0,10	<0,05	<0,02	0,004	0,005	0,011
30	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,004
31	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,011
32	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	0,004	0,004
33	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
34	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,005
35	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,007
36	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
37	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	0,004
38	0,006	0,004	0,0004	0,0015	0,0024	-
39	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	0,004	0,008
40	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
41	0,0048	0,005	0,0007	0,0046	0,0066	-
42	0,008	0,013	0,0008	0,0036	0,0051	-
43	0,001	0,0038	0,0012	0,0035	0,0049	-
44	0,001	0,0038	0,0012	0,0035	0,0051	-
45	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
46	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
47	<0,10	<0,05	<0,02	<0,004	<0,004	<0,004
48	0,0041	0,0069	0,0003	0,0002	0,0001	-
49	0,0095	0,01	0,0007	0,0035	0,0044	-
50	0,021	0,016	0,001	0,0004	0,0003	-
51	0,0004	0,0022	0,0005	-	0,0001	-
52	0,0001	0,0014	0,0001	0,0001	0,0001	-
53	0,0017	0,0049	0,0002	0,0002	0,0001	-

Продолжение табл. 13.1

54	0,0006	0,0024	0,0004	-	0,0001	-
55	0,0006	0,0032	0,0002	0,0001	0,0001	-
56	0,0073	0,0075	0,0007	0,003	0,007	-
57	0,0066	0,0047	0,001	0,003	0,0049	-
58	0,0037	0,0015	0,0005	0,0021	0,0027	-
59	0,034	0,027	0,0031	0,012	0,016	-
60	0,0042	0,0022	0,0015	0,0016	0,0022	-
61	0,0061	0,0069	0,0006	0,0033	0,0044	-
62	0,0070	0,0140	0,0004	0,0005	0,0023	-
63	0,0066	0,0120	0,0003	0,0003	0,0005	-
64	0,044	0,0077	0,0003	0,0002	0,0002	-
65	0,033	0,029	0,0006	0,0003	0,0003	-
66	0,014	0,012	0,0011	0,0007	0,001	-
67	0,0077	0,0029	0,0011	0,0001	0,0002	-
68	0,029	0,0049	0,0010	0,0001	0,0004	-
69	0,0033	0,0065	0,0005	0,0001	0,0002	-

*Примечание:* №№ 1-16-массив Средний Крака (1-гарцбургит, 2-серпентинизированный дунит, 3,4-листвениты, 5-8-метасоматиты с сульфидами, 9,10-пироксениты, 11-13-нерасчлененные ультрабазиты, 14-дунит, 15-гипербазит, 16-метасоматит); №№ 17-26-массив Южный Крака (17-21-гарцбургиты, 22-26-дуниты); №№ 27-29-массив Узянский Крака, «оруденелые» дуниты; №№ 30-64-массив Нурали (30-серпентинитовые прослои из полосчатого комплекса, 31-34-шпинелевые лерцолиты, 35-37-плаггиоклазовые лерцолиты, 38-лерцолит, 39-42-гарцбургиты, 43-44-дуниты, 45-47-пироксениты, 48-50-верлиты, 51-меланогаббро, 52-габбро, 53-54-амфиболизированное габбро, 55-диорит); №№ 56-69-массив Миндяк (56-57-плаггиоклазовые лерцолиты, 58-лерцолит, 59-61-гарцбургиты, 62-63-дайковое габбро, 64-верлит, 65-66-клинопироксениты, 67-габбро, 68-амфиболизированное габбро, 69-диорит ( №№ 1-26 – авторские обр., 27-29 по С.Г.Ковалеву, В.И. Сначеву, 1997; №№ 30-64 – по С.Е.Знаменскому и др, 1995 г; №№ 38, 41-44, 48-69 – по G.Garuti et al., 1997).

Средние значения, рассчитанные для различных пород отдельных массивов составляют (в мг/т):

– массив Крака: дуниты – Pt-60, Os-31, Ir-4, Ru-1,84, Au-14, Ag-5,95; гарцбургиты – Pt-67, Pd-19, Os-4, Ir-6, Ru-7, Au-14,3; пироксенит – Pt-0,46, Os-0,18, Ir-0,21, Ru-1,51, Au-2,64, Ag-24,75; габбро – Pt-0,17, Os-0,12, Ir-0,1, Ru-0,6, Au-1,03, Ag-5,13;

– массив Нурали: дуниты – Pt-1, Pd-3,8, Os-5, Ir-3,5, Au-5,95; гарцбургиты – Pt-6,4, Pd-9, Os-5,85, Ir-4,1, Au-11,3; пироксениты – Pt-

9,43, Pd-10,97, Os-1,35, Ir-1,2, Au-3,5; габбро – Pt-0,8, Pd-2,73, Os-0,1, Ir-0,1, Au-4,13;

– массив Миндяк: гарцбургиты – Pt-1,78, Pd-12,03, Os-1,79, Ir-1,28, Au-35,1; пироксениты – Pt-29, Pd-9,8, Os-0,6, Ir-0,1, Au-5,9; габбро – Pt-18,35, Pd-3,9, Os-0,3, Ir-0,1, Au-5,4.

Анализ сходств и различий в благороднометалльной специализации отдельных разновидностей пород массивов позволяет сделать следующие выводы:

– распределение *платины* отличается большой дифференцированностью. В частности, ее максимальные количества, превышающие мантийные содержания почти на порядок, установлены в дунитах и гарцбургитах кракинских массивов, в то время как дуниты других массивов (Нуралинского, к примеру) в значительной степени обеднены этим элементом. В пироксенитах и габбро распределение Pt также отличается большим разбросом. Максимальные содержания (превышающие мантийные) установлены в миндякских пироксенитах и габброидах, а минимальные характерны для пироксенитов и габбро массивов Крака и нуралинских габброидов. В общем, следует констатировать, что платиновая специализация присуща ультраосновным породам массивов Крака и основным разновидностям Миндякского массива, причем, количественно ее содержания в значительной степени превышают мантийные;

– распределение *осмия* характеризуется меньшим разбросом значений при отчетливо выраженном его накоплении в ультраосновных разновидностях пород. Габброиды и пироксениты всех массивов обеднены (по сравнению с мантийным субстратом) этим элементом. Для них характерны значения меньше 1. Обращает на себя внимание значительная обогащенность кракинских дунитов Os при том, что дуниты остальных массивов характеризуются близкими значениями;

– характер распределения *иридия* близок к поведению осмия. Его количества в ультрабазитах всех массивов близки между собой и приблизительно равны мантийному, а породы основного состава в значительной степени обеднены иридием по сравнению с мантийным субстратом.

Как показывают ранее проведенные исследования геохимии благородных металлов, между некоторыми из них существуют вполне определенные связи, которые определяются их физической природой и, как следствие этого, близким поведением в процессах петро- и рудогенеза. В связи с этим, нами были рас-

читаны коэффициенты корреляции между металлами платиновой группы, золотом и медью, которые характерны для пород различных массивов (табл. 13.2).

Таблица 13.2  
Коэффициенты корреляции МПГ, Au, Ni и Cu  
для пород массива Нурали

	Os	Ir	Ru	Pt	Pd	Au	Cu
Ni	<b>0,747</b>	<b>0,774</b>	<b>0,717</b>	0,105	0,158	<b>0,516</b>	<b>-0,863</b>
Os		<b>0,998</b>	<b>0,993</b>	0,203	0,088	0,088	<b>-0,593</b>
Ir			<b>0,999</b>	0,248	0,163	<b>0,734</b>	<b>-0,639</b>
Ru				0,122	0,202	0,348	<b>-0,622</b>
Pt					<b>0,974</b>	0,112	<b>-0,473</b>
Pd						<b>-0,740</b>	<b>-0,603</b>
Au							-0,311

*Примечание:* Здесь и далее жирным шрифтом выделены допустимые значения коэффициента Стьюдента при заданных выборках с доверительной вероятностью 95%.

Анализ корреляционных зависимостей между МПГ и Au для пород ряда дунит-гарцбургит-верлит-клинопироксенит-габбро Нуралинского массива позволяет сделать следующие выводы:

- максимальными взаимозависимостями характеризуется поведение тугоплавкой триады (Os, Ir, Ru) с коэффициентами корреляции между собой = 0,99. Кроме этого, значимые зависимости эти элементы обнаруживают с никелем (в среднем 0,7), а единственный из них – иридий, еще и с золотом (0,7);

- содержания платины и палладия связаны между собой четко проявленной прямой корреляционной зависимостью с коэффициентом корреляции 0,97. В качестве своеобразного момента следует отметить, что и Pt и Pd больше значимых связей не образуют ни с одним элементом, за исключением обратной корреляционной зависимости палладия с золотом и относительно слабо проявленной отрицательной связью с медью;

- поведение золота также характеризуется довольно четко выраженной спецификой. С одной стороны, оно обнаруживает прямую связь с иридием и менее проявленную с никелем (0,5), с другой – выявляется его отрицательная корреляция с Pd (-0,74);

- отрицательные корреляционные связи меди со всей группой ЭПГ и Au могут служить косвенными показателями «си-

дерофильности» процессов распределения благородных металлов в породах массива Нурали. Их четко выраженный отрицательный характер позволяет предполагать, что поведение меди, вероятнее всего, в силу специфики физико-химических условий перераспределения благороднометалльных элементов, характеризовалось обратной направленностью.

Таким образом, если мы обозначим знаком «+» прямые корреляционные зависимости между элементами, а отрицательные знаком «-», то выражение, характеризующее взаимосвязи между отдельными благороднометалльными элементами для пород массива Нурали, будет иметь следующий вид:

$$((Os+Ru+Ir(+Au))+Ni(+Au) - (Pt+Pd(-Au))-Cu.$$

Таблица 13.3

Коэффициенты корреляции МПГ, Au, Ni и Cu  
для пород массивов Крака

	Os	Ir	Ru	Pt	Au	Cu
Ni	<b>0,565</b>	<b>0,514</b>	<b>0,579</b>	<b>0,562</b>	<b>0,659</b>	-0,122
Os		<b>0,438</b>	<b>0,442</b>	<b>0,612</b>	<b>0,670</b>	<b>-0,573</b>
Ir			<b>0,996</b>	<b>0,979</b>	<b>0,957</b>	<b>-0,828</b>
Ru				<b>0,974</b>	<b>0,962</b>	<b>-0,784</b>
Pt					<b>0,992</b>	<b>-0,871</b>
Au						<b>-0,817</b>

Аналогичный анализ, проведенный для ряда пород дунит-гарцбургит-пироксенит-габбро массивов Крака, показывает, что поведение МПГ и Au в кракинских породах отличается целым рядом специфических особенностей, которые заключаются в следующем (табл. 13.3):

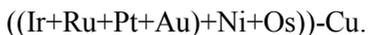
– платиноиды, составляющие тугоплавкую триаду, характеризуются близкими коэффициентами корреляции с никелем (0,51-0,57), но, в то же время, между собой наиболее «сильно» коррелируются только содержания иридия и рутения (0,99), в то время как их связь с осмием выражена гораздо слабее (0,43-0,44);

– специфика корреляционных зависимостей между платиной и золотом заключается в том, что, во-первых, их содержания связаны между собой прямой зависимостью с коэффициентом = 0,99; во-вторых, эти элементы обнаруживают очень сильную

связь с иридием и рутением (0,95-0,97); в-третьих, несомненной является и их корреляционная связь с осмием и никелем;

– так же, как и в породах массива Нурали, медь обнаруживает четко выраженные отрицательные корреляционные зависимости со всей группой платиноидов и золота, что делает предположение о ее «антагонистическом» поведении в процессах перераспределения ЭПГ и Au обоснованным в достаточной степени.

Выражение для корреляционных зависимостей между содержаниями МПГ, золотом, никелем и медью в кракинских породах имеет вид:



Сравнивая выражения, характеризующие корреляционные зависимости между содержаниями платиноидов, золота, никеля и меди в породах Нуралинского массива и массивов Крака, можно с большой долей уверенности говорить о том, что их благороднометальная специализация имеет существенные различия, которые, вероятнее всего, обусловлены своеобразным поведением отдельных элементов в процессе петрогенеза. В первую очередь это касается золота и платины. Как видно из материала, приведенного выше, содержания золота и платины в кракинских породах тесным образом связаны с количествами тугоплавких платиноидов и никеля, в то время как в нуралинских породах платина связана с палладием, не обнаруживая при этом значимых корреляционных зависимостей с тугоплавкой триадой, а содержания золота тесным образом коррелируются с количествами никеля и иридия.

Подводя итог характеристике распределения благородных металлов в породах ультраосновных массивов, следует акцентировать внимание на следующих положениях:

1) ультраосновные породы кракинских массивов, по сравнению с аналогичными образованиями южноуральского региона (Нурали, Миндяк), имеют четко выраженную платинометальную специализацию;

2) сравнительный анализ корреляционных зависимостей между содержаниями металлов платиновой группы, золотом, никелем и медью в породах массивов Нурали и Крака показывает, что распределения благороднометальных элементов в ассоциациях пород, принадлежащих к одному массиву, характеризуются специфическими особенностями, которые, вероятнее всего, обусловлены процессами глубинного петрогенезиса.

### 13.2. Содержания и распределение благородных металлов в породах полосчатых серий

Изучение количественных характеристик и распределения благородных металлов в породах и рудах полосчатого комплекса *массива Средний Крак* проводилось в пределах его южной оконечности, в зоне максимального площадного распространения полосчатой серии.

Уникальность района исследований заключается в том, что здесь на относительно небольшой площади имеется возможность изучать благороднометалльную специализацию различных петрографических типов пород, слагающих комплекс, а также хромитовых объектов, приуроченных к ним.

Содержания благородных металлов в породах и рудах этой площади приведены в таблице 13.4. Как явствует из этого материала, количественные вариации металлов платиновой группы, золота и серебра в отдельных образцах пород и руд довольно значительны и достигают величины  $n \times 10^2$ .

Средние содержания благородных элементов в ряду пород краевой дунит-пироксенит-апогаббровый метасоматит составляют (в мг): Pt–6-70-369; Pd–3-2-64; Ir–13-6-1; Os–2-0,4-2; Ru–0,4-6-0,4; Au–11-0,5-41.

На рис. 13.1 изображены вариации средних содержаний благородных металлов в основных разновидностях пород, слагающих полосчатый комплекс. Как видно из анализа этой диаграммы, максимальные количества платины, палладия и золота приурочены к апогаббровым метасоматитам, в то время как осмий и иридий «концентрируются» в краевых дунитах, что в целом является нормальным, так как тугоплавкие элементы выступают в качестве «реститогенных». Эта закономерность в распределении МПГ очень рельефно выступает при сравнении значений отношения Pd/Ir, которые возрастают в ряду пород краевой дунит-клинопироксенит-метасоматит (0,23–0,33–64,0 соответственно).

На рис. 13.2 изображено нормализованное распределение благородных металлов в различных разновидностях пород, слагающих полосчатый комплекс. Анализ диаграммы показывает, что содержания золота практически во всех разновидностях пород (за исключением краевых дунитов) превышают мантийные,

причем максимальное его количество приурочено к измененным нерасчлененным дунит-пироксенитам, а минимальные – к дунитовым горизонтам.

Таблица 13.4  
Содержания благородных металлов в породах полосчатого комплекса массива Средний Крака (мг/т)

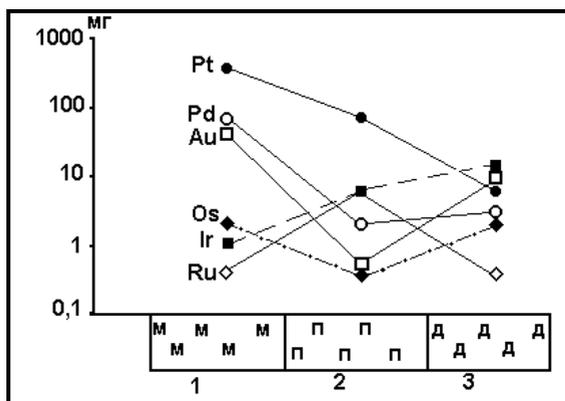
№ п/п	Pt	Os	Ir	Ru	Au	Ag
1	0,63	0,24	0,35	0,86	0,47	11,3
2	1,02	0,84	0,83	1,15	0,67	15,3
3	2,71	0,04	0,028	0,1	1,31	9,90
4	1,21	0,071	0,094	0,46	0,71	85,4
5	2,21	0,48	0,31	2,1	0,21	5,20
6	0,24	2,84	3,86	12,6	0,53	14,1
7	3,12	0,47	0,36	6,92	5,58	25,5
8	0,92	0,034	0,03	0,12	0,56	3,10
9	0,93	0,16	0,11	0,78	1,54	8,70
10	0,23	0,30	0,37	0,86	0,43	3,20
11	1,01	0,22	0,30	2,80	2,56	2,30
12	0,37	0,41	0,24	3,13	1,38	7,20
13	0,19	0,13	0,16	3,00	0,37	4,50
14	<0,20	0,20	0,22	1,70	9,04	5,90
15	0,48	0,12	0,16	0,64	0,27	2,90
16	2,36	0,17	0,16	0,90	1,00	3,60
17	3,30	9,30	7,28	17,7	19,3	34,5

*Примечание:* 1-полосчатый комплекс (темные полосы в светлой матрице), 2-актинолит-тремолитовая порода, 3-апогаббровый метасоматит, 4-среднезернистый пироксенит, 5-плаггиоклазит, 6-серпентинизированный ультрабазит (краевой дунит), 7-метасоматит, 8-амфиболизированный габбродиабаз, 9-мелкозернистый амфиболизированный габбродиабаз, 10-крупнозернистый пироксенит, 11-пироксениты в переслаивании с краевыми дунитами, 12-серпентинит по полосчатым ультрабазитам, 13-крупнозернистый пироксенит, 14-мелкозернистый пироксенит, 15-метапироксенит, 16-амфиболизированный габбродиабаз, 17-нерасчлененные породы полосчатого комплекса. Анализы выполнены нейтронно-активационным методом в ГЕОХИ. Материалы получены совместно с В.И.Сначевым.

Содержания платины во всех разновидностях меньше мантийного, но обращает на себя внимание то, что между количествами золота и Pt устанавливается отчетливая прямая зависи-

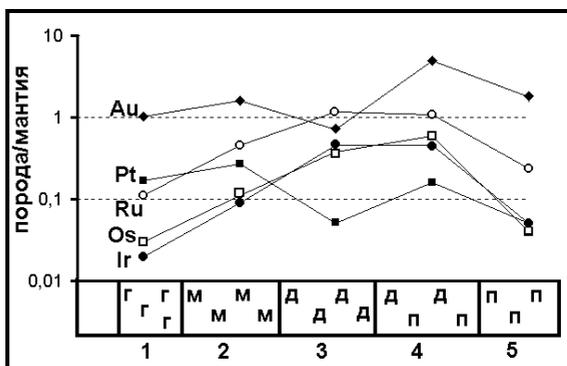
мость, то есть их поведение в процессах генезиса и преобразования пород практически одинаково.

**Рис. 13.1.** Распределение благородных металлов в основных разновидностях пород полосчатого комплекса массива Средний Крак. 1-метасоматиты, 2-пироксениты, 3-краевые дуниты.



Аналогичным распределением характеризуются осмий, иридий и рутений. Причем максимальные количества этих элементов приурочены к дунитам, нерасчлененным дунит-пироксенитам и лишь в этих разновидностях пород содержания рутения близки к мантийным. Количество осмия и иридия во всех разновидностях гораздо меньше, чем в мантийном субстрате.

**Рис. 13.2.** Диаграмма нормализованного распределения благородных металлов в породах полосчатого комплекса массива Средний Крак. 1-габбро, 2-апогаббровые метасоматиты, 3-краевые дуниты, 4-нерасчлененный полосчатый комплекс, 5-пироксениты. Содержания благородных элементов в мантии взяты из работы J.P.Lorand, 1989.



Предполагая генетическое родство пород полосчатого комплекса массива Средний Крака, представляется интересным подвергнуть анализу возможные корреляционные зависимости между содержаниями металлов платиновой группы и золота и попытаться объяснить их генезис с точки зрения как первичного характера взаимосвязей между отдельными элементами, так и появление взаимосвязей в результате действия более поздних метаморфо-метасоматических процессов. В таблице 13.5 приведены коэффициенты корреляции содержаний МПГ и Au для ряда пород краевой дунит-пироксенит-метасоматит.

Таблица 13.5

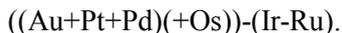
Коэффициенты корреляции МПГ и Au для пород полосчатого комплекса массива Средний Крака

	Os	Ru	Pt	Pd	Au
Ir	0,096	-0,096	<b>-0,899</b>	<b>-0,806</b>	<b>-0,643</b>
Os		<b>-0,999</b>	0,350	<b>0,512</b>	<b>0,700</b>
Ru			-0,350	<b>-0,512</b>	<b>-0,700</b>
Pt				<b>0,984</b>	<b>0,913</b>
Pd					<b>0,972</b>

Как видно из анализа данного материала, корреляционные связи между платиноидами и золотом в этом ряду пород очень специфичны (по сравнению с таковыми, характерными для средних содержаний этих элементов в основных разновидностях пород, слагающих массив, см. выше).

Их специфика обнаруживается в том, что во-первых, отсутствуют корреляционные зависимости между содержаниями платиноидов, составляющих тугоплавкую триаду, за исключением осмия и рутения, которые связаны между собой близкой к «идеальной» обратной зависимостью с коэффициентом (-0,999); во-вторых, вариации содержаний золота, платины и палладия связаны между собой прямой корреляционной зависимостью с коэффициентами корреляции, равными 0,91-0,98. В этой связи обращает на себя внимание поведение осмия, распределение которого связано довольно четко проявленными прямыми зависимостями с Au, Pt и Pd, в то время как поведение иридия и рутения носит обратный характер. Таким образом, выражение, которым можно описать корреляционные зависимости между содержа-

ниями платиноидов и золота в породах полосчатого комплекса массива Средний Крака, имеет вид:



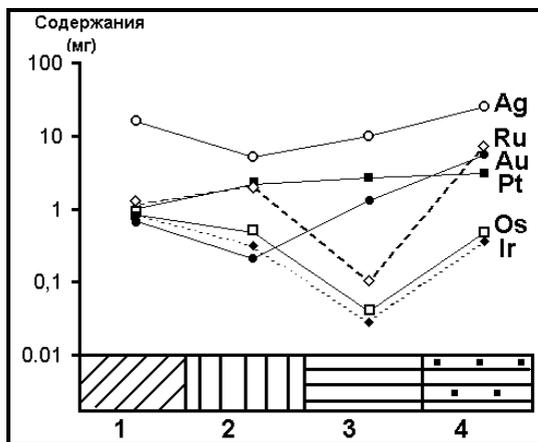
Это выражение, как и зависимости, которые оно характеризует, в значительной степени отличается от выражения, описывающего корреляционные связи между содержаниями благороднометаллических элементов в средних составах пород массива. Как уже отмечалось выше, эта специфика может быть обусловлена реализацией двух процессов, либо, что более вероятно, их совместным действием.

Первый процесс характеризует генезис полосчатой серии в виде самостоятельного структурно-вещественного комплекса массива, а второй – его син- и постгенетические метаморфо-метасоматические изменения.

Для того, чтобы качественно и в первом приближении определить степень влияния вторичных изменений на перераспределение элементов платиновой группы и золота в породах полосчатого комплекса, проанализируем их распределение в «метаморфитах» (рис. 13.3).

**Рис. 13.3. Содержания благородных металлов в различных типах метасоматитов полосчатого комплекса массива Средний Крака.**

1-актинолит-тремолитовые породы, 2-плаггиоклазиты, 3-прениит-(±гранат)-цоизит-полевошпатовые породы, 4-то же, но с магнетит-сульфидной минерализацией.



Из анализа этой диаграммы следует, что максимальные количества практически всей группы рассматриваемых элементов приурочены к минерализованным разновидностям прениит-(±гранат)-цоизит-полевошпатовых пород (родингитам, хлограпитам), в то время как их безрудные разновидности характеризуются

ются пониженными (по сравнению с другими типами) количествами платиноидов, составляющих тугоплавкую триаду (Os, Ir, Ru). Так как в упомянутых породах установлены максимальные содержания Ag, Au, Pt и Ru по сравнению с остальными типами метаморфитов, то можно предположить, что их перераспределение связано с формированием рудной (магнетит-сульфидной) минерализации.

В целом же распределение осмия, иридия и рутения в различных видах метаморфизованных пород близко между собой. Распределение платины имеет более «ровный» характер, несколько отличный от других элементов. Обращает на себя внимание то, что актинолит-тремолитовые породы (более высокотемпературная степень метаморфизма, чем родингитизация) характеризуются близкими значениями всей группы благородных металлов (за исключением Ag) и несколько повышенными количествами Os и Ir (даже по сравнению с рудными родингитами).

Анализ коэффициентов корреляции содержаний благородных металлов в ряду метаморфитов: актинолит-тремолитовые породы – плагиоклазиты – пренит-(± гранат)-цоизит-полевошпатовые породы и пренит-(± гранат)-цоизит-полевошпатовые породы с магнетит-сульфидной минерализацией, приведенных в табл. 13.6, показывает, что они сильно отличаются как от коэффициентов, характеризующих средние составы пород массива, так и от зависимостей, присущих основным генетическим петротипам пород полосчатого комплекса.

Таблица 13.6  
Коэффициенты корреляции ЭПГ, Au и Ag для метаморфических пород полосчатого комплекса массива Средний Крака

	Ir	Ru	Pt	Au	Ag
Os	<b>0,972</b>	0,180	<b>-0,731</b>	-0,089	0,252
Ir		0,059	<b>-0,805</b>	-0,123	0,278
Ru			0,537	<b>0,897</b>	<b>0,792</b>
Pt				<b>0,670</b>	0,289
Au					<b>0,899</b>

Как видно из анализа материалов, приведенных в таблице 13.6, эти отличия заключаются в следующем:

– среди элементов, составляющих тугоплавкую триаду, значимые прямые корреляционные зависимости обнаруживаются

только между распределением Os и Ir (0,97), содержания третьего элемента – рутения связаны прямой корреляционной зависимостью с Au (0,89) и Ag (0,79);

– менее проявленные прямые зависимости существуют между золотом и платиной (0,67), а более сильные – между Au и Ag, в то же время между содержаниями Os и Ir, с одной стороны, и Au и Pt, с другой, отмечаются довольно четко проявленные обратные корреляционные зависимости, причем наиболее сильно они проявлены по отношению к платине.

Таким образом, выражение, характеризующее корреляционные зависимости между благороднометаллическими элементами метаморфических пород полосчатого комплекса массива Средний Крака имеет вид:

$(Os+Ir)-(Pt+Au+Ru)$ , включая  $Ag - (Os+Ir)-(Pt+Au (+Ag) +Ru (+Ag))$ .

Сравнивая между собой выражения, характеризующие корреляционные зависимости между содержаниями ЭПГ и Au в различных рядах средних составов пород, слагающих массивы Крака:

$((Ir+Ru+Pt+Au)+Ni+Os)-Cu$  – ультрабазиты;

$((Au+Pt+Pd)(+Os))-(Ir-Ru)$  – породы полосчатого комплекса;

$(Os+Ir)-(Pt+Au+Ru)$  – метаморфиты,

можно предположить, что изменения взаимозависимостей между отдельными благороднометаллическими элементами, а также никелем и медью, являются функциями их «подвижности» при формировании (и/или изменении) соответствующих ассоциаций пород.

В общем, выводы из изложенного выше материала можно сформулировать в следующем виде:

1. Благороднометаллические элементы характеризуются значительной подвижностью как в процессе формирования основных петротипов пород, слагающих полосчатый комплекс, так и при их последующих метаморфо-метасоматических изменениях.

2. Наличие как прямых, так и обратных корреляционных зависимостей между осмием, иридием и рутением и отсутствие  $Os+Ir+Ru$ -ой специализации в «чистом» виде, позволяет говорить о том, что их поведение определялось действием множества факторов: частичным плавлением субстрата, флюидным теплопереносом и метаморфо-метасоматическими изменениями субстрата.

3. Наличие прямых, четко выраженных корреляционных зависимостей между Au, Pt и  $\pm Pd$  во всех рассмотренных ассоциациях пород свидетельствует о том, что в поведении этих эле-

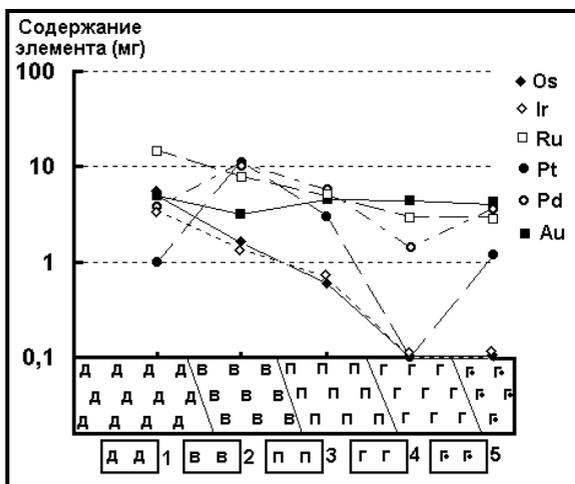
ментов в общем процессе эволюционного развития системы (в данном случае пород полосчатого комплекса массивов Крака) имеется много общих черт, что является специфической особенностью массивов.

4. Существенные изменения корреляционных зависимостей между содержаниями ЭПГ и Au в метаморфических породах по сравнению с таковыми, характерными как для основных разновидностей ультрабазитов, так и для основных петротипов полосчатого комплекса, свидетельствуют о значительной подвижности и существенном перераспределении этих элементов в процессах вторичных изменений субстрата.

Распределение МПГ и Au в основных разновидностях пород полосчатого комплекса массива Нурали изображено на рис. 13.4.

**Рис. 13.4.** Средние содержания благородных металлов в основных разновидностях пород полосчатого комплекса массива Нурали.

1-дуниты, 2-верлиты, 3-клинопироксениты, 4-габбро, 5-амфиболизированное габбро. Для расчета средних значений использовались данные из работы G.Garuti et al., 1997.



Анализ диаграммы показывает, что распределение элементов, составляющих тугоплавкую триаду (Os, Ir, Ru), характеризуется «нормальной» закономерностью, то есть их количество постепенно снижается в ряду пород дунит-верлит-клинопироксенит-габбро. Содержания золота в породах подвержены слабым колебаниям, то есть, все разновидности пород (и дуниты и габбро) содержат приблизительно одинаковое его количество. Аналогичное распределение Au установлено и для пород полосчатого комплекса массива Средний Крака. Более сложным характером распределения отличаются содержания платины и

палладия. Как видно из диаграммы, минимальные их количества приурочены к габброидам, а максимальные – к верлитам.

Анализ корреляционных зависимостей между элементами группы платины, золотом, никелем и медью в ряду пород верлиты-клинопироксениты-габбро полосчатого комплекса массива Нурали (табл. 13.7) показывает, что распределение этих элементов подчинено определенным закономерностям, которые выражаются в том, что:

– содержания всех платиноидов связаны между собой прямой корреляционной зависимостью с коэффициентами корреляции от 0,96 до 0,99 и отсутствием связей с никелем, что свидетельствует о специфике физико-химических условий, существовавших в момент формирования и/или преобразования пород полосчатого комплекса;

– особо следует отметить своеобразные корреляционные связи золота с другими элементами. Как видно из таблицы, его распределение характеризуется отсутствием корреляционных связей с никелем и медью и сильными (0,71-0,87) отрицательными взаимосвязями со всей группой платиноидов. Причем, здесь же следует отметить, что ситуация с распределением золота является практически полным аналогом поведения меди.

Таблица 13.7  
Коэффициенты корреляции МПГ, Au, Ni и Cu для пород полосчатого комплекса массива Нурали

	Os	Ir	Ru	Pt	Pd	Au	Cu
Ni	0,337	0,470	0,402	0,230	0,390	0,219	<b>-0,850</b>
Os		<b>0,989</b>	<b>0,998</b>	<b>0,990</b>	<b>0,973</b>	<b>-0,803</b>	<b>-0,656</b>
Ir			<b>0,997</b>	<b>0,963</b>	<b>0,971</b>	<b>-0,716</b>	<b>-0,744</b>
Ru				<b>0,979</b>	<b>0,974</b>	<b>-0,763</b>	<b>-0,700</b>
Pt					<b>0,976</b>	<b>-0,878</b>	<b>-0,608</b>
Pd						<b>-0,812</b>	<b>-0,760</b>
Au							0,282

Общее выражение, характеризующее корреляционные зависимости между ЭПГ, золотом, никелем и медью для пород полосчатого комплекса массива Нурали выглядит следующим образом:

$$((Os+Ir+Ru+Pt+Pd)+Ni) - (Cu +Au(+Ni))$$

(((Os+Ru+Ir(+Au))+Ni(+Au)-Pt+Pd(-Au))-Cu-основные разновидности пород массива.

Сравнивая это выражение с «формулой», характеризующей корреляционные связи между благородными металлами в основных разновидностях пород, слагающих массив Нурали, нужно отметить, что они в значительной степени различаются между собой. Основные различия, в первую очередь, касаются распределения золота и платины с палладием. Таким образом, опираясь на материал, приведенный выше, мы можем говорить, что в процессе формирования пород полосчатого комплекса массива Нурали платиноиды и золото обладали определенной подвижностью. Особенности перераспределения этих элементов заключаются в следующем:

- распределение металлов платиновой группы, образующих тугоплавкую триаду, в целом имеет нормальный характер, то есть, этими элементами обогащены ультраосновные разновидности пород по сравнению с основными;

- между всеми элементами платиновой группы (включая Pt и Pd) установлены устойчивые корреляционные связи, кроме этого все они связаны прямой корреляционной зависимостью с распределением никеля. Данный факт позволяет говорить об изменении физико-химической обстановки (окислительно-восстановительных условий) в процессе формирования пород полосчатого комплекса;

- распределение золота в породах, охарактеризованных выше, резко отличается от поведения платиноидов, что выражается в наличии обратных корреляционных зависимостей между ним и всей группой МПГ. В то же время Au образует слабо проявленные прямые корреляционные зависимости с Cu и Ni. Связь золота с медью также может свидетельствовать об изменении условий петрогенезиса, а именно – об некотором увеличении щелочности среды.

### **13.3. Содержания и распределение благородных металлов в основных породах**

Как известно с магматическими породами (габбродиабазовой формацией, в первую очередь), которые распространены как на западном, так и на восточном склонах Урала, пространственно и генетически связаны довольно многочисленные рудопроявления сульфидных медно-никелевых руд. В то же время, эти объекты

(как и сами породы) остаются практически неизученными на предмет обнаружения в них платинометальной минерализации. Одними из первых работ, посвященных этой проблеме, следует считать публикации Ю.А. Волченко с соавторами, в которых приводятся материалы по содержаниям МПП и составу платинометаллических минералов в габбродиабазовых западного склона Среднего и Северного Урала (Волченко и др., 1974, 1999). Содержания МПП в породах этих комплексов составляют (в г/т): Pd-0,1-0,35; Pt-0,1-0,4; Rh-0,015; Ru-0,018; Ir-0,01; Au-0,05-0,1. Среди платиновых металлов установлены: боровскит и боровскит ртутистый, котульскит (железистый и сурьмянистый), меренскит (висмутовый и железистый). Для сульфидов парагенных с минералами платиновых металлов характерны повышенные количества Ni и Co: в пирротине-1-6% Ni и 0,07% Co; в пирите 0,03-0,05% Ni и 1,4-2,1% Co (Волченко и др., 1999).

Нами в породах Мисаелгинского диабаз-пикритового комплекса (пикрит-диабазы), детальное описание пород которого приведено в ранее опубликованных работах (Ковалев, 1996), были установлены следующие содержания благороднометаллических элементов (в г/т): Pt-0,055; Pd-<0,02; Rh-<0,01; Os-0,006; Ir-<0,002; Ru-0,005; Au-0,086; Ag-0,30. При этом содержаниях отдельных элементов в минералах составили: Co-0,59% (в пирротине) и 0,6-0,62% в пирите.

Исследованиями А.Е.Соболева (1999 ф), проведенными в Ямантауском антиклинории, структурно представляющим собой часть западного склона Южного Урала (в пределах Республики Башкортостан), было установлено, что магматические породы трассирующие тектонические нарушения, содержат повышенные количества металлов платиновой группы (табл.13.8).

Причем, как справедливо отмечается А.Е.Соболевым (1999 ф), стабильно повышенные содержания металлов платиновой группы особенно свойственны среднерифейскому возрастному уровню, который характеризуется активно проявленными магматическими процессами.

Габбродиабазовая формация, тела которой образуют рои и серии даек, приуроченных к продольным и поперечным межблоковым глубинным разломам мантийного и мантийно-корового заложения, знаменует собой начальные стадии рифтогенеза, которые неоднократно проявлялись в позднекембрийской истории развития региона. Приуроченность к ним повышенных содержаний МПП позволяет предполагать главенствующую

роль мантийного источника элементов платиновой группы, которые, при последующем эволюционном развитии региона, при смене геодинамического режима, приобретают способность к миграции и перераспределению, формируя объекты, либо специфическую геохимическую специализацию отдельных типов пород и структурно-вещественных комплексов.

Таблица 13.8

Содержания благородных металлов  
в магматических породах  
западного склона Южного Урала

№ п/п	Название пород	Pt	Pd	Au	Ag
<b>Шуйдинский комплекс</b>					
1		-	-	4	-
2	оливиновые диабазы и пикрит-диабазы	-	7	3	-
3		-	-	5	-
4		-	-	38	0,1
5		-	-	10	0,2
6		-	-	6	-
<b>Юшинский комплекс</b>					
7	диабазы	-	7	3	-
8		-	7	73	-
9		-	6	3	-
10		-	6	3	-
<b>Суранский комплекс</b>					
11*	диабазы	480	5700	-	4,1
12		90	1430	-	-
13		-	-	6	-
14		-	10	3	-
15		-	6	-	-
16		-	6	3	-
17		-	26	20	0,1
18		110	810	-	0,8
19		-	-	10	0,5
<b>Сюрюньзякский комплекс</b>					
20*	диабазы и диабазовые порфириды	80	470	-	-
21		160	1100	-	1,7
22		-	6	3	-

## Продолжение табл. 13.8

Ямантауский комплекс					
23	диабазы и диабазовые порфириды	-	-	3	-
24		-	21	3	0,1
25		-	8	3	0,5
26		-	6	3	-
27		-	13	3	-
28		-	10	3	-
29	долерит	-	39	3	-

*Примечание:* Содержания Pt, Pd и Au приведены в мг/т; Ag – в г/т. Анализы выполнены в лаборатории ВСЕГЕИ атомно-абсорбционным методом. Анализы со знаком \* получены в лаборатории АО «Механобр». Нижний предел чувствительности методов составляет (в г/т): Pt-0,05; Pd-0,005; Au-0,002; Ag-0,03 (по А.Е.Соболеву, 1999 ф).

Универсальность механизма образования платиноидной минерализации (специализации пород), подтверждается материалами Д.Н.Салихова (1987) по распространенности металлов платиновой группы в изверженных породах Магнитогорского мегасинклиория, приведенных в таблице 13.9, из анализа которой видно, что основным типам магматических пород этой структуры присущи повышенные содержания МПГ.

Таблица 13.9

Средние содержания МПГ в изверженных породах  
Магнитогорского мегантиклиория (в мг/т)

Породы	Pt	Pd	Ir
Базальты	3,52 (23)	2,94 (23)	4,17 (12)
Габбро	2,56 (20)	2,65 (22)	2,46 (23)
Гипербазиты	2,45 (9)	1,93 (6)	2,80 (7)

*Примечание:* В скобках – количество анализов (по Д.Н. Салихову, 1987).

Е.А.Шумихиным (1987 ф), при изучении платиноносности различных структурно-вещественных комплексов и рудных месторождений различной формационной принадлежности, расположенных в восточной части Республики Башкортостан, в отдельных типах интрузивных пород различной основности были установлены повышенные содержания платины по сравнению с рассчитанными фоновыми (табл. 13.10).

Таблица 13.10

Содержания платины в интрузивных породах  
северной части Учалинского района (в г/т)

Породы	$\frac{C_{\text{ф}}}{\text{от-до}}$	S	$C_{\text{a, min}}$
Габбро, габбродиабазы, габбро-диориты (193)	$\frac{0,003}{\text{н.о-0,0065}}$	2,30	0,007
Габбро, габбро-диориты с вкрапленностью сульфидов (22)	$\frac{0,0035}{\text{н.о-0,005}}$	1,57	0,0055
Диориты (52)	$\frac{0,002}{\text{н.о-0,0045}}$	2,40	0,005

*Примечание:*  $C_{\text{ф}}$ -фоновое содержание Pt в г/т; S-среднее квадратичное (стандартное) отклонение содержаний;  $C_{\text{a, min}}$ -нижний предел выделенных аномальных содержаний. В скобках – количество анализов. Определения выполнены в ЦКЛ ПГО «Узбекгеология» пробирно-спектральным методом при чувствительности –  $1 \cdot 10^{-3}$  г/т, из навески весом 50 г, которые отбирались из квартованных проб весом 500 г (по Е.А.Шумихину, 1987 ф).

В результате этих исследований «аномальные» содержания металлов платиновой группы (платины в первую очередь) были установлены в довольно многочисленных интрузивных образованиях, принадлежащих к различным типам пород как по основности, так и по формационной принадлежности (табл. 13.11).

Таблица 13.11

Средне-аномальные содержания Pt в магматических породах  
северной части Учалинского района (в г/т)

Массив, порода	Pt
<b>Азнашевский массив:</b> роговообманковое габбро	0,015
<b>Аушкульский участок:</b> габбродиабазы	0,007
<b>Дунграйский массив:</b> габбро	0,009
габбродиабазы с сульфидами	0,012
<b>Чубтэкульский массив:</b> габбро, габбродиабазы	0,007
<b>Нуралинское медное месторождение:</b> диабазы с сульфидами и их брекчии	0,035

*Примечание:* (по Е.А.Шумихину, 1987 ф)

Таким образом, если мы рассмотрим в целом распределение содержаний платины в интрузивных породах северной части Учалинского района Республики Башкортостан, то обнаружим, что значения, превышающие «аномальные» для этого типа пород составляют 28% от общего количества из выборки в 425 анализов (табл. 13.12). Этот факт предполагает, что значительная часть пород основного и среднего состава этой территории являлась «носителем» аномальных концентраций платиноидов, которые «разгружались» в подходящих физико-химических условиях, обусловленных геолого-тектоническими причинами, что, в свою очередь, приводило к формированию специфической минерализации (либо специализации пород), которая охарактеризована выше.

Таблица 13.12

Распределение платины в интрузивных породах основного и среднего составов Учалинского района (в г/т)

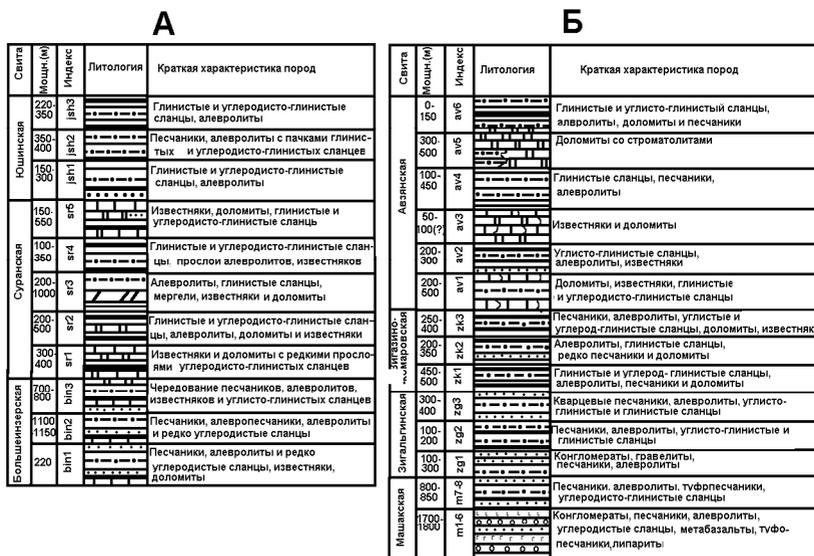
Интервал содержаний	<0,003	0,003-0,005	0,006-0,009	0,01-0,05	0,06-0,09
Количество проб	349	10	42	20	4

*Примечание:* (по Е.А.Шумихину, 1987 ф)

## Глава 14

### СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МПГ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ

Как уже отмечалось выше, Башкирский мегантиклинорий отличается сложным геологическим строением. Наличие нескольких региональных разломов (надвигов) и оперяющих тектонических нарушений формируют его «мозаично-блоковое» строение. Тем не менее, этот регион является международным стратотипом для осадочных рифейских отложений, стратиграфические колонки для которых приведены на рис. 13.1.



**Рис. 14.1.** Сводные стратиграфические колонки для отложений нижнего (А) и среднего (Б) рифея центральной части Башкирского мегантиклинория (по А.В.Маслову, М.Т.Крупнину, 1991).

В 1999 году А.Е.Соболевым было проведено изучение платиноносности осадочных и магматических пород, распространенных в пределах башкирской части западного склона Южного Урала (Ямантауском антиклинории). Как видно из геологической



– во всех изученных отложениях присутствуют два типа благороднометальной специализации: «фоновая» и «аномальная», причем последняя характерна для тектонических зон;

– «аномальный» тип благороднометальной специализации для пород суранской свиты имеет вид Au-Pt-Pd и Au-Pd-Pt, при «фоновом» – палладий-золотом; для машакских отложений он меняется на платино-золото-палладиевый, при фоновых значениях золота. «Аномальный» тип специализации для пород зигазино-комаровской свиты – Pt-Pd-Au и Au-Pt при палладий-золотом «фоне», а для отложения авзянской свиты характерен золото-платиновый «аномальный» тип при палладий-золотом – «фоновом».

При этом, обращает на себя внимание своеобразное распределение платины во всех охарактеризованных выше отложениях. Как правило ее повышенные количества устанавливаются только в тектонических зонах. В слабо измененных породах она отсутствует и «фоновая» специализация пород практически всегда имеет вид Pd-Au или Au-Pd.

На основании приведенных выше материалов нами были рассчитаны средние фоновые содержания благородных металлов для рифейских пород Ямантауского антиклинория. Для палладия они составили 11,25 мг/т, а для золота – 15,25 мг/т. К сожалению, для платины расчеты произвести не представляется возможным, из-за ее специфического распределения.

Эти значения оказываются несколько ниже определенных Ю.А. Волченко с соавторами (2001) для верхнерифейско-вендских отложений Северного Урала (Pd-16 мг/т, Au-22 мг/т). Вероятнее всего, эти различия обусловлены тем, что североуральские фоновые содержания определялись для пород, расположенных вблизи зоны Главного Уральского разлома. Здесь же следует отметить, что и Ямантауский антиклинорий представляет собой сложно построенную структуру, «разбитую» на отдельные блоки многочисленными тектоническими нарушениями (рис. 14.2). Ввиду этого, рассчитанные по данным А.Е. Соболева фоновые содержания, вероятнее всего, не могут рассматриваться как «первичные», присущие бассейну осадконакопления, а характеризуют специализацию, сформировавшуюся при участии глубинных флюидов.

Таблица 14.1

Содержания благородных металлов и элементов-примесей  
в осадочных породах западного склона Южного Урала

№	Pt	Pd	Au	Ag	Cr	Zr	As
Большееинзерская свита ( $R_1$ )							
1	-	30	-	-	50	110	-
2	-	-	32	0,8	80	510	-
Суранская свита ( $R_1$ ), миньякская подсвита ( $R_1 sr_1$ )							
3	-	-	18	0,2	100	200	32
бердагуловская подсвита ( $R_1 sr_2$ )							
4	120	320	53	0,1	80	165	13
5	220	310	-	0,05	60	115	-
6	170	420	30	0,05	80	120	-
7	-	25	3	-	100	120	24
8	-	9	5	-	100	130	-
9	-	6	3	-	200	190	-
10	-	6	3	-	80	190	-
11	-	6	5	-	80	170	-
12	-	10	6	-	100	150	-
13	-	7	3	-	80	110	-
14	-	6	14	-	100	120	-
15	-	16	5	-	100	200	-
16	-	8	3	-	60	110	-
17	-	-	18	0,20	50	170	31
18	-	-	10	0,06	60	140	-
19	-	-	10	0,6	150	140	21
20	-	6	11	0,12	80	150	15
ангастакская подсвита ( $R_1 sr_3$ )							
21	-	30	-	-	80	210	8,1
22	50	90	50	-	50	120	-
23	80	30	30	-	60	140	-
24	150	30	40	0,1	60	140	24
25	50	-	-	-	80	130	-
26	-	7	-	-	100	120	-
27	-	6	3	-	60	110	-
28	-	11	3	-	60	210	-
29	-	6	3	-	120	130	-
30	-	-	30	0,15	100	100	31
31	-	-	20	0,08	60	95	-

32	-	66	31	0,2	80	150	17
----	---	----	----	-----	----	-----	----

Продолжение табл. 14.1

Юшинская свита ( $R_1$ ), сухинская подсвита ( $R_1 jsh_3$ )							
33	50	-	-	-	50	85	7,4
Машакская свита ( $R_2$ ), кудашмановская подсвита (?)							
34	-	90	-	0,12	100	185	-
35	-	130	18	0,15	80	275	-
36	-	130	34	0,20	80	245	-
37	-	-	20	0,08	250	220	-
38	-	-	10	-	100	240	16
39	-	-	20	0,30	120	210	-
40	50	-	6	0,60	100	110	11
Зигазино-комаровская свита ( $R_2 zk$ ), серегинская подсвита ( $R_2 zk_1$ )							
41	-	140	360	-	60	190	-
42	-	77	190	0,1	60	180	-
43	50	360	40	0,12	80	160	-
44	-	10	5	0,20	80	160	-
45	-	10	5	0,08	80	220	-
46	-	-	16	0,20	30	280	-
47	-	9	7	0,06	120	520	-
48	-	6	5	0,06	100	370	-
49	-	12	7	0,12	120	440	17
50	-	50	42	0,15	100	230	-
51	-	32	57	0,08	100	240	14
52	190	-	21	0,10	100	200	12
амбарская подсвита ( $R_2 zk_2$ )							
53	-	-	11	0,05	80	240	-
54	-	88	140	-	80	200	-
55	66	-	5	-	80	180	9
56	-	9	5	0,06	80	190	-
туканская подсвита ( $R_2 zk_3$ )							
57	-	9	64	-	60	180	7,2
58	-	-	16	0,06	200	210	-
Авзянская свита ( $R_2 av$ ), катаскинская подсвита ( $R_2 av_1$ )							
59	-	-	12	0,2	60	140	-
60	-	-	11	0,08	100	120	-
61	-	-	40	0,15	300	150	-
62	3300	-	66	-	100	150	-
63	50	-	5	0,08	100	140	7,9
64	-	9	3	-	120	130	-

65	-	6	5	-	120	150	-
----	---	---	---	---	-----	-----	---

Продолжение табл. 14.1

66	-	6	5	0,1	600	170	-
67	-	6	3	-	200	120	-
68	-	-	13	-	100	140	-
69	-	-	10	-	120	160	-
70	-	6	3	0,1	80	110	-
71	-	6	3	-	600	110	-
72	-	8	4	-	100	120	-
73	-	9	2	-	100	140	-
малоинзерская подсвета (R <sub>2</sub> av <sub>2</sub> )							
74	-	-	25	-	80	130	-
75	-	-	12	-	60	250	-
76	-	-	12	0,05	100	110	11
77	-	-	39	0,1	100	130	-
78	-	-	12	-	80	170	-
79	-	-	10	-	100	150	-
80	-	-	42	0,05	100	170	-
81	-	-	17	0,15	120	130	-
82	-	-	120	0,06	80	280	-
83	-	-	62	0,08	150	140	-
84	-	-	15	-	60	150	-
85	-	6	3	-	120	220	-
86	-	-	4	-	500	270	-
87	-	-	5	0,10	60	180	-
88	-	6	-	-	60	210	-
89	-	7	-	-	100	160	9,5

*Примечание:* №№ 1,2,4-6,8,9,14,31,57,59,66,69-алевролиты, аргиллиты и глинистые сланцы; №№ 3,20,33,35,43,48-52,55,56-алевролиты, аргиллиты и углисто-глинистые сланцы; №№ 7,11,12,16,26-29,61,67,68,87-кремнисто-глинистые сланцы; №№ 10,36,54-алевролиты, аргиллиты и кремнисто-углисто-глинистые сланцы; №№ 13,17,18,63,65,70-72,76-80,82-84-глинистые сланцы; №№ 15,21,24,25, 42,46,85,86,88,89-алевролиты и аргиллиты; №№ 19,47-серицит-глинистые сланцы; №№ 22,41,58-алевролиты и кремнисто-глинистые сланцы; №№ 23,34,38-серицит-хлоритовые сланцы; №№ 30,32,60-карбонатно-кремнисто-глинистые сланцы; №№ 37,39,40-углисто-кварц-мусковитовые сланцы; №№ 44, 74,75-хлоритизированные кремнисто-глинистые сланцы; №№45,53,62,64,-73,81-хлоритизированные глинистые сланцы и аргиллиты. Содержания Pt, Pd и Au-даны в мг/т; Ag, As, Zr, и Cr – в г/т. Определения выполнены в аналитических лабораториях ВСЕГЕИ и АО «Механобр». Нижний предел чувствительности методов (в г/т) составляет: Pt-0,005, Pd-0,005, Au-0,002, Ag-0,03, As-7, Zr-3, Cr-10 (по А.Е.Соболеву, 1999 ф).

В 2001 году А.В.Масловым были получены материалы по содержаниям металлов платиновой группы в породах стратотипических разрезов западного склона Южного Урала (табл. 14.2).

Таблица 14.2

Содержания благородных металлов (в мг/т) в породах стратотипических разрезов западного склона Южного Урала

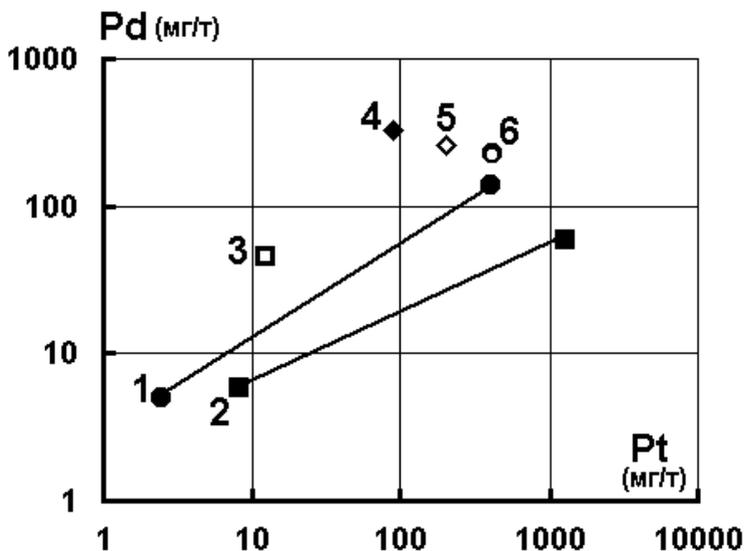
№ п/п	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au	Ag
1	1,77	5,51	0,01	0,21	0,0033	0,50	24,56
2	2,19	3,52	0,0	0,31	0,0035	0,58	28,32
3	2,19	3,76	0,01	0,13	0,0020	0,41	24,96
4	1,89	4,01	0,0	0,18	0,0030	0,47	24,07
5	2,94	4,40	0,02	0,28	0,0030	0,73	29,95
6	2,16	9,29	0,08	0,39	0,0051	0,75	28,78
7	3,44	5,98	0,07	0,26	0,0076	0,57	47,44
8	2,97	3,15	0,0	0,26	0,0048	0,80	35,47

*Примечание:* 1-айская свита (R<sub>1</sub>), 2-бакальская свита (R<sub>1</sub>), 3-половинкинская подсвита (R<sub>1st3</sub>), 4-зигазино-комаровская свита (R<sub>2</sub>), 5-куткурская подсвита (R<sub>2av4</sub>), 6-зильмердакская свита (R<sub>3</sub>), 7-нижнеукская подсвита (R<sub>3</sub>), 8-миньярская свита (R<sub>3</sub>), (по А.В.Маслову).

Как видно из приведенных материалов, содержания благородных металлов в этих породах составляют первые мг, то есть в 2-3 раза меньше, чем рассчитанные «фоновые» по материалам А.Е.Соболева. Но так как эти данные характеризуют слабо измененные породы стратотипа, то их можно рассматривать в качестве «первично-фоновых» значений, присущих бассейну осадконакопления.

Представляется интересным и важным провести сравнительный анализ распределения благородных металлов в породах Башкирского антиклинория с их содержаниями в близких образованиях из других регионов. На рис. 14.3 представлена диаграмма распределения платины и палладия в породах различных регионов. Обращает на себя внимание то, что содержания платины и палладия в породах из тектонических зон Башкирского мегантиклинория располагаются среди точек, характеризующих благороднометалльные рудоносные зоны и месторождения. При этом, «фоновые» содержания Pt и Pd в суходолжских и

башкирских породах оказываются близкими между собой (при несколько большей «платиновости» первых).



**Рис. 14.3.** Диаграмма содержаний Pt и Pd в металлоносных углеродистых сланцах различных регионов.

Цифры на схеме: 1-Башкирский антиклинорий, 2-месторождение Сухой Лог, 3-Богемский массив, Чехия, 4-Воронежский кристаллический массив, 5-Южный Китай, 6-Юкон, Канада (2-6 по Д.А.Додину и др., 2000).

Более того, тренды изменений содержаний платины и палладия в этих породах, направленные от «фоновых» содержаний к рудным концентрациям имеют одинаковые тенденции и близкую направленность.

Таким образом, изложенный выше материал позволяет еще раз подчеркнуть то, что содержания и распределение благородных металлов в породах, распространенных в пределах Башкирского мегантиклинория (и смежных областей) позволяет прогнозировать здесь наличие рудных объектов с промышленными содержаниями полезных компонентов (платиноидов и золота, в частности).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя общий итог характеристике металлов платиновой группы (их содержаниям и распространенности), которой охвачено более ста двадцати месторождений и рудопроявлений различной формационной принадлежности, а также отдельные структурно-вещественные комплексы, расположенные в пределах Республики Башкортостан, считаем необходимым акцентировать внимание на следующем:

1) обобщение материалов по содержаниям и распределению МПГ в породах ультраосновных массивов и приуроченных к ним хромитовых месторождений, а также выделяемые геохимические типы благороднометальной специализации рудных объектов, позволяет нам относить их к одному из перспективных в регионе;

2) обширные материалы по содержаниям металлов платиновой группы в золоторудных, колчеданных, медно-кобальт-никелевых месторождениях и россыпях, а также данные по их количествам в концентратах, хвостах и отвалах эксплуатируемых объектов уже на сегодняшний день могут рассматриваться в качестве руководства для постановки исследований по их извлечению;

3) первые данные по содержаниям МПГ в железных рудах отдельных месторождений, бурых углях и золошлаковых отвалах ставят вопрос о необходимости дальнейшего изучения этих объектов;

4) материалы по распространенности металлов платиновой группы в черносланцевых отложениях и разновозрастных конгломератах территории Республики Башкортостан, свидетельствуют о необходимости постановки более детальных научно-исследовательских и поисково-разведочных работ на выделяемых участках и площадях .

Итак, металлы платиновой группы могут стать одним из важнейших видов полезных ископаемых на территории Республики (при попутной добыче или разработке техногенных объектов).

**АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ,  
РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И РОССЫПЕЙ**

№ п/п	Месторождение, рудопроявление	Тип месторождения	Стр.
1.	Ак-Бура	хромитовый	33,52,54
2.	Акташское	золотой	86
3.	Александровское	золотой	90
4.	Аптряшка	золотой	92
5.	Апшак 1	хромитовый	28
6.	Апшак 2	хромитовый	28
7.	Аттестинское	хромитовый	36
8.	Аушкульское	медный	138
9.	Ашкарка 1	хромитовый	28
10.	Ашкарка 2	хромитовый	28
11.	Ашкарка 3	хромитовый	28
12.	Б.Башарт	хромитовый	28,29,32,34
13.	Бабай	хромитовый	52
14.	Бакр-тау	колчеданный	100,112
15.	Бакр-Узяк	колчеданный	100,105,107
16.	Балта-тау	колчеданный	100,115,122
17.	Баталинское	Au-Cu-Mgt	44,97
18.	Безымянное	хромитовый	28
19.	Безымянное	хромитовый	36
20.	Безымянное	хромитовый	52
21.	Безымянное №1	хромитовый	36
22.	Безымянное №2	хромитовый	36
23.	Баталинское	Au-Cu-Mgt	44
24.	Верхне-Илектинское	хромитовый	44,46
25.	Веселое	золотой	92
26.	Вознесенское	Си-порфиновый	136
27.	Вост.-Семеновское	колчеданный	100,114
28.	Гадельшинское	россыпной	79,81

29.	Гафартушское	хромитовый	44,46
30.	Гафартушское 1	Au-Cu-Mgt	44,97
31.	Гафартушское 2	хромитовый	44,46
32.	Гафартушское 2	Au-Cu-Mgt	44,97
33.	Гафартушское 3	Au-Cu-Mgt	97
34.	Гумеровское	колчеданный	118
35.	Дергамышское	Cu-Co-Ni	129
36.	Дунграйское	медный	138
37.	Запад.-Шерамбайское	хромитовый	36
38.	Ивановское	Cu-Co	125
39.	Ик-Давлят	Au-полиметалл.	95
40.	Ишлинское	бурожелезняковый	141
41.	Иремельская	россыпной	72,73
42.	Калкановское I	хромитовый	44
43.	Калкановское II	хромитовый	44,48
44.	Карагайкульское	Au-Cu-Mgt	97
45.	Караяновское	колчеданный	100,118
46.	Караяновское	хромитовый	49
47.	Кириябинское	медное	137
48.	Ключевское	хромитовый	52
49.	Кн-192	хромитовый	51
50.	Константиновское	золотой	91
51.	Красная жила	медный	44,87
52.	Красовское	хромитовый	49
53.	Кумысное	хромитовый	28
54.	Курманкульское	хромитовый	36
55.	Кусеевское	Cu-Ni	132
56.	Кутарды	хромитовый	49
57.	Левый Саксей	хромитовый	32,52
58.	Леонтьевская	россыпной	72
59.	М.Апшак II	хромитовый	28
60.	М.Башарт	хромитовый	28
61.	М.Коран	золотой	89
62.	Майды-Юрт	Au-Cu-Mgt	44,97
63.	Майское	колчеданный	100
64.	Майское	хромитовый	37
65.	Маячное	буроугольный	145

66.	Менжинского	хромитовый	28,30,32
67.	Месторождение XIX партсъезда	колчеданный	118
68.	Молодежное	колчеданный	118
69.	Мурзакаевское	хромитовый	49,69
70.	Муромцево I	хромитовый	28
71.	Муртыкты	золотой	94
72.	Ново-Учалинское	колчеданный	100,102
73.	Нуралинское	хромитовый	36
74.	Нуралинское	медный	138
75.	Октябрьское	колчеданный	100,108
76.	Осиновское	бурожелезняковое	141
77.	Осиновый Лог	россыпной	151,165
78.	Петровский рудник	хромитовый	36,38
79.	Подольское	колчеданный	100,107,122
80.	Поляковское	медный	138
81.	Правый Саксей	хромитовый	52
82.	Приозерное	хромитовый	51,53
83.	Рудопроявление №2	хромитовый	36
84.	Рысаевская Левая	россыпной	74
85.	Рябковские горки	Au-кварцевый	88
86.	Салаватское	u-порфировый	136
87.	Сапторат IV	хромитовый	28
88.	Сарангаевское	хромитовый	32,52
89.	Сарусаккульское	хромитовый	36
90.	Северо-Бускунское	Cu-Ni	131
91.	Северо-Дергамышское	Cu-Co	129
92.	Северо-Карасазское	Cu-Ni	131
93.	Северо-Тарское	бурожелезняковый	141
94.	Северо-Хамитовское	хромитовый	52,55
95.	Сибайское	колчеданный	100,104,106
96.	Ситновское 1	хромитовый	28
97.	Ситновское 2	хромитовый	28
98.	Ситновское 3	хромитовый	28
99.	Средне-Нуралинское	хромитовый	37
100.	Султанкульское	россыпной	79,81
101.	Таш-тау	колчеданный	97,100,111

102.	Туканское	бурожелезняковый	141
103.	Туканское	Cu-Ni	133
104.	Туркменевское	Cu-Ni	133
105.	Уваряжское	колчеданный	100,115
106.	Узельгинское	колчеданный	118
107.	Уйская	россыпной	73
108.	Улутауское	Au-Cu-Mgt	44,97
109.	Улюк-Бар	Au-кварцевый	84-86
110.	Ургунское 1	хромитовый	33,34
111.	Ургунское 1	Au-Cu-Mgt	44,96,97
112.	Ургунское 3	Au-Cu-Mgt	97
113.	Усадебное	хромитовый	33,34
114.	Усть-тау	Au-Cu-Mgt	
115.	Учалинское	колчеданный	100,101,103
116.	Хамитовское	хромитовый	32,33,52
117.	Черная Речка II	хромитовый	31
118.	Черный Столб	хромитовый	44,49
119.	Чингизовское	хромитовый	49
120.	Шатранское	хромитовый	52
121.	Шигаево	хромитовый	21
122.	Юбилейное	колчеданный	100,109
123.	Юлалинское	колчеданный	100,117
124.	Юлукское	медный	118
125.	Янабердэ	Au-Cu-Mgt	44,97

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Алексеев А.А., Алексеева Г.В., Ковалев С.Г.* Расслоенные интрузии западного склона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2000. 188 с.

*Буряк А.В.* Метаморфизм и рудообразование. М.: Недра, 1982. 256 с.

*Вахрушев В.А., Прокотцев Н.Г.* Первично-магматические образования в базальтах океанической коры и во включениях ультраосновных пород // Геол. рудн. м-ний, № 3, 1969. С. 14-25.

*Велинский В.В., Павлов А.Л.* Петрологическая интерпретация термодинамической модели процессов метаморфизма серпентинитов // Геохимия, №4, 2000. С. 452-459.

*Волченко Ю.А.* Парагенезисы платиноидов в хромитовых рудах Урала // Петрология и рудообразование. Свердловск.: УНЦ АН СССР, 1986. С.56-63.

*Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Золоев К.К., Мардиросьян А.Н.* Платиноидное оруденение основных геодинамических режимов развития Уральского подвижного пояса // Ежегодник-1992. Екатеринбург.: ИГиГ УрО РАН, 1993. С.89-92.

*Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева И.И.* Платиновые металлы в колчеданных рудах уральского типа // Ежегодник-1993. Екатеринбург.: ИГиГ УрО РАН, 1994. С.134-136.

*Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева И.И., Вилисов В.А.* Платиноидное оруденение в габбродиабазх западного склона Урала–новый тип мингерализации // Ежегодник-1998. Екатеринбург.: ИГ и Г УрО РАН, 1999. С.101-105.

*Волченко Ю.А., Малюгин А.А.* Минералы системы золото-палладий-ртуть в рудах Урала // Свердловск: 1986. С. 17-18.

*Волченко Ю.А., Неустроева И.И., Вилисов В.А.* Платиноидное оруденение краевых полосчатых серий альпинотипных комплексов Урала // Ежегодник-1992. Екатеринбург.: ИГиГ УрО РАН, 1993. С.89-92.

*Волченко Ю.А., Неустроева И.И., Наумова Н.Г. и др.* Платиноиды в хромитоносном разрезе Кемпирская // Ежегодник-1988. Свердловск.: ИГ и Г УрО АН СССР, 1989. С. 94-96.

*Волченко Ю.А., Ярош Н.А., Сандлер Г.А., Масленников В.Е.* Первая находка платиноидной минерализации в габбродиабазх

западного склона Урала // Ежегодник-1973. Свердловск.: ИГ и Г УрО АН СССР, 1974. С. 115-116.

Вулканогенные колчеданно-полиметаллические месторождения (на примере Рудного Алтая) / Под ред. Г.Ф.Яковлева. М.: МГУ, 1978. 278 с.

*Высоцкий Н.К.* Платина и районы ее добычи. СПб.: КЕПС, 1923. Ч.2, 3.

*Гареев Э.З.* Типизация черносланцевых отложений стратотипического разреза рифея на основе петрохимических данных // Геохимия, минералогия и литология черных сланцев. Сыктывкар.: 1987. С. 29-30.

Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М.: Наука, 1994. 301 с.

*Генкин А.Д., Евстигнеева Т.Л., Вяльсов Л.Н. и др.* Паоловит – Pd<sub>2</sub>Sn – новый минерал из медно-никелевых сульфидных руд // Геология рудных месторождений. 1974. Т. XVI. № 1. С. 98-103.

Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М.: Наука, 1994. 301 с.

*Горбачев Н.С., Бругманн Г., Налдретт А.Дж.* Фракционирование платиновых металлов и золота во флюидосодержащих оксидно-силикатно-сульфидных системах в магматических процессах (по экспериментальным данным) / Геология и генезис месторождений платиновых металлов. Тез. докл. М.: ИГЕМ. 1992. С. 111.

*Денисова Е.А.* Внутренняя структура Миндякского ультраосновного массива (Южный Урал) // Докл. АН СССР, 1984, Т. 274, № 2. С. 382-387.

*Денисова Е.А.* Дунит-верлит-клинопироксенитовые серии лерцолитовых массивов Южного Урала // Докл. АН СССР, 1984, Т.277, № 3. С.660-665.

*Денисова Е.А.* Складчатая структура ультраосновных тектонитов массивов Крака (Южный Урал) // Геотектоника, 1989, № 4. С. 52-62.

*Дистлер В.В., Гроховская Т.Л., Евстигнеева Т.Л. и др.* Петрология сульфидного магматического рудообразования. М.: Наука, 1988. 232 с.

*Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К. и др.* Форма нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия). // Геология рудных месторождений. 1996. Т.38. № 6. С. 467-484.

*Дмитриенко Г.Г., Горячева Е.М., Савельева Г.Н.* Минералы платиноидов в хромитах массива Нурали (Южный Урал) // Докл. АН СССР, Т. 324, № 2, 1992. С. 403.

*Додин Д.А., Чернышов Н.М., Полферов Д.В., Тарновецкий Л.Л.* / Платинометальные месторождения мира // Платинометальные малосульфидные месторождения в ритмично расслоенных комплексах. М.: АО «Геоинформмарк». Т.1. Кн.1, 1994. 279 с.

Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке (минералогия, генезис, технология, аналитика). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. Е.ІV. 310 с.

*Додин Д.А., Чернышов Н.М., Якуевич Б.А.* Платинометальные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.

*Егорова Е.Н.* О никеленосности оливина // Зап.Всес. Минерал. общ-ва, LXVII, вып.2, 1938. С.262-272.

*Звягинцев О.Е.* Геохимия платины. Л.: ОНТИ-ХИМТЕОРЕТ, 1936. 96 с.

*Знаменский С.Е.* Структура и размещение золото-полиметаллического оруденения Ильинского рудного поля // БНЦ УрО РАН. Уфа: 1992. 80 с.

*Знаменский С.Е., Ковалев С.Г., Сначев В.И. и др.* Платиноносность гипербазитовых массивов башкирской части зоны Главного Уральского разлома // Тез. докл. «Познание, освоение и сбережение недр РБ», Уфа.: 1994. С. 57.

*Знаменский С.Е., Ковалев С.Г., Сначев В.И., Даниленко С.А.* Платиноносность гипербазитовых массивов Башкирской части Главного Уральского разлома / Итоги деятельности Отделения наук о Земле и экологии за 1993-1995 годы, АНРБ, Изд-во «Филем», Уфа.: 1995. С.9-10.

*Зотов И.А.* Трансмагматические флюиды в магматизме и рудообразовании. М.: Наука, 1989. 214 с.

*Иванов С.Н.* Генезис рудных месторождений колчеданного типа в связи с развитием геосинклинального магматизма и метаморфизма / Проблемы генезиса руд (Международ. Геол. конгресс. XXII сес. Докл. сов. геол. Пробл. 5 // М.: Недра, 1964. С. 118-127.

*Егорова Е.Н.* О никеленосности оливина // Зап.Всес.Минер. общ-ва, LXVII, вып.2, 1938. С.262-272.

*Иванкин П.Ф., Назарова Н.И.* Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. М.: Недра, 1988. 254 с.

*Клочихин А.В., Радченко В.В., Буряченко А.В.* Геология и петрохимия гипербазитов массивов Крака (Южный Урал) // Магматизм и эндогенная металлогения западного склона Южного Урала. Уфа.: БФАН СССР, Вып. 21, 1973. С. 129-138.

*Ковалев С.Г., Высоцкий И.В.* Нетрадиционные типы благороднометального оруденения западного склона Южного Урала / Металлогения и геодинамика Урала // Тез. докл. III Всеуральского металлог. совещания. Екатеринбург.: 2000. С. 109-111.

*Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р.* Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала. Уфа.: 1999. 119 с.

*Ковалев С.Г., Савельев Д.Е., Сначев В.И.* Полосчатые комплексы гипербазитовых массивов башкирского Урала // Препринт, Уфа.: ИГ УНЦ РАН, 1998. 35 с.

*Ковалев С.Г., Салихов Д.Н.* Полезные ископаемые Республики Башкортостан (хромитовые руды). Уфа.: Изд-во «Экология», 2000. 207 с.

*Ковалев С.Г., Сначев В.И.* Гипербазитовые массивы Крака (геология, петрология, металлогения). Уфа.: 1998. 104 с.

*Ковалев С.Г., Сначев В.И., Высоцкий И.В., Рыкус М.В.* О новом типе благороднометальной минерализации на западном склоне Южного Урала // Руды и металлы, № 6, 1997. С. 27-32.

*Козлов В.И.* Стратотип рифея Южного Урала // Стратиграфия, литология и геохимия верхнего докембрия Южного Урала и Приуралья. Уфа.: БФ АН СССР, 1986. С. 6-16.

Колчеданные месторождения мира / М.Б.Бородаевская, Д.И.Горжевский, А.И.Кривцов и др. // Под ред. В.И.Смирнова. М.: Недра, 1979. 224 с.

*Константинов М.М.* Золоторудные гиганты миоэока // Природа, № 3, 2000. С. 52-57.

*Контарь Е.С., Либарова Л.Е.* Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. 233 с.

*Коробейников А.Ф.* Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов. Новосибирск.: изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. 237 с.

*Курбанов Н.К.* Условия формирования и закономерности размещения стратиформных колчеданно-полиметаллических месторождений терригенных эвгеосинклиналей. // Автореф. дисс. ... докт. геол.-минер. наук. М.: 1986. 49 с.

*Ларин В.Н.* Гипотеза изначально гидридной Земли. 2-е издание, переработ. и дополн. М.: Недра, 1980. 216 с.

*Летников Ф.А., Савельева В.Б., Аникина Ю.В., Смагунова М.М.* Высокоуглеродистые тектониты – новый тип концентрирования золота и платины. // ДАН, Т.347, № 6, 1996. С. 795-798.

*Магадеев Б.Д.* Геология и рудоносность западной части Абзелиловского района (Южный Урал) / Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. Свердловск: 1974. 30 с.

*Магадеев Б.Д., Исмагилов М.И.* Медно-порфировые месторождения Башкирии / Геология медно-порфировых месторождений // Тез. докл. 2-го совещ. по медно-порфировым месторождениям. Алма-Ата, 1971. С. 34-36.

*Магадеев Б.Д., Юсупов С.Ш.* Самородок золота «Ирендыкский медведь» / Башкортостан: Краткая энциклопедия. Уфа: Научное изд-во «Башкирская энциклопедия», 1996. С. 515.

*Макеев А.Б.* Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.

*Малевский А.Ю., Лапутина И.П., Дистлер В.В.* Поведение платиновых металлов при кристаллизации пирротина из сульфидного расплава // Геохимия, 1977, № 10. С.1534-1542.

*Маслов А.В.* Рифейские углеродистые отложения Башкирского мегантиклинория // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 3. С. 101-109.

*Маслов А.В., Крупенин М.Т.* Разрезы рифея Башкирского мегантиклинория (западный склон Южного Урала) / Информ. матлы. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 172 с.

*Маракушев А.А.* Физико-химические условия генерации рудоносных флюидов и проблема источников рудного вещества // Источники рудного вещества эндогенных месторождений. М.: 1976. С. 145-164.

*Маракушев А.А.* Петрогенезис и рудообразование (геохимические аспекты). М.: Наука, 1979. 262 с.

*Маракушев А.А.* Положение платиновых металлов в системе экстремальных состояний химических элементов и формационные типы их месторождений // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М.: АО «Геоинформмарк», 1994. С. 206-227.

*Маракушев А.А., Русинов В.Л., Зотов И.А. и др.* Глобальные аспекты эндогенного рудообразования // Геология рудных месторождений, 1997. Т. 39. № 6. С. 483-501.

Минералы благородных металлов: Справочник / Юшко-Захарова О.Е., Иванов В.В., Соболева Л.Н. и др. / М.: Недра, 1986. 272 с.

*Молошаг В.П., Смирнов С.В.* Платиноидная минерализация Нуралинского гипербазит-габбрового массива (Южный Урал) // Зап. Всерос. минерал. общ-ва Ч.СХХV, № 1, 1996. С. 48-54.

*Некрасов Е.М., Ставский А.П.* Состояние и перспективы мирового рынка платиноидов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. № 6, 1999. С. 54-57.

*Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.

Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов / Сборник научных трудов.–М.: «Геоинформмарк», 1994. 248 с.

*Пшеничный Г.Н., Волькинштейн М.Я., Николайченков Ю.С. и др.* Ново-Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1999. 394 с.

*Рудник Г.Б.* Петрогенезис ультраосновных пород Нуралинского массива на Южном Урале / Соотношение магматизма и метаморфизма в генезисе ультрабазитов. М.: Наука, 1965. С.68-100.

*Рябов В.В., Аношин Г.Н.* Платино-железосодержащее оруденение в интрузивных траппах Сибирской платформы // Геология и геофизика, Т. 40, № 2, 1999. С. 162-174.

*Рыкус М.В.* Золотоносность докембрийских осадочных толщ западного склона Южного Урала. / Препринт. Уфа.: УНЦ РАН, 1995. 45 с.

*Рыкус М.В., Андреев Н.И., Муркин В.П., Маслов А.В., Сначев В.И.* Углеродистые отложения докембрия Южного Урала. / Препринт. Уфа.: УНЦ РАН, 1993. 40 с.

*Рыкус М.В., Сначев В.И.* Золото западного склона Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1999. 170 с.

*Савельева Г.Н.* Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре / Тр. ГИН АН СССР, М.: Наука, вып.404, 1987. 246 с.

*Савельева Г.Н., Денисова Е.Л.* Структура и петрология ультраосновного массива Нурали на Южном Урале // Геотектоника, № 1, 1983. С. 42-57.

*Савельева Г.Н., Денисова Е.А.* Структура и петрология массива Средний Крак на Южном Урале / Геотектоника, № 4, 1985. С. 53-68.

*Салихов Д.Н.* Платина, палладий и иридий в габбро-базальтовых породах Магнитогорского мегасинклинория // Микроэлементы в магматических, метаморфических и рудных формациях Урала. Уфа.: 1987. С. 4-9.

*Салихов Д.Н., Бердников П.Г.* Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклиория // Уфа: БФАН СССР, 1985. 95 с.

*Салихов Д.Н., Пшеничный Г.Н.* Магматизм и оруденение зоны ранней консолидации Магнитогорской эвгеосинклинали. Уфа: БФАН СССР, 1984. 112 с.

*Салихов Д.Н., Юсупов С.Ш., Бабуров А.В., Бурдаков А.В., Андреев И.Л.* Перспективы платиноносности Башкирского Зауралья // Отечественная геология, №7, 1997. С. 51-52.

*Серавкин И.Б.* Некоторые новые критерии для поисков скрытого оруденения на примере зональности Юбилейного медно-колчеданного месторождения / Магматизм, метаморфизм и рудоносность Южного Урала // Уфа: БФАН СССР, 1975. С. 78-83.

*Серавкин И.Б.* Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

*Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М.* Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

*Середин В.В., Поваренных М.Ю.* Первая находка минералов платины в углях // Докл. РАН. 1995. Т. 342, № 6. С. 799-803.

*Смирнов С.В.* Петрология верлит-клинопироксенит-габбровой ассоциации Нуралинского гипербазитового массива и связанное с ним платиноидное оруденение / Автореферат канд. дисс. Екатеринбург.: 1995. 18 с.

*Смирнов С.В., Волченко Ю.А.* Первая находка платиноидной минерализации в хромитовых рудах Нуралинского массива на Южном Урале // Ежегодник-1991, Екатеринбург.: ИГиГ УрО РАН, 1992. С. 115-117.

*Смирнов С.В., Молошаг В.П.* Первое платино-палладиевое рудопроявление Нуралинского массива // Ежегодник-1992, Екатеринбург.: ИГиГ УрО РАН, 1992. С. 92-94.

*Созинов Н.А., Ермолаева Н.П., Чиненов В.А. и др.* Оценка платиноносности золоторудного месторождения Сухой лог (Иркутская область) // Платина России. Пробл. Развития МСБ платиновых металлов. Третье засед. Научн-методич. Совета по программе «Платина России». М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1995. С. 149-156.

*Сопко П.Ф.* Колчеданные месторождения Башкирии и закономерности их размещения / Условия локализации рудных месторождений на Южном Урале. Уфа: 1977а. С. 3-17.

*Сопко П.Ф.* Типы золоторудных месторождений Башкирии и некоторые закономерности их размещения / Условия локализации рудных месторождений на Южном Урале. Уфа: 1977б. С.59-72.

*Томсон И.Н., Полякова О.П., Полохов В.П., Нивин В.А.* Условия образования эндогенных «черных сланцев» в Приморье. // Геология рудных месторождений. 1993. Т.35. № 4. С. 344-351.

*Томсон И.Н., Тананаева Г.А.* Восстановленная дегазация недр и ее возможная роль в экологических катастрофах. // ДАН, 1994. Т. 337. № 3. С. 368-370.

*Хамитов Р.А., Чернов А.Л., Габитов Г.Х.* Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Республики Башкортостан // Мат-лы III Республ. геол. конференции. Уфа.: 1999. С.85-93.

*Чернышов Н.М.* Новый тип золото-платинометалльного оруденения в стратифицированных черносланцевых комплексах // Вест. Воронеж. ун-та, сер. геол., № 1, 1996. С. 114-133.

*Юсупов С.Ш.* Новые микроминералогические признаки поисков скрытых месторождений и рудоносных структур / Геология и полезные ископаемые Республики Башкортостан, проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевой базы // Мат-лы III Республ. геол. конферен. Уфа: 1999. С. 163-167.

*Юшко-Захарова О.Е.* Платиноносность рудных месторождений. М.: Недра, 1975. 247 с.

*Яхимович В.Л., Андрианова О.С.* Кайнозой Башкирского Предуралья. т.1, часть 3. Южноуральский буроугольный бассейн. Уфа: 1959. 299 с.

*Barnes S.J., Boyd R., Korneliussion A., Nilsson L.P., Often M., Pedersen R.B., Robins B.* The use of mantle normalisation and metal ratios in discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulphide segregation on platinum-group elements, gold, nickel and copper: examples from Norway / In: H.M.Prichard, P.J.Potts, J.F.W.Bowles, S.J.Cribb (Eds.), Geo-Platinum 87. 1988. Elsevier, London, pp. 113-143.

*Cabri L.J., Cridde A.J., Laflamme J.H.G.* Mineralogical study of complex Pt Fe-Nuggests from Ethiopia // Bull. Miner. 1981. Vol. 104. P. 508-524.

*Garuti G., Fershtater G., Bea F., Montero P., Pushkarev E.V., Zaccarini F.* Platinum-group elements as petrological indicators in mafic-ultramafic complexes of the central and southern Urals: preliminary results // Tectonophysics, 276, 1997. P. 181-194.

*Goldschmidt V.M., Peters Cl.* Ueber die Anreicherung seltener Elemente in Steinkohlen. Nachr. d. Wiss. Gottingen. Mat. Phys. Kl. H. 4, 381 (III № 38) 1933.

*Kinloch E.D.* Regional trends in the platinum-group minerals of the Critical Zone of the Bushveld Complex, South Afrika // *Econ. Geol.* 1982. Vol. 77, N 6. P. 815-834.

*Lorand J.P.* Abundance and distribution of Cu-Fe-Ni sulfides, sulfur, copper and platinum-group elements in orogenic-type spinel lherzolite massifs of Ariege (Northeastern Pyrenees, France) // *Earth Planet. Sci.* 1989. Lett. 93, pp. 50-64.

*Makovicky M., Makovicky E., Rose-Hansen J.* Experimental studies on the solubility and distribution of platinum deposits. Metallogeny of basic and ultrabasic rocks // *Proc. Conf. Edinburgh, Scotland Ist. Mining Metallurg.* 1985. P. 415-425.

Делир Нурзадаевич Салихов  
Сагит Шарипович Юсупов  
Сергей Григорьевич Ковалев  
Павел Григорьевич Бердников  
Расих Агзамович Хамитов

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(металлы платиновой группы)**

Рекомендовано к изданию совместным заседанием  
Отделения наук о Земле АН РБ и научно-технических советов:  
по общей и теоретической геологии;  
геофизике, инженерной геологии и гидрогеологии

Протокол № 6/2001 от 30.11.2001

Оригинал-макет подготовлен  
в Институте геологии УНЦ РАН  
С.Г.Ковалевым

Издательская лицензия № Б 848184 от 21 апреля 1999 года.

Подписано в печать 26.12.2001 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс». Отпечатано методом ризографии.  
Усл.печ.л. 13,0. Уч.-изд.л. 13,9.  
Тираж 250 экз. Заказ 01-65

Издательство и типография НИИБЖД РБ.  
Адрес НИИБЖД РБ: 450005, Республика Башкортостан,  
г. Уфа, ул. 8 Марта, 12/1.