

УДК 549.283:669.2(470.6)

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (Au, Pt, Pd) СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© <sup>1</sup>Богуш И.А., <sup>1</sup>Рябов Г.В., <sup>2</sup>Черкашин В.И.

<sup>1</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ), г. Новочеркасск

<sup>2</sup>Институт геологии Дагестанского научного центра РАН, г. Махачкала

*Впервые для Северного Кавказа рассматривается металлогения группы благородных металлов (Au, Pt, Pd). Геологическая поисковая модель благородных металлов охватывает фанерозой региона. Первичным источником металлов выделены массивы каледонских ультрабазитов Тырнауз-Пшекишской шовной зоны. Продукты разрушения ультрабазитов дали крупные региональные проявления золота, платины, палладия в герцинских черных сланцах. Рудоносные сланцы мобилизуют металлы при наложении магматогенных флюидов пермских вулканитов. Киммерийские (J<sub>1</sub>) коры выветривания ультрабазитов содержат промышленные благородные металлы. В четвертичное время указанные проявления благородных металлов дали россыпные месторождения в бассейнах рек Северного Кавказа (альпийская эпоха). Подчеркиваются предпосылки наличия крупномасштабных рудных полей с субпромышленным содержанием Au, Pt, Pd, аналогов мировых месторождений золота и платиноидов. Для поисково-разведочных работ рекомендуются два площадных рудопроявления.*

**Ключевые слова:** Северный Кавказ, металлогения, благородные металлы, рудные поля, рудопроявления.

**Введение.** Благородные металлы, колчеданные и полиметаллические месторождения Северного Кавказа являются рудными объектами, представляющими промышленный интерес. Группа благородных металлов до конца прошлого века была представлена единственным представителем – золотом. До 30-х годов прошлого века золото Северного Кавказа представляло минералогический интерес. Начало промышленного золота относится к 1930-м годам, когда россыпное золото стало объектом старательской добычи в бассейнах рек Кубани, Большой Лабы, Урупа, Баксана. Россыпное золото старательски добывалось до 1951 года. Поиски коренного золота были сосредоточены в зонах Центрального и Передового хребтов в связи с гранитными магматическими комплексами. Жильный золото-кварцевый и золото-кварц-сульфидный тип подтверждался отдельными находками в гранитоидах и рассматривался в качестве основного поискового и промышленного типа. Такие взгляды были изложены в работах кавказских геологов Д.П. Сердюченко, А.Г. Кобилева, И.Я. Баранова и были подтверждены отдельными находками минералогического характера. В 1950-60 годах гранитная концепция золотоносности Северного Кавказа претерпела существенные изменения. С началом открытия и освоения на Кавказе медноколчеданных месторождений была доказана золотоносность их руд и продуктов разрушения («железная шляпа»). Открытие золоторудного Урупского колчеданного месторождения и добыча на нем золота послужили причиной длительное время рассматривать эти месторождения главным источником коренного и россыпного золота. С этого времени поиски золота на Северном Кавказе были сосредоточены в областях развития колчеданного оруденения и зон сульфидизации. Находки рудных проявлений нижнеюрских магматогенных проявлений золотосульфидного типа мало изменили подход к металлогении золота.

Гегемония золота в качестве единственного представителя благородных металлов Кавказа была нарушена в начале 2000-х годов. Работами В.И. Гончарова, И.А. Богуша, С.Г. Парады, В.И. Черкашина, М.М. Курбанова, Г.В. Рябова к золоту добавились металлы платиновой группы. В настоящее время открытие площадных

комплексных аномалий золота, платины и палладия [1, 2, 3, 8, 9, 11] и минералогические находки осмия, иридия, рутения [2] позволили говорить о наличии на Северном Кавказе полного комплекта благородных металлов. Промышленный интерес привлекают уже выявленные площадные крупномасштабные аномалии триады Au, Pt, Pd [3, 4].

#### **Фанерозойский цикл благородных металлов Северного Кавказа**

Оруденение благородных металлов Северного Кавказа имеет проходящий, унаследованный характер на протяжении всего фанерозоя и прослеживается в главных геотектонических эпохах, начиная с силура и до четвертичного периода. Комплекс палеозойских благородных металлов представлен тремя возрастными этапами: 1- раннепалеозойским (каледонский); 2- ранним среднепалеозойским (D<sub>2</sub>); 3 – средне-верхнепалеозойским (P<sub>1</sub>), герцинским. Мезо-кайнозойский этап проявляется двумя этапами: 3 - киммерийским (J<sub>1</sub>) и 4 - альпийским (Q). Находки платиноидов на территории Северного Кавказа приурочены к металлогенической зоне Передового хребта с продуктивными девонскими вулканогенными и черносланцевыми комплексами пород.

#### **Каледонский источник благородных металлов**

Наиболее древние каледонские источники благородных металлов связаны с древнейшими магматическими комплексами Кавказа – ультрабазитами Передового хребта [10]. Региональная полоса выходов альпинотипных ультрабазитов прослеживается по северной границе Передового хребта и приурочена к глубинной Тырныауз-Пшекишской тектонической зоне. Возраст ультрабазитов принимается как нижнепалеозойский (450 +-25 млн. лет) [10], они являются более древними, чем вмещающие отложения девонских черных сланцев. Восточный фланг этой полосы отмечен крупным Малкинским массивом [17], западный - Беденским массивом. Гипербазиты на всем протяжении полосы перекрываются нижнеюрской терригенной толщей плинсбаха, залегающей с разрывом и корой выветривания. Рудоносность ультрабазитов на примерах Макинского и Беденского серпентинитовых массивов была описана ранее нами и С.Г. Парада с соавторами [2, 3, 8]. Исследования коренных выходов серпентинитов не обнаружили минеральных форм и заметных аномалий платиноносности [8], однако, гипергенные и гипогенные изменения серпентинитов сопровождаются крупными аномалиями Au, Pt, Pd. Непосредственная связь этих аномалий с ультрабазитами однозначно подчеркивают донорский характер ультрабазитов и первичную природу источника благородных металлов на Северном Кавказе [4].

#### **Герцениды. Благородные металлы черных сланцев**

В мировой практике важнейшим геолого-промышленным типом месторождений золота, платины и платиноидов являются ультрабазиты и черносланцевые толщи [5, 6, 7, 13, 14, 15], содержащие такие объекты как Мурунтау, Сухой Лог, Бакырчик, Олимпиаденское и другие месторождения благородных металлов. На Северном Кавказе постановка работ по оценке территории на благородные металлы черносланцевой формации является новой. Девонский черносланцевый терригенный комплекс выделен Лазаренковым В.Г., Смысловым А.А., Тихомировым Л.И. [7] в качестве одной из платинометалльных провинций России, относящейся к углеродистой формации (рис. 1).

Отложения палеозойской черносланцевой формации (артыкчатская и андрюкская свиты D<sub>2</sub>) представляют собой фрагментарные выходы, прослеженные на протяжении всей зоны Передового хребта (200 километров) от ее восточного выклинивания (восточный борт долины р. Баксан) до ее западного окончания в бассейне р. М. Лаба. В целом, это разрозненные тектонические блоки, приуроченные к области северного контакта структурно-формационной зоны Передового хребта и Бечасынской зоны.

На всем протяжении полосы черные сланцы метаморфизованы, их глинистая составляющая превращена в гидрослюды (филлиты). Функционально рудоносные

черные сланцы тоханской серии отчетливо проявляются в двух направлениях: 1 – являются литологическими терригенными концентраторами благородных металлов (Au, Pt, Pd) с образованием площадных субпромышленных аномалий этих металлов [2,3,4]; 2 – выполняют донорские функции, являясь источником золота и платиноидов на геохимических барьерах флюидной активизации кровли черносланцевых толщ.

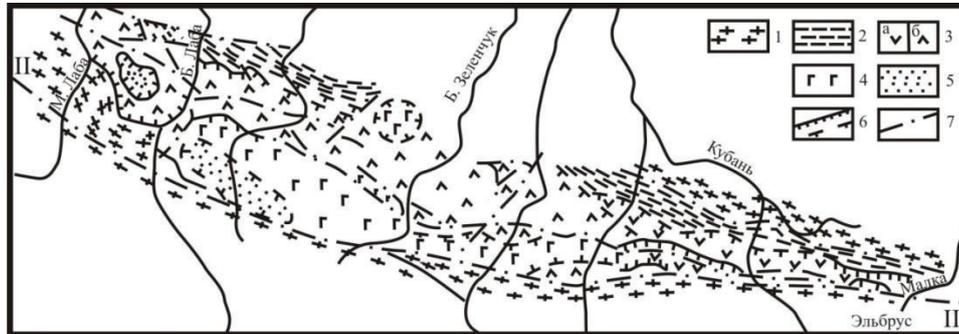


Рис. 1. Тектоническая схема Передового хребта (неоавтохтонные образования сняты), по Г.И. Баранову и др., 1990 г.

Условные обозначения: 1 - кристаллические породы Главного хребта и Бечасынской зоны; 2 - черносланцевая формация Тоханской палеозоны (Тоханский покров); 3 - вулканогенно-осадочный комплекс (Кизилкольский покров): а - породы Картджуртской и Кенделлярской подзоны, б - породы Лабино-Зараусской подзоны; 4 - офиолитовый комплекс; 5 - докембрийский кристаллический комплекс в аллохтонном залегании (Ацгаринский покров); 6 - границы шарьяжей; 7 - крутопадающие разломы (I-I - Северный, II-II - Пшекиш-Тырныаузский).

Черные сланцы тесно связаны с ультрабазитами не только площадным единством, но и генетическими (литологическими и геохимическими) особенностями. Литологическое родство ультрабазитов и черных сланцев проявляется в широком распространении в сланцах продуктов разрушения силурийских ультрабазитов [4]. В сланцах нередко присутствуют терригенные составляющие продуктов разрушения серпентинитов, зерна и обломки неправильной формы, как правило, удлиненные и изогнутые, серпентинитового или хлорит-серпентинового состава. Структура их волокнистая, пластинчатая и редко радиально-лучистая. Обычно к ним приурочены зерна хромшпинелидов. Форма последних оскольчатая, цвет красновато-бурый или желтовато-бурый.

Геохимические особенности черносланцевой полосы проявились в повышенных содержаниях ряда элементов, образующих специфические комплексы [4, 13, 14, 15]. Типоморфным для черных сланцев артыкчатской свиты является комплекс элементов ультрамафитовых пород: хром, кобальт, никель, титан, марганец, ванадий, фосфор. Наиболее показателен хром с концентрациями от 0,006% до 0,5%, в среднем - 0,089% (коэффициент концентрации КК=10,72). Никель преобладает над кобальтом и содержится постоянно в количествах от 0,003% до 0,15%, в среднем - 0,0243% (КК=4,19). Кобальт стабильно обнаруживается во всех пробах в количествах от 0,0015% до 0,010%, среднее - 0,0065% (КК=3,6). Разброс показателя марганца от 0,06 до более 1%, среднее - 0,278% (КК=2,78). Фосфор и ванадий содержатся в сланцах примерно в равных количествах; ванадий - от 0,06% до 0,015%, среднее - 0,133% (КК=1,48), фосфор – от 0,05% до 0,3%, среднее - 0,127% (КК=1,37). Титан стабильно проявляется в интервале 0,05-0,3%, среднее - 0,447% (КК=0,99).

Описание рудоносности черных сланцев крупнейших мировых месторождений благородных металлов рассматривает обычно тонкодисперсные рассеянные благородные металлы в качестве седиментной составляющей, не касаясь их источника происхождения [13, 14, 15]. Для черных сланцев Северного Кавказа однозначно доказан магматический источник благородных металлов – ультрабазиты [1, 4]. Об аналогичном

поступлении благородных металлов в черносланцевые толщи имеется сведения в черных сланцах Китая описанных профессором Б. Леманом [16].

Аномальные субпромышленные концентрации благородных металлов нами выделены в сланцах на участке балки Грушовой Лабинского района [4]. В зоне Грушовой на протяжении 1 км отобрано 28 бороздовых и штупных проб в зоне с рудной минерализацией (пирит, халькопирит, бравоит, пентландит, арсениды и антимониды никеля, сфалерит, галенит, арсенопирит, платина, золото). Из 28-ми проб в 12-ти пробах сумма благородных металлов превышает 1 г/т, а в остальных пробах не опускается ниже 0,6 г/т. Результаты работ по зоне Грушовой дают основание оценить количество руды: при размерах рудной зоны 1000×100×100 м это дает 24 т благородных металлов (Au – 8,71 т, Pt – 8,19 т, Pd – 7,88 т) [12,13,16]. Зона «Грушова» - только лишь западная часть крупной рудной полосы, прослеживаемой в зоне контакта с Беденскими ультрабазитами на более чем 3 км.

### **Верхний палеозой. Благородные металлы нижней перми**

Донорская роль черносланцевых толщ и их высокая рудоносность проявляются при наложении на них флюидоактивных тектонических и магматических зон. Повсеместно в девонских черных сланцах золото мобилизуется в флюидоактивных тектонических зонах (Северный разлом Передового хребта) и наложенных магматических жильных комплексах (Худесский магматический комплекс даек). Уже упомянутая зона Грушова приурочена к глубинному тектоническому нарушению в зоне контакта с ультрабазитами. Примером наложения на черносланцевые толщи Кавказа активных мобилизаторов и транспортирующих структур является Чучкурское месторождение. Это месторождение, единственное крупное месторождение на Северном Кавказе, первоначально было отнесено к золоторудным. Наши исследования показали, что наряду с золотом в рудах в промышленном количестве содержатся платина и палладий и оно является золото-платино-палладиевым.

Рудовмещающий комплекс киньрчатской свиты (P<sub>1</sub>kn) представлен лавами и туфами андезито-дацитов и подстилается черносланцевой толщей артыкчатской свиты девона (D<sub>2-3</sub> ar). Обе толщи прорваны дайками гранодиоритов Худесского комплекса, дериватами пермского вулканизма. Рудная минерализация и сопутствующие ей изменения приурочены к основанию пермской вулканической постройки. Непосредственно благородные металлы проявляются в подстилающей толще артыкчатских черных сланцах, в вулканитах, туфах и лавах андезито-дацитов (березит-пропилиты) и в секущих субвулканических гранодиоритах (березиты).

В региональном структурном плане Чучкурское месторождение приурочено непосредственно к южному контакту грабенообразного блока верхнепалеозойской (С-Р<sub>1</sub>) молассы, перекрываемого Кизилкольским надвигом. В пределах пермских отложений вулканическая пластовая пачка оруденелых андезито-дацитов (лавы и туфы) и их жильных дериватов (гранодиорит-порфиры) приурочена к основанию пермской толщи киньрчатской свиты (P<sub>1</sub>kn), с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывает черносланцевую толщу артыкчатской свиты (D<sub>2-3</sub> ar). Наложённая гидротермальная проработка и оруденение (березитизация) секущих жильных тел гранодиоритов развита как в зоне пересечения ими черных сланцев, так и в области пересечения теми же телами пермских лав и туфов (андезито-дациты) основания вулканогенной перми, Гранодиориты Худесского комплекса мобилизуют благородные металлы черносланцевой тоханской формации и отлагают их в вулканитах киньрчатской свиты. Несомненно донорская роль углеродсодержащего комплекса сланцев в поставке рудного материала Чучкурского месторождения и неразведанных рудопроявлений Водозаборного, Верхнего и Придорожного. Отдельные дайки гранодиоритов березитизированы по всему телу, но в большинстве случаев березитизация развита только в эндоконтактных зонах даек.

### **Благородные металлы нижнеюрской коры выветривания. Киммериды**

Палеозойские толщи пород, полиметаллические, медноколчеданные и золоторудные месторождения с размывом и стратиграфическим несогласием перекрываются субгоризонтальными осадочными толщами нижней юры. Стратиграфическое несогласие сопровождается мощной зоной базальной коры выветривания, погребенной под плинсбахскими отложениями. Базальные горизонты размыва сохраняют комплекс металлов эродируемых месторождений, в первую очередь благородных металлов.

Донорский характер ультрабазитов установлен нами при изучении юрской коры выветривания Беденского серпентинитового массива [3]. Кровля этого массива в значительной степени подвержена доюрским эрозионным процессам и перекрывается терригенными песчаными комплексами нижней юры (плинсбах). Древняя кора выветривания и базальный горизонт залегают на размывтой поверхности серпентинитов и имеют значительную мощность - до 30 м. Благороднометальное оруденение нижнеюрской коры выветривания палеозойских серпентинитов охватывает кровлю Беденского серпентинитового массива на площади 5,0-5,5 км<sup>2</sup>.

Разрез нижнеюрской коры выветривания обнаруживает четкую вертикальную литологическую и геохимическую зональность [3]. В кровле юрские песчаники неоднократно чередуются с тонкими прослоями серпентинитовых конгломератов с содержанием металлов: Au – 0,74 г/т, Pt – 0,60 г/т, Pd – 0,62 г/т. Юрские песчаники подстилаются тонкозернистыми слоистыми железными рудами и алевритами, содержащими Au – 0,50-0,60 г/т, Pt – 0,28-0,40 г/т, Pd – 0,20-0,30 г/т. Ниже по разрезу следует элювий серпентинитов коры выветривания с содержаниями Au – 0,05-0,07 г/т, Pt – 0,06-0,12 г/т, Pd – 0,12-0,16 г/т. В основании коры выветривания залегают базальные конгломераты, выветрелые и глинизированные серпентиниты, песчаники, железистые песчаники, содержащие Au – 0,05-0,10 г/т, Pt – 0,12-0,14 г/т, Pd – 0,13-0,16 г/т. Нижележащие малоизмененные слабо выветрелые серпентиниты содержат минимальное количество благородных металлов: Au – 0,0-0,008 г/т, Pt – 0,15-0,20 г/т, Pd – 0,15 г/т. Обогащение элювия благородными металлами (несмещенные продукты разрушения) однозначно указывает на серпентиниты как главный источник металлов.

Учитывая большую мощность и площадь развития коры выветривания Беденского массива, следует подчеркнуть, что в данном случае в Урупо-Лабинском районе устанавливается крупный центр благородных металлов с промышленными содержаниями. Только участок коры выветривания площадью 1 км<sup>2</sup> при мощности 1 м потенциально может содержать золота – 3,35 т, платины - 2,7 т, палладия – 2,2 т. Общие прогнозные запасы благородных металлов на площади всего массива (5,5 км<sup>2</sup>) и средней мощности 5 м, составят: золота – 96 т, платины – 74 т, палладия – 55 т.

### **Благородные металлы в четвертичных отложениях. Альпиды**

Золото и платиноиды встречаются в современном аллювии рек Большой и Малой Лабы, Урупа, Бескеса и Власенчихи. По долинам этих рек разведаны современные и погребенные россыпи золота, в настоящее время нерентабельные для эксплуатации. Старательская добыча россыпей была начата в тридцатых годах и закончена в 1951 году прошлого столетия. Нами отобраны черные шлихи с золотом из косового аллювия рек Большая Лаба, Уруп, Власенчиха, Чучкур, Кубань. Минеральный состав черного шлиха обнаруживает присутствие в пробах, как самородной платины, так и минералов платиновой группы (рутениридосмин) [2]. Пространственно погребенные и современные россыпи золота и минерализация тяготеют к выходам черных сланцев и колчеданных тел месторождений. Пробы, содержащие золото, показали повсеместное проявление наиболее редкой и ценной тугоплавкой триады элементов платиновой группы - Os, Ir, Ru. В отдельных пробах в бассейне Баксана встречены зерна осмия и лаурита (?). В косовом аллювии рек Большая Лаба, Уруп и Власенчиха минералы платиновой группы (МПГ) тесно ассоциируют с золотом, пиритом, оксидами железа (гетит, гидротетит, лимонит).

**Заключение. Выводы. Рекомендации**

Вышеизложенные материалы и факты позволили впервые создать металлогеническую прогнозно-поисковую модель группы благородных металлов (Au, Pt, Pd) Северного Кавказа. Модель создана на основе принципов исторического, онтогенического и фациально-вещественного подхода к группе благородных металлов, которая ранее на Кавказе в комплексе не рассматривалась.

**Выводы.** Материалы, изложенные в данной статье обобщены в металлогенической поисковой модели (рис. 2). Анализ и обобщение геологических материалов авторов, касающихся благородных металлов, впервые выделенных и описанных в данной работе, позволили сделать следующие выводы:

1. На Северном Кавказе впервые выявлены площадные аномалии благородных металлов с субпромышленными содержаниями Au, Pt, Pd.
2. Северный Кавказ следует рассматривать как новую перспективную провинцию благородных металлов.
3. Благородные металлы региона хронологически и территориально имеют унаследованный характер в течение всего фанерозоя и проявляются в каледонскую, герцинскую, киммерийскую и альпийскую эпохи рудогенеза.
4. Первичным главным источником благородных металлов (Au, Pt, Pd) являются массивы альпинотипных ультрабазитов Тырнауз-Пшекишской тектонической шовной зоны.

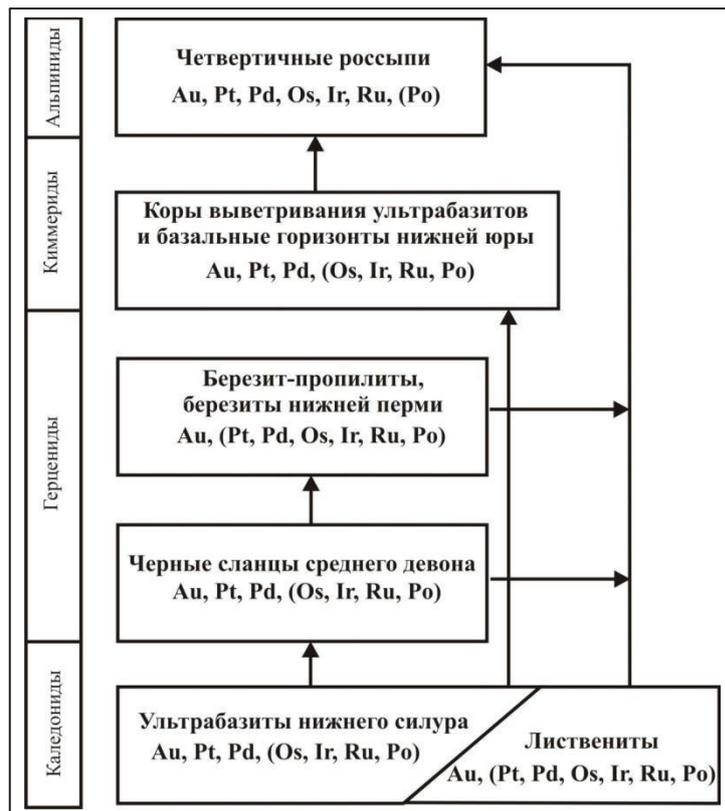


Рис. 2. Металлогеническая модель благородных металлов Северного Кавказа в фанерозое

*В скобках указаны металлы, предполагаемые в группе (в связи с отсутствием анализов).*

5. Герцинские углеродсодержащие черные сланцы обогащены терригенными рудными и нерудными продуктами разрушения ультрабазитов и образуют крупные рудные проявления – аналоги мировых месторождений золота и платиноидов.

6. Наложённые на черные сланцы зоны магматической и тектонической флюидизации мобилизуют благородные металлы сланцев и образуют новые рудные скопления.

7. Киммерийский металлогенический этап оруденения благородных металлов связан с региональными ( $J_1$ ) корами выветривания массивов альпинотипных ультрабазитов.

8. Альпийские рудные процессы благородных металлов связаны с россыпными месторождениями в бассейнах рек Большой и Малой Лабы, Кубани, Урупа, Бескеса, Баксана, продуктами разрушения более ранних проявлений.

В научном значении ряд фактов и выявленных теоретически значимых положений выглядит следующим образом:

1. Северный Кавказ является новой в РФ провинцией благородных металлов по аналогии с известными мировыми месторождениями.

2. Впервые проведен онтогенический анализ группы благородных металлов, унаследованный характер которых прослежен на фоне фанерозойской истории Северного Кавказа.

3. Впервые продемонстрирован источник благородных металлов в терригенных черносланцевых комплексах.

4. Выделены новые на Кавказе типы оруденения благородных металлов, представляющие промышленный интерес.

**Рекомендации.** Для оценки потенциала благородных металлов и общей оценки рудоносности на Северном Кавказе рекомендуется проведение поисковых работ в 200-километровой полосе развития черных сланцев Передового хребта.

С целью выявления промышленных объектов благородных металлов на Северном Кавказе рекомендуется проведение поисково-разведочных работ в Уруп-Лабинском рудном районе на участках балки Грущовой и коры выветривания Беденского ультрабазитового массива.

### Литература

1. *Богуш И.А., Курбанов М.М.* Концепции рудоносности и перспективы благородных металлов черносланцевых толщ Северного Кавказа // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Эссентуки, 1995. С. 308-311.
2. *Богуш И.А., Рябов Г.В., Кафтанатий А.Б.* Минералы платиновой группы в аллювии бассейна рек Уруп-Большая Лаба (Северный Кавказ) // ДАН РФ, 2010. Вып. 435. № 3. С. 1427-1430.
3. Новый тип оруденения благородных металлов на Северном Кавказе / *И.А. Богуш, В.И. Черкашин, Г.В. Рябов, М.Ш. Абдуллаев* // Доклады РАН, 2016. Том 466. № 2. С. 193-195.
4. Литология, геохимия и золотоносность черносланцевых комплексов Северного Кавказа / *В.И. Гончаров, И.А. Богуш, Н.В. Глазырина, В.С. Исаев* // Вестник ЮНЦ РАН, 2005. Т. 1. № 4. С. 58-64.
5. *Додин Д.А., Коробейников А.Ф.* Особенности размещения и генезиса крупных и уникальных месторождений платиновых металлов России // Сб. статей. Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. Санкт-Петербургский горный институт. С-Пб.: Наука, 1998. С. 139-154.
6. Платина России / *Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, Т.С. Додина и др.* // Сб. науч. тр. Платина России. Том IV. ООО «Геоинформмарк». М., 2005. С. 245-310.
7. *Лазаренков В.Г., Смыслов А.А., Тихомиров Л.И.* Платинометалльные провинции России // Сб. статей. Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. Санкт-Петербургский горный институт. С-Пб.: Наука, 1998. С. 210-230.
8. Первые химико-аналитические данные о платиноносности Беденского серпентинитового массива (Карачаево-Черкесская республика) / *С.Г. Парада, М.Ю. Маркин, В.В. Столяров, И.Ю. Шишкалов* // ДАН РФ, 2014. Том. 454. № 5. С. 567-569.

9. *Парада С.Г.* О платиноносности Северного Кавказа // Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования. Материалы VII международной научно-практической конференции. (Новочеркасск, 1 декабря 2009 г.). Новочеркасск: Центр оперативной полиграфии ЮРГТУ, 2009. С. 10–13.
10. *Плошко В.В.* Гипербазиты Карпато-Крымско-Кавказской складчатой системы. Киев: Наук. Думка, 1986. 192 с.
11. *Рябов Г.В.* Платиноносность руд колчеданных объектов Северного Кавказа (на примере Урупского месторождения // Геология, оценка и локальный прогноз месторождений цветных, редких и благородных металлов. Сб. науч. трудов. Новочеркасск, 1994. С. 25-32.
12. *Черницин В.Б., Прокуронов П.В.* Металлогеническая специализация Пшекиш-Тырныаузского глубинного разлома (Большой Кавказ) // Геология рудн. месторожд., 1977. № 2. С. 115-118.
13. *Crauch R.J., Coveney R.M., Murowchick J.B.* Black shales as hosts for unconventional platinum- group-element resources / US Geol. Surv., 1991, № 1062, pp. 33-34.
14. *Gurskaya L.I.* Platinum-group element mineralization associated with the black shales a new stratiform type ore for PGE. Abstr. VI International Platinum symposium. Perth, W. Australia, 1991, h. 23.
15. *Holland H.D.* Metals in black shales - a reassessment. Economic Geology, 1979, V. 34, pp. 1676-1680.
16. *Mao J., Leman B., Du A., Zhang G., Ma D., Wang Y., Zeng M., Kerrich R.* Re-Os Dating of Polymetallic Ni-Mo-Zn-Au Mineralization in Lower Cambrian Black Shales of South China and Its Geological Significance. Economic Geol., Vol. 97, 2002, pp 1051-1060.