

## К ПРОБЛЕМЕ СПЕЦИФИЧЕСКОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ ПЛАТИНОИДНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУДОНОСНЫХ ЗОН В СТРУКТУРЕ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

Член-корр. РАН, проф. Н.М. Чернышов  
проф. М.Н. Чернышова

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 5 сентября 2014 г.

**Аннотация:** на примере различных типов крутопадающих (близких к столбообразным) интрузивных и интрузивно-дайковых тел, сопровождающихся сульфидными медно-никелевыми месторождениями и рудопроявлениями, рассматривается модель многоактной природы при формировании их магматических расплавов. Установлены различные концентрации Cu, Ni, Co, в зависимости от состава различных породных ассоциаций – продуктов лавовых потоков. Нередко, рудоносные зоны в подобных телах имеют субкольцевой характер размещения, повторяя внешние контуры массивов. Предложена модель такого размещения рудных зон.

**Ключевые слова:** интрузивы, интрузивно-дайковые тела, внедрение рудонесущих магматических расплавов из различных горизонтов мантийно-коровых уровней.

### TO THE PROBLEM OF THE SPECIFIC PLACEMENT OF THE SULFIDIC PGE-COPPER-NICKEL ORE-BEARING ZONES IN THE STRUCTURE OF THE SOME DEPOSITS AND OCCURENCES

**Abstract:** on an example of different types of steep (close to the columnar) intrusive and intrusive-dyke bodies, accompanied by copper-nickel sulfidic deposits and occurrences, we consider a model of multistage nature in the formation of magmatic melts. Fitted with various concentrations of Cu, Ni, Co, depending on the composition of the various rock associations – products of lava flows. Often, mineralized zones in these bodies have sub-ring-type placement, repeating the outer contours of the massifs. A model of the distribution of ore zones proposed.

**Key words:** intrusive, intrusive-dyke bodies, introduction of ore-bearing magmatic melts from different horizons of mantle-crustal levels.

Многообразие последовательно сформировавшейся во времени (архей-фанерозой) докембрийской коры на всех континентах сопровождается широким развитием ультрамафит-фитового магматизма различных литолого-фациальных и структурно-морфологических типов (вулканические, субвулканические, интрузивно-дайковые и др.). Их нередкое пространственное совмещение, сопровождается разномасштабным специфическим размещением рудоносных зон.

Эти особенности в полной мере присущи Хоперскому мегаблоку Воронежского кристаллического массива (рис. 1), в пределах которого исключительно широко развиты ультрамафит-мафитовые интрузивы

Многообразие последовательно сформировавшейся во времени (архей-фанерозой) докембрийской коры на всех континентах сопровождается широким развитием ультрамафит-мафитового магматизма различных литолого-фациальных и структурно-морфологических типов (вулканические, субвулканические, интрузивно-дайковые и др.). Их нередкое пространственное совмещение, сопровождается разномасштабным специфическим размещением рудоносных зон.

Эти особенности в полной мере присущи Хоперскому мегаблоку Воронежского кристаллического массива (рис. 1), в пределах которого исключительно широко развиты ультрамафит-мафитовые интрузивы мамонского (2100–2080±14 млн лет) и ортопироксенит-норит-диоритовые субвулканические тела еланского (2065–2050±14 млн лет) комплексов [1, 2], характеризующиеся многоактным внедрением магматического расплава из единого эволюционирующего источника. В качестве подобного примера выступает Астаховское рудопроявление (рис. 2).

**Астаховское рудопроявление** приурочено к небольшому (0,3 км<sup>2</sup>) гипербазитовому (перидотиты, серпентиниты, пироксениты и др.) телу с отчетливо выраженными признаками многоактного внедрения рудонесущих расплавов [1, 2]. Сульфидное оруденение преимущественно вкрапленного типа расположено в центральной части интрузива и образует серию сближенных рудных зон, согласных с первичной структурной расслоенностью крутопадающего массива. Мощность их от 1,0 до 30,8 м; среднее содержание Ni = 0,3–0,71 %, Cu = 0,27–0,53 %, Co = 0,054–0,109 %; Pd / Pt = 0,84. Реже встречаются мелкие халькопирит–пирротин–пентлан-

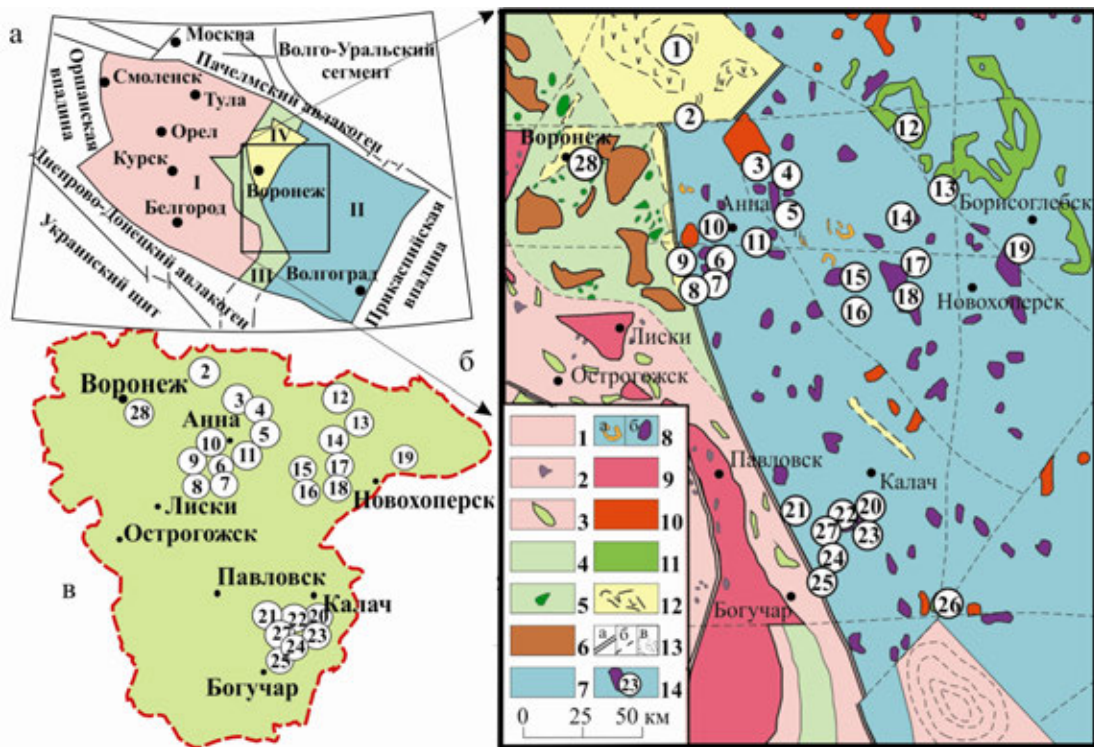


Рис. 1. Схема структурно-формационного районирования ВКМ (а) и размещение сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений и рудопроявлений мамонского и еланского типов [1, 2] на прогнозно-минерогенической карте платинометалльного и золото-платинометалльного оруденения докембрия Воронежского кристаллического массива в рамках Хоперского мегаблока (б) и Воронежской области (в): а) I – мегаблок КМА, II – Хоперский мегаблок, III – Лосевская шовная зона, IV – Ольховско-Шукавская грабенсинклиналь; б) 1 – (AR<sub>1</sub>ob) – обоянский гранулит-мигматит-гнейсовый комплекс; 2 – (AR<sub>2</sub>bg) – белогорьевский комплекс базит-гипербазитов; 3 – (AR<sub>2</sub>mh) михайловская осадочно-вулканогенная (коматит - базальтовая и базит -риодацитовая) серия; 4 – (AR-K<sub>1</sub>ls) – лосевская базальт-риолитовая серия; 5 – (K<sub>1</sub>r) – габброиды рождественского комплекса; 6 – (K<sub>1</sub>us) – усманский комплекс тоналит-плагиогранитов; 7 – (K<sub>1</sub>vc) – воронцовская углеродисто-терригенно-сланцевая серия; 8 – трахибазальтовая (K<sub>2</sub>rp) панинская толща, сиенитовая и щелочно-сиенитовая (K<sub>2</sub>ag) артюшковский комплекс) формации; (K<sub>1</sub>e, K<sub>1</sub>m) еланский и мамонский комплексы базит-гипербазитов; 9 – (K<sub>1</sub>p) мигматит-гранит-граносиениты павловского комплекса; 10 – субщелочные граниты бобровского комплекса; 11 – (K<sub>2</sub>n) траппы новогольского комплекса; 12 – вулканогенно-осадочная формация (K<sub>1</sub>vt – воронезская свита); верлит-габбровая (K<sub>1</sub>sk – шукавский комплекс) и габбронорит-кварцмонзонит-гранитная формации (K<sub>1</sub>ol – ольховский комплекс); 13 – А) региональные глубинные разломы, Б) разрывные нарушения, В) купольные структуры; 14 – месторождения, рудопроявления и потенциально перспективные участки; в) 1 – Ольховский; 2 – Шукавский; 3 – Садовский; 4 – Вост. Садовский; 5 – Моховской; 6 – Шишовский; 7 – Астаховский; 8 – Песковатский; 9 – Икорецкий; 10 – Рябиновско-Большемартыновский; 11 – Анненский; 12 – Новогольский; 13 – Жердевский; 14 – Троицкий; 15 – Елань-Коленовский; 16 – Центральный; 17 – Еланский; 18 – Елкинский; 19 – Уваровский; 20 – Ширьевский; 21 – Мамонский; 22 – Артюховский; 23 – Бычковский; 24 – Юбилейный; 25 – Подколodновский; 26 – Пионерский (Липов Куст); 27 – Сухой Яр; 28 – Воронежский.

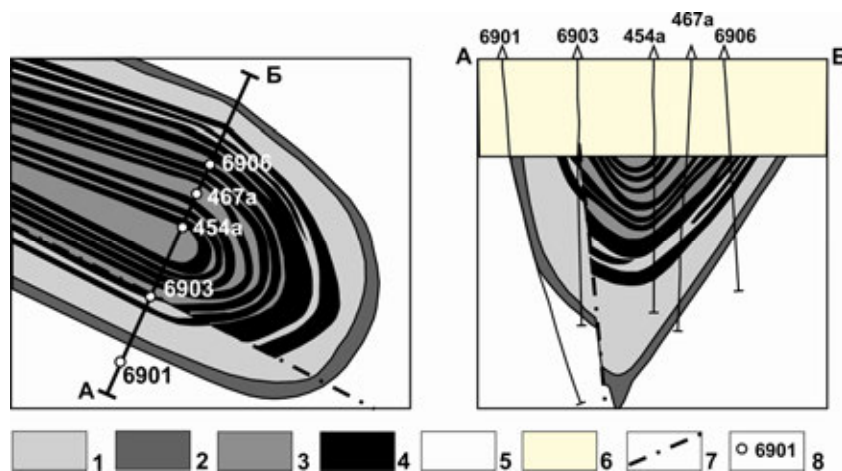


Рис. 2. Схематическая геологическая карта и разрез Астаховского рудопроявления [1, 2]: 1 – перидотиты; 2 – оливковые пироксениты; 3 – серпентиниты; 4 – зоны сульфидной платиноидно-медно-никелевой минерализации; 5 – песчано-сланцевые породы воронцовской серии; 6 – породы осадочного чехла; 7 – тектонические нарушения; 8 – буровые скважины и их номера.

дитовые и пирит–пирротиновые прожилки и единичные жилы (0,20–4,0 м) пентландит–пирротиновых руд с содержанием никеля до 1,3 %, Co = 0,19 %, Pt, Pd > 0,6 г/т.

С Астаховским интрузивом (ВКМ, см. рис. 2) обнаруживает несомненную аналогию **Великая Дайка Зимбабве** ([3, 4, 5], рис. 3).

Согласно [3] первоначально камера была занята ранней примитивной магмой, а затем в нее поступила более фракционированная магма, которая, после смешения с остатками прежнего магматического материала, сформировала габбровые породы и граничащие с ультрамафитовой серией вебстериты. Во всех случаях предполагается поступление в камеру свежей магмы, в том числе основного состава, а также пироксенитов.

Примером многоактного внедрения рудоносного расплава в магматическую камеру является **месторождение Джинчуан**, расположенное в Северном Китае, имеет запасы руды 500 млн. тонн со средним содержанием никеля и меди соответственно 1,2 % и 0,7 %. Оно представляет собой третье крупнейшее промышленное Cu–Ni–месторождение после Норильского района и Садбери [4]. Интрузия Джинчуан имеет дайкообразную форму, что согласуется с региональным простиранием структур. Длина интрузии около 6 км при средней ширине 300 м. В своей центральной части она распространяется

на глубину более 1000 м.

В строении интрузии (рис. 4) в основном участвуют четыре типа пород, последовательно отражающих многоактное их внедрение в магматическую камеру: дуниты, лерцолиты, плагиоклазовые лерцолиты и оливиновые пироксениты [5]. Дуниты – это главные рудоносные породы интрузии. Лерцолиты преобладают в сохранившейся части интрузии, образуя около 80 % ее объема. Плагиоклазовые лерцолиты образуют важный маркирующий горизонт в восточной части интрузии. Эти породы содержат 3–10 % плагиоклаза, который, вместе с пироксенами, представляет собой интерстиционную фазу. Плагиоклаз часто сосюритизирован. Средний модальный состав породы: оливин – 74 %, пироксены – 17 %, плагиоклаз – 6 %. В небольшом количестве представлены биотит и магнетит. Сульфиды отсутствуют, либо редки. Оливиновые пироксены составляют менее 10 % объема пород.

Достаточно сложной морфологией и многоактным внедрением магматических расплавов отличается интрузивно–дайковое тело, вмещающее Юбилейное месторождение (рис. 5)

**Юбилейное месторождение**, находящееся в 800 м восточнее Подколдновского, приурочено к серии дайкообразных тел ультрамафитового и мафитового состава, инъецированных дайками диоритов и гранитоидов (рис. 5). Прерывистая по мощности



Рис. 3. Обобщенный поперечный геологический разрез Великой Дайки в южной части субкамеры Дарвендэл (по [5]).

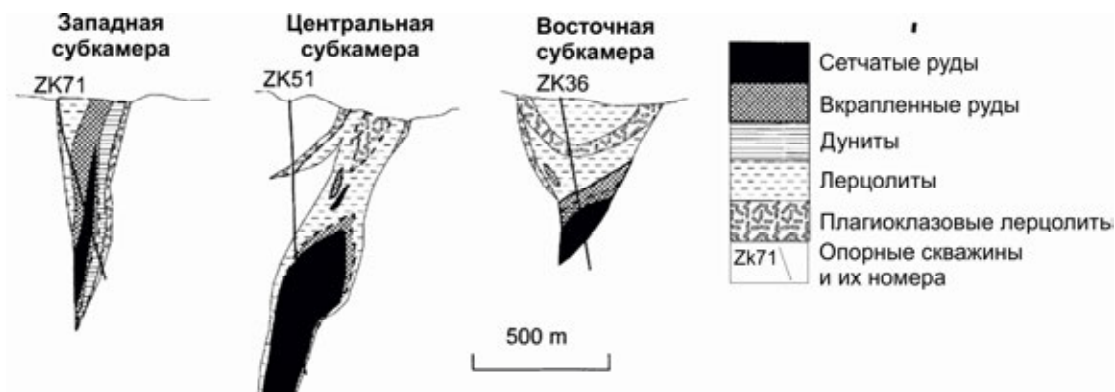


Рис. 4. Поперечные геологические разрезы месторождения Джинчуан (по [4, 5, 6]).

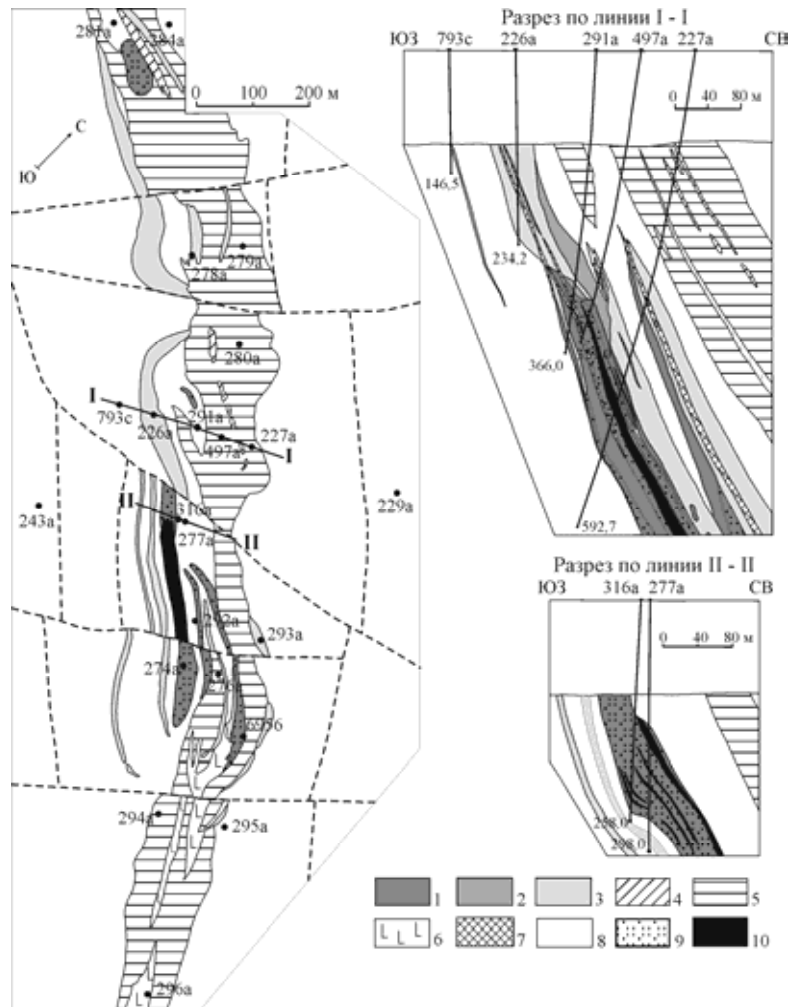


Рис. 5. Схематическая геологическая карта и разрезы Юбилейного сульфидного платиноидно-медно-никелевого месторождения (по [7, 8]): 1 – роговообманково-слоистые гарцбургиты; 2 – оливин-роговообманковые пироксениты; 3 – крупнозернистые такситовые горблендиты; 4 – габбронориты; 5 – роговообманковые (безпироксеновые) габбро; 6 – роговообманковые диориты и габбродиориты; 7 – гранодиориты, микроклин-плагиоклазовые граниты; 8 – гнейсы кварц-биотит-плагиоклазовые; 9 – бедная сульфидная медно-никелевая минерализация; 10 – зоны массивных богатых руд.

(от 3–5 до 60–85 м) основная рудная залежь, ассоциирующая с роговообманковыми перидотитами, сложена сингенетическими вкрапленными ( $Ni = 0,303\text{--}2,90\%$ ;  $Cu = 0,15\text{--}2,0\%$ ;  $Co = 0,03\text{--}0,16\%$ ) и более богатыми эпигенетическими массивными ( $Ni = 1,3\text{--}3,0\%$ ,  $Cu$  до  $10,12\%$ ,  $Co = 0,13\text{--}0,20\%$ ) рудами [1, 2].

Наличие в дайках пироксенитов Юбилейного месторождения ксенолитов рудных перидотитов, свидетельствует о временном разрыве их внедрения из промежуточного очага, с одной стороны, и возможности более широкого установления эпигенетических руд в группе дайковых пород по всем зонам рудного района – с другой.

В пределах ВКМ, одним из примеров, характеризующих специфическое размещение сульфидов в различных породных ассоциациях, свидетельствующих о различном, в основном и многоактном внедрении в разной мере обогащенных рудами магматических расплавов, формирующих ряд рудных зон в структуре **Подколдновского месторождения** (рис. 6).

Это месторождение, размером 3 км, имеет не

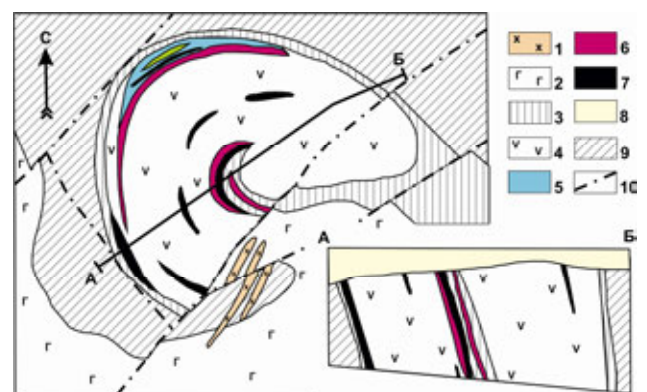


Рис. 6. Схематическая геологическая карта Подколдновского месторождения (по [1, 2]): 1 – диориты; 2 – габбронориты; 3 – перидотиты; 4 – серпентиниты; 5 – дуниты; 6 – аподунитовые серпентиниты (рудные); 7 – зоны сульфидного платиноидно-медно-никелевого оруденения; 8 – вмещающие породы воронцовской серии; 9 – породы осадочного чехла; 10 – тектонические нарушения.

стратиформное, а конформное, концентрически-зональное внутреннее строение, обусловленное



многократным чередованием ультраосновных пород различного минералого–петрографического состава. Элементы залегания пород повторяют конфигурацию контактовой поверхности интрузива, имеющего крутое (70–80°) падение.

На Подколонновском месторождении, полностью располагающемся в округлом столбообразном теле ультрамафитов, оруденение сконцентрировано в двух основных рудных зонах – западной и центральной, сложенных различными ультраосновными породными ассоциациями.

Западная рудная зона, в промежутках которой располагается ряд рудных тел, прерывистых по своей природе, рудных зон, является наиболее протяженной (свыше 1000 м), средней мощности (15–20, иногда до 35–40 м). Она располагается в эндоконтактовой полосе никеленосного массива и имеет крутое (65–75°) падение, согласное с падением интрузивного контакта. Собственно рудные тела (более десяти) в виде полос и линз различной протяженности (по простиранию – 100–600 м, по падению – 50–250 м) и

мощности (0,5–5 м) ориентированы в зоне параллельно друг другу (образуя, в целом, кольцевое размещение рудоносной зоны) и ее контактам. Расстояние между рудными телами, прослеживаемыми в пунктирной и кулисообразной последовательности, варьирует от 3–5 до 15–20 м (см. рис. 6).

В сложении Западной рудной зоны принимают участие разнообразны типы пород и руд. Главными среди последних являются рассеянно- и, сравнительно богатые по содержанию Ni, Cu и Co, равномерно-вкрапленные с широкими вариациями концентраций Ni (0,96–1,16 %), Cu (0,12–0,70 %), Co (0,12–0,44 %). Рудоносные тела Западной зоны сложены беспорядочно чередующимися, в основном, рогово-обманковыми и плагиоклазерудными перидотитами и пироксенитами (на контакте с гнейсами). Рудная минерализация в этих чередующихся породах образует, подчас, близкую к единой рудную зону, при этом, в редких случаях, присутствующие серпентиниты содержат линзообразные тела.

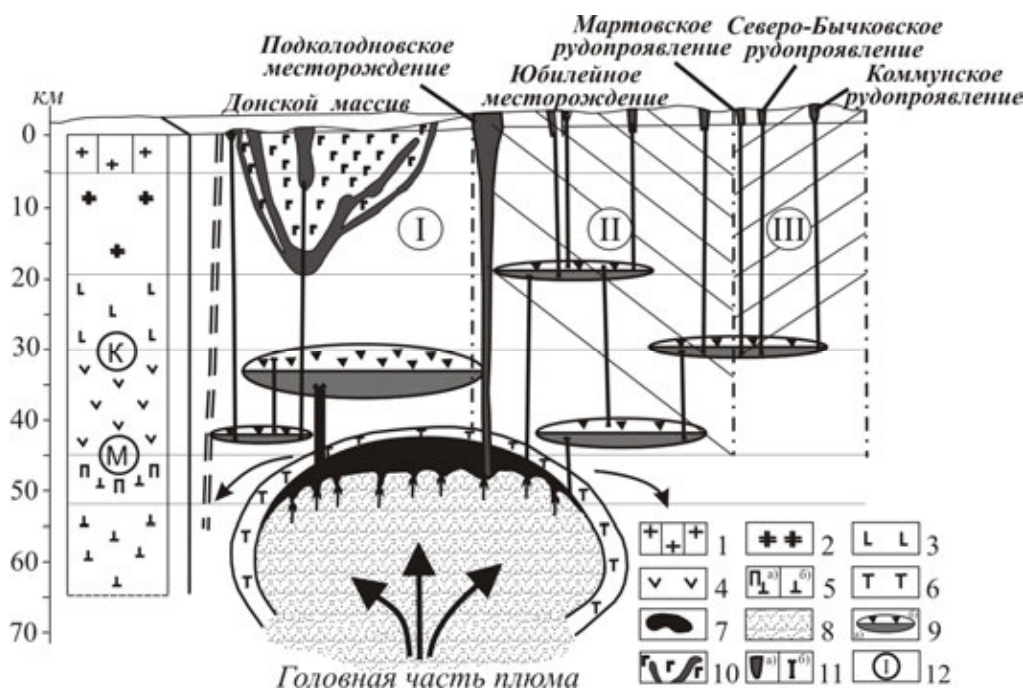


Рис. 7. Принципиальная схема трансоровой эволюции магматической системы над локальным плюмом при формировании рудоносного (Подколонновский рудный район) мафит-ультрамафитового интрузивно-дайкивого мамонского комплекса (с элементами прогноза): разрез глубинной геоплотностной модели коры и верхов мантии Подколонновского блока: 1 – слой “гранит 1” (стратифицированная часть – петрографически разнородный комплекс); 2 – слой “гранит 2” – амфиболсодержащие гранитогнейсы; 3 – “диоритовый слой” (переходный): амфибол-гиперстеновые плагиогнейсы, гранулиты высокожелезистые; 4 – метабазитовый слой: габбро-амфиболиты, основные гранулиты, гиперстеновые плагиогнейсы, эндербитогнейсы; 5 – верхи мантии по сейсмоплотностным свойствам: а) – переходная зона кора-мантия: габбро-амфиболитовые гранулиты, пироксениты, перидотиты, б) – верхнемантийные образования (бесполовошпатовый амфибол-шпинель-гранатсодержащий парагенезис); головная часть плюма: 6 – охлажденная краевая часть плюма; 7 – область мантийного магнаобразования; 8 – внутренняя часть плюма; 9 – промежуточные магматические очаги, дифференцированные от ультрамафитового (а) до мафитового (б) расплава; 10 – расслоенный мафит-ультрамафитовый Донской массив; 11 – условные магмаводы: а) из верхней зоны плюма (Подколонновское месторождение), б) из промежуточных очагов с формированием интрузий и дайковой серии в процессе механизма рассеянного спрединга; 12 – зоны позднеколлизивной структурно-тектонической трещиноватости с элементами прогноза: (I) – Западная зона, преимущественно крупноблокового строения рамы гнейсового блока и расслоенного Донского массива мафит-ультрамафитов; (II) – Центральная зона крупно-среднеблокового строения с развитием линейных северо-западного простирания разломно-блоковых структур (Юбилейное месторождение) и узлов интенсивного катаклаза и трещиноватости (Подколонновское месторождение); (III) – Восточная зона повышенной трещиноватости, катаклаза гнейсов с будинированными дайкообразными телами гипербазитов (Бычковское, Артоховское, Северо-Бычковское, Коммунистское; Мартовское рудопоявления, ассоциирующие с дайково-жильным комплексом и метасоматитами).

Центральная рудная зона резко отличается от предыдущей и, прежде всего, преимущественно связана со сравнительно богатыми (нередко массивными и брекчиевидными) рудами среди густовкрапленных и жилообразных, разной прерывистостью (до 8–10 м) при протяженности до 400 м и мощности до 5–8 м.

Сложность внутреннего строения, существенные различия в составе рудовмещающих пород, неравномерное распределение Ni, Cu и Co по разрезу месторождения, наличие в центральной части магматического тела различных разновидностей пород ультрамафитовой породной ассоциации, резкая изменчивость мощностей горизонтов по падению и простиранию и, наконец, присутствие обогащенных оливином пород – дунитов, с которыми связаны наиболее богатые скопления сульфидных медно-никелевых руд, среди различных горизонтов разреза интрузива. Все эти отклонения, которые отражают вместе с тем автономию внутренней структуры массивов и заметно нарушают известные общие закономерности, присущие дифференцированным телам, определялись, очевидно, спецификой их формирования, в частности, неоднократным внедрением различных по составу и глубине магматических рудообразующих систем и, прежде всего, автономных порций магм – мантийного субстрата, в камеру [2, 4, 8–12 и др.].

К этому следует добавить известные и достоверные петрогеохимические и изотопно-геохимические исследования формирования норитов субвулканических интрузивно-дайковых разноглубинных тел еланского комплекса в результате ассимиляционных процессов и многоактного внедрения магматического расплава [8]. Обобщенная модель этих процессов приведена на рис. 7.

Предложенная модель многоактного становления интрузивно-дайковой РМС мамонского типа ВКМ и других регионов, в которой дайковые образования являются не только структурно-вещественными, но и рудонесущими компонентами, выступают как поисково-оценочные критерии и могут служить методологической основой для прогнозно-металлогенических построений с целью наращивания потенциальных ресурсов платиноидно-медно-никелевых и других типов руд.

*Воронежский государственный университет*

*Чернышов Н.М., член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки РФ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой минералогии, петрографии и геохимии ВГУ, руководитель НОЦ «Геология рудных месторождений Центральной России» ВГУ-ИГЕМ РАН.*

*E-mail: petrology@list.ru  
Тел.: 8(473)2208681*

*Чернышова М.Н., профессор кафедры минералогии, петрографии и геохимии, д.г.-м.н.*

*E-mail: petrology@list.ru Тел.: 8(473)220-84-34*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Чернышов, Н.М.* Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.
2. *Чернышова, М.Н.* Дайки сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия) / М.Н. Чернышова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. – 2005. – 366 с.
3. *Wilson, A. H.* Platinum-group element mineralization in the Great Dyke, Zimbabwe, and its relationship to magma evolution and magma chamber structure / A. H. Wilson, M.D. Prendergast // S. Afr. J. Geol. 2001. – N 4. – V. 104. – P. 319–342.
4. *Налдретт, А. Дж.* Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометалльных руд / А. Дж. Налдретт. – СПб: СПбГУ, 2003. – 487 с.
5. *Chai, G.* Petrology and geochemistry of the Jinchuan ultramafic intrusion: cumulate of a high-Mg basaltic magma / G. Chai, A.J. Naldrett // Journal of Petrology, 1992. – V. 33. – P. 1–27.
6. *Sun, X.S.* The discovery of Pt enrichment parts and existing status of Pt and Pd in Mining Area of Jinchuan sulfide Ni-Cu deposit / X.S. Sun // Geology and Prospecting, 1992. – V.12. – P. 36–39.
7. *Чернышова, М.Н.* Рудонесущие дайки ведущих типов сульфидных платиноидно-медно-никелевых рудно-магматических систем / М.Н. Чернышова, Н.М. Чернышов, Л.В. Гончарова // Литосфера. – Екатеринбург, 2009. – № 5. – С. 36–55.
8. *Чернышова, М.Н.* Роль даек при формировании еланской сульфидной платиноидно-медно-никелевой рудообразующей системы / М.Н. Чернышова // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология, 2013. – № 1. – С. 163–168.
9. *Jia, E.E.* Geological characteristics of the Jinchuan Cu-Ni sulfide deposit in Gansu Province / E.E. Jia // Mineral Deposits, 1986. – V.5(1). – P. 27–38.
10. *Li, C.* Melting reactions of gneissic inclusions with enclosing magma at Voisey's Bay: Implications with respect to ore genesis / C. Li, A.J. Naldrett // Econ. Geol., 2000. – V. 95. – P. 801–814.
11. *Лихачев, А.П.* Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения / А.П. Лихачев. – М.: Эслан, 2006. – 496 с.
12. *Naldrett, A.J.* Geology and geochemistry of intrusions and flood basalts of the Noril'sk region, USSR, with implications for the origin of the Ni-Cu ores / A.J. Naldrett, P.C. Lightfoot, V.A. Fedorenko, N.S. Gorbachev, W. Doherty // Econ. Geol., 1992. – V. 87. – P. 975–1004.

*Voronezh State University*

*Chernyshov N.M., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Researcher of RF, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry at Voronezh State University (VSU), Head of Centre for Research and Education "Geology of ore deposits of Central Russia" at VSU-IGEM RAS.*

*E-mail: petrology@list.ru Tel.: 8(473)2208681,*

*Chernyshova M.N., Professor of Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry, Voronezh State University*

*E-mail: petrology@list.ru Tel.: 8(473)220-84-34,*