

## Петролого-геохимические и структурно-вещественные критерии прогноза и оценки интрузивно-дайки системы мамонского типа на сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды

М.Н.ЧЕРНЫШОВА (Воронежский государственный университет)

На основе комплекса структурно-петрологических, геолого-геофизических и других данных разработаны критерии прогноза и оценки ресурсов сульфидного платиносодержащего медно-никелевого оруденения в интрузивно-дайки рудно-магматической системе мамонского комплекса Воронежской никеленосной провинции. В качестве основного, определяющего фактора использована модель эволюции длительно развивающейся интрузивно-дайки рудно-магматической системы Подколдновского рудного района. Выявлены значительные черты аналогии этого рудного района с известным месторождением Линн-Лейк (Канада), на основе эталона которого выполнен подсчет ресурсов сульфидных медно-никелевых руд восточной зоны Подколдновского рудного района.

**Типы и общие закономерности размещения никель-платиноносных интрузивно-дайки тел мамонского комплекса.** При значительном многообразии в пределах Воронежского кристаллического массива проявлений ультрамафит-мафитового магматизма наиболее важные в промышленном отношении сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения связаны с раннепротерозойским циклом развития. Этот цикл характеризуется наибольшим разнообразием геодинамических обстановок — внутриконтинентальный рифтогенез и реактивизация позднеархейских рифтов, тыловой рассеянный спрединг, — возникших в результате сложного механизма субдукционных процессов в зоне взаимодействия континентов (более «легкого» КМА и Хопёрского с «тяжелой» литосферой [5]) и обусловивших высокую степень эндогенной активности, разноуровневый характер очагов магмагенерации, существенное возрастание роли ассимиляции мантийными расплавами корового материала. Предполагается, что на субдукционном этапе развития Лосевской зоны с миграцией восходящих мантийных потоков в сторону Хопёрского мегаблока и заглуплением очагов магмагенерации связано широкое развитие в его пределах в разной степени дифференцированных ультрамафит-мафитовых интрузий и даек мамонского комплекса (2100—2080 10 млн.лет [6]), внедрившихся по рассредоточенным зонам растяжения в результате механизма рассеянного спрединга [5], а также более поздних по времени формирования норит-диоритовых тел еланского комплекса (2065—2050 14 млн.лет) в зонах реактивизации позднеархейских рифтогенных структур. С последовавшим за ним коллизионным этапом в пределах Хопёрского мегаблока сформировался бобровский комплекс субщелочных гранитов возрастом 2022 3 млн.лет, обнаруживающих признаки параавтохтонности.

Одна из самых характерных особенностей Хопёрского мегаблока — исключительно широкое развитие в его пределах ультрамафит-мафитовых, мафитовых и мезомафитовых интрузивно-дайки тел мамонского комплекса. В его составе выделяется несколько групп интрузивно-дайки тел, образовавшихся, вероятно, в условиях неодинаковых уровней магмагенерации или очаговых

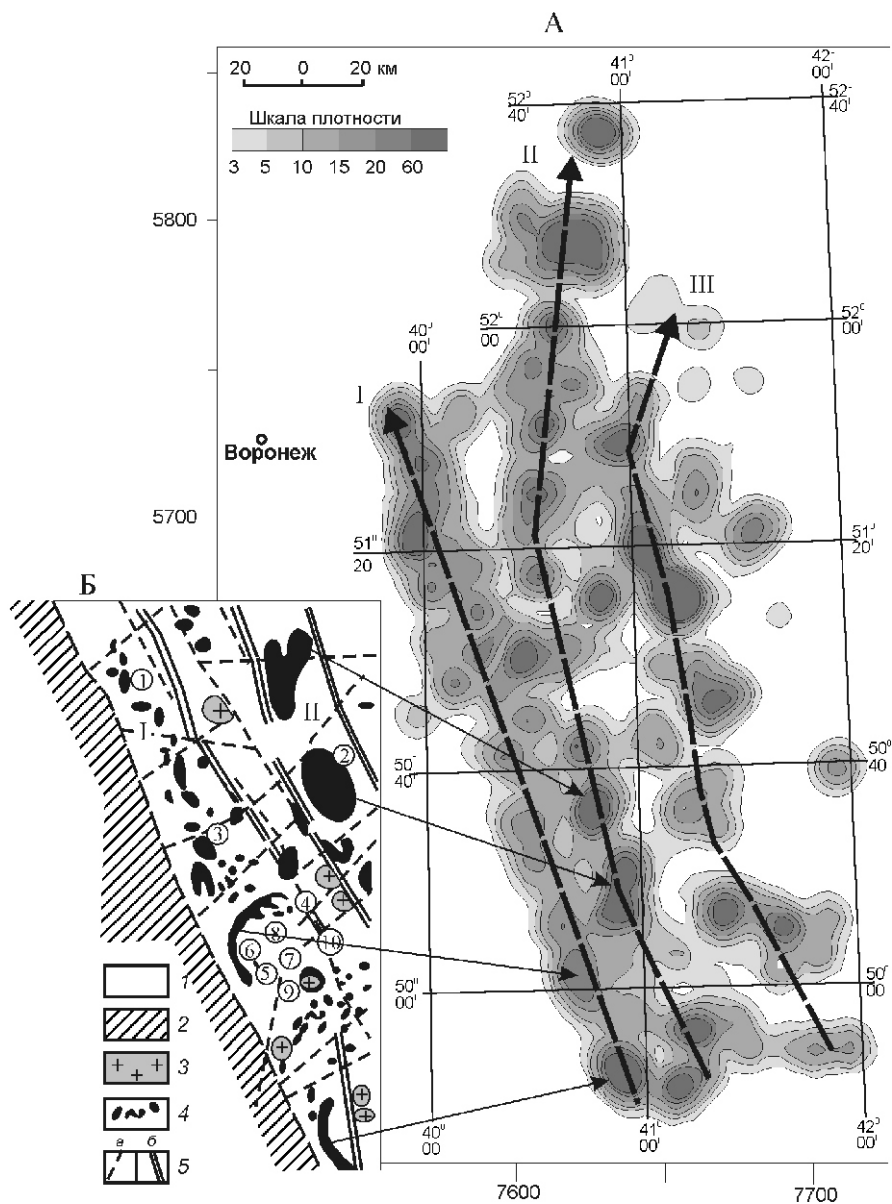
зон и различающихся по структурному положению и разному уровню эродированности, составу породных ассоциаций и минеральных парагенезисов, полноте дифференцированности, масштабам и степени продуктивности на цветные и благородные металлы [3, 7, 8, 10]: 1) ранние ультрамафитовые высоко- и умеренномагнезиальные в разной степени дифференцированные, бесполовошпатовые промышленно рудоносные (мамонский тип); 2) ультрамафит-мафитовые умеренно магнезиальные камерно-дифференцированные (расслоенные) с амфибол (титанистая роговая обманка)-плагиоклазсодержащими рудоносными ультрамафитами (ширяевский тип); 3) ультрамафит-мафитовые (фазные) камерно-дифференцированные рудоносные (елань-вязовский тип); 4) количественно преобладающие в комплексе слабодифференцированные с неустановленным оруденением и недифференцированные безрудные габброноритовые, габбровые и габбро-диоритовые интрузивы (каменский тип), завершающие становление всей рудоносной дунит-перидотит-пироксенит-габброноритовой формации. Исключительно высокая степень насыщения ультрамафит-мафитовыми и мафитовыми интрузивно-дайки породами ассоциациями является, вероятно, следствием существования в пределах крупного (375 475 км<sup>2</sup>) Хопёрского мегаблока магматических систем, развивающихся над головными частями мантийного суперплюма с возникновением над поднимающейся его поверхностью локальных плюмов. В соответствии с ранее разработанной моделью формирования Воронежского кристаллического массива ультрамафит-мафитовые тела концентрировались в трех достаточно протяженных (до 200—300 км) северо-западных (СЗ 340—350 ) зонах рассеянного спрединга [4]: 1) Западная (Лосевско-Мамонская) с широким проявлением интрузивно-дайки тел мамонского типа; 2) Центральная (Озерковско-Ширяевская), в пределах которой развиты интрузивно-дайки образования ширяевского типа и 3) Восточная (Елань-Эртильская) с многообразными плутонами елань-вязовского типа мамонского комплекса и многочисленными интрузивно-дайки телами еланского комплекса. Каждая из них выделяется цепочкой выстроенных вдоль осевых структур в определенный ряд сближенных разномасштабных по размерам и интенсивности локальных гравитационных и магнитных аномалий, которые соответствуют различным по количественному соотношению ультраосновных и мафитовых составляющих интрузивно-дайки систем (табл. 1; рис. 1).

Отдельные звенья такой системы представляют собой, по существу, конвективные ячейки (магматические центры) в пределах автономных структур зон рассеянного спрединга, встроенные в строгий ряд, в котором максимальное количество ультрамафит-мафитовых тел размещается над восходящими потоками.

Важно подчеркнуть, что комагматичность всего спектра пород интрузивно-дайки системы распространяется лишь на автономно функционирующую конвективную

**1. Относительная количественная распространенность ультрамафит-мафитовых пород мамонского и норитов еланского комплексов в пределах отдельных зон Хопёрского мегаблока**

Породы	Число интрузий	Площадь интрузий, км <sup>2</sup>	На 1 км <sup>2</sup> зоны		%
			Число интрузий	Площадь интрузий, км <sup>2</sup>	
<i>Западная (Лосевско-Мамонская) зона (1950 км<sup>2</sup>)</i>					
Ультраосновные породы	96	122	0,050	0,063	40,9
Габброиды	34	176	0,017	0,090	59,1
<i>Центральная (Озерковско-Ширьевская) зона (6300 км<sup>2</sup>)</i>					
Ультраосновные породы	131	146	0,021	0,023	26,5
Габброиды	69	404	0,011	0,064	73,5
<i>Восточная (Елань-Эртильская) зона (5250 км<sup>2</sup>)</i>					
Ультраосновные породы	37	73	0,007	0,001	10,0
Габброиды	24	306	0,004	0,058	42,1
Нориты	49	348	0,090	0,066	47,9



**Рис. 1. Плотность распределения интрузивно-дайковых тел мамонского комплекса Хопёрского мегаблока:**

А — плотность распределения, ультрамафит-мафитовые тела и направление осевых структур зон рассеянного спрединга; Б — схема размещения этих тел в пределах Мамонско-Подколодновского рудного района (врезка): 1 — песчаниково-сланцевые отложения воронцовской серии; 2 — вулканогенно-осадочные отложения лосевской серии (в пределах Лосевской шовной зоны); 3 — гранитоиды бобровского комплекса; 4 — ультрамафит-мафитовые интрузивно-дайковые тела мамонского никель-платиноносного комплекса; 5 — тектонические нарушения (а) и границы зон (б): I — Западная (Лосевско-Мамонская), II — Центральная (Озерковско-Ширьевская), III — Восточная (Елань-Эртильская); месторождения и рудопоявления (цифры в кружках): 1 — Петровское, 2 — Ширьевское, 3 — Мамонское, 4 — Артюховское, 5 — Подколодновское, 6 — Юбилейное, 7 — Северо-Бычковское, 8 — Мартовское, 9 — Коммунальное, 10 — Бычковское

ячейку, а совокупность в пределах осевых структур (зон) рассеянного спрединга определяет в целом их петрологический и рудно-геохимический облик [4, 7].

Выявленные закономерности пространственного размещения различных петролого-геохимических типов интрузий и связанных с ними руд выступают в качестве основы для металлогенических построений и прогнозной оценки никель-платиноносности Воронежского кристаллического массива. Длительный многоэтапный процесс рудообразования, начавшийся с формирования собственно магматических медно-никелевых руд в ультрамафитах мамонского комплекса и завершившихся образованием богатых никель-кобальтовых руд в норит-диоритовых телах, в которых помимо пентландит-пирротинового (халькопирит) парагенезиса широко проявлена кобальт-никелевая арсенид-сульфоарсенидная минеральная ассоциация, предопределяет возможность обнаружения новых значительных концентраций руд. Многообразие типов руд, в локализации которых наряду с петрологическими факторами значительная роль принадлежит структурным элементам, нередко их пространственное сонахождение в пределах различных зон рассеянного спрединга и реактивизации древних структур не только расширяет общие перспективы никель-платиноносности Воронежского кристаллического массива, но и требует иного методологического подхода к их прогнозированию и поискам.

**Критерии прогнозирования и оценки сульфидного платиноидно-медно-никелевого оруденения на основе модели эволюции интрузивно-дайковой системы мамонского типа (на примере Подколдновского рудного района).** В основе принципов моделирования наряду с данными региональных геологических исследований Хопёрского мегаблока Воронежского кристаллического массива использованы результаты разнородных геофизических данных типизации крупных, а так же локальных минерагенических зон и участков для определения глубинных критериев прогноза платиноидно-медно-никелевых месторождений.

В качестве опорного модельного объекта для выявления глубинных критериев прогнозирования на основе установления условий и механизма формирования интрузивно-дайковой никель-платиноносной рудно-магматической системы, ее последующей эволюции выбран Подколдновский район с одноименным месторождением и многочисленными разномасштабными рудопроявлениями, ассоциирующимися нередко с дайковыми телами. Этот выбор определялся следующими критериями: 1) приуроченностью рудного района к западной (Лосевско-Мамонской) зоне, сопряженной с Лосевской шовной структурой (рис. 2); 2) установленными комплексом геофизических методов, количественными параметрами глубинной модели коры и верхов мантии Подколдновского блока; 3) латеральной неоднородностью этой зоны в коре и верхней мантии с включениями магматитов с высокоскоростными параметрами (слои аномальной электрической проводимости, зоны разуплотнения и разогрева), связанные с участками глубинной трещиноватости и высокой проницаемости; 4) зональностью и эволюцией фронта тектонических дорудных деформаций в коре, определяющих вероятные пути миграции рудно-силикатных расплавов и флюидов (этот критерий использован при оценке потенциальной рудоносности Подколдновского рудного района (см. рис. 2); 5) сравнительно небольшой мощностью платфор-

менного чехла (от 60 м на западе до 170 м на востоке), полнотой проведенных детальных геофизических исследований, достаточно высоким уровнем геологической изученности разреза докембрийских образований; 6) широким развитием различных по масштабам, характеру дифференциации и степени рудоносности мафит-ультрамафитовых и ультрамафитовых массивов мамонского комплекса (включая его дайково-жильные образования) в единой раме гнейсового блока воронцовской серии нижнего протерозоя; 7) широким распространением дайково-жильного комплекса пород и метасоматитов в пределах Центральной и Восточной зон рудного района с разномасштабным платиносодержащим сульфидным медно-никелевым оруденением (типа Юбилейного месторождения, Коммунского и других рудопроявлений) и богатыми сульфидными никель-кобальтовыми рудами мартовского типа (см. рис. 2).

Модель очагового плавления в головных зонах локальных мантийных плюмов (рис. 3) предполагает развитие промежуточных магматических очагов в пределах континентальной коры разных уровней через систему подводящих каналов — «даек». Самые нижние из них формировались на границе охлажденной кровли плюмов, определяя появление новообразований расплавов в зоне нижней базитовой коры.

Разномасштабные (от 2 до 56 км<sup>2</sup>) расслоенные ультрамафит-мафитовые и существенно ультрамафитовые интрузивно-дайковые тела (типа Донского рудоносного, Подколдновского и Юбилейного промышленно-рудоносных) в раме гнейсовой толщи Западной и Центральной зон (см. рис. 2) с развитием позднеколлизийной крупноблоковой трещиноватости образовывались из однотипных расплавов, но различающихся кумулятивной стратификацией и незначительной пространственной разобщенностью. Механизм формирования расслоенных массивов на средних и верхних уровнях коры предполагает эшелонизированные многократные поступления порций остаточного расплава из промежуточных очагов нижних частей магматической системы в затвердевающих интрузивных камерах с постепенным ростом их объемов [11, 13]. Процессы зонной плавки гранитных расплавов на верхних уровнях коры («гранит-2») при интенсивном массообмене (по K и Na) в двухслойных камерах между горизонтами базитового и кислого расплавов с самостоятельной системой конвекции перекрыли действия нижних корово-мантийных очагов.

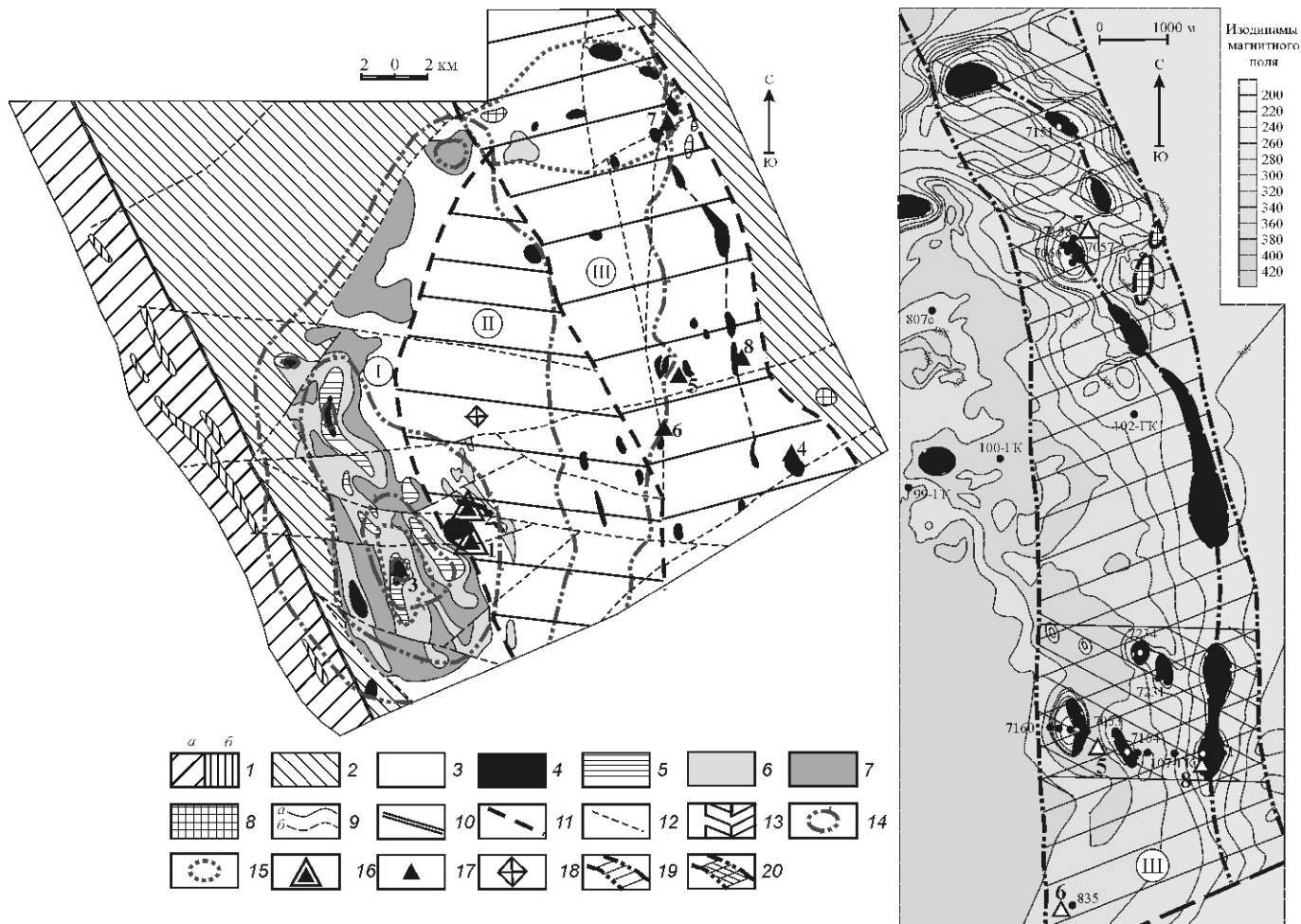
В Восточной зоне рудного района с преобладанием мелкообломочного линейного меланжа и брекчирования гнейсов, развиты мелкие бескорневые ультрамафитовые тела (в т.ч. рудоносные) и разнообразный по составу пород дайково-жильный комплекс метасоматитов с выявленными рудопроявлениями (Мартовское, Коммунское, Северо-Бычковское).

Важно особо подчеркнуть, что приуроченность интрузивно-дайковых тел к различным зонам отчетливо прослеживается в характере и масштабах оруденения, соотношении сингенетических и эпигенетических руд при возрастающей роли эпигенетических в Восточной зоне (III). К этой зоне, осложняющей купольно-сводовую структуру гнейсового блока, приурочена субмеридиональная сеть разломов постколлизийной активизации с проявлениями высокоинтенсивных процессов деформаций и объемным течением пород, их дроблением, диспергацией и частичным

локальным переплавлением с образованием узлов псевдо-тахиллитов. Вовлечение в такие зоны наряду с породами гнейсовой рамы мелких рудоносных интрузий ультрамафитов и их дайково-жильных образований определило увеличение проницаемости всей совокупности пород, повышение химической активности, условий миграции и концентрации рудоносных растворов и флюидов на поздних этапах рудогенеза, что отчетливо прослеживается

на примере Юбилейного месторождения и ряда рудопроявлений.

**Юбилейное месторождение**, находящееся восточнее Подколдновского (см. рис. 3) приурочено к серии дайкообразных тел ультрамафитового и мафитового составов, инъецированных дайками диоритов и гранитоидов. Прерывистая по мощности (от 3 до 85 м) основная рудная залежь в роговообманковых перидотитах, сложена сингене-

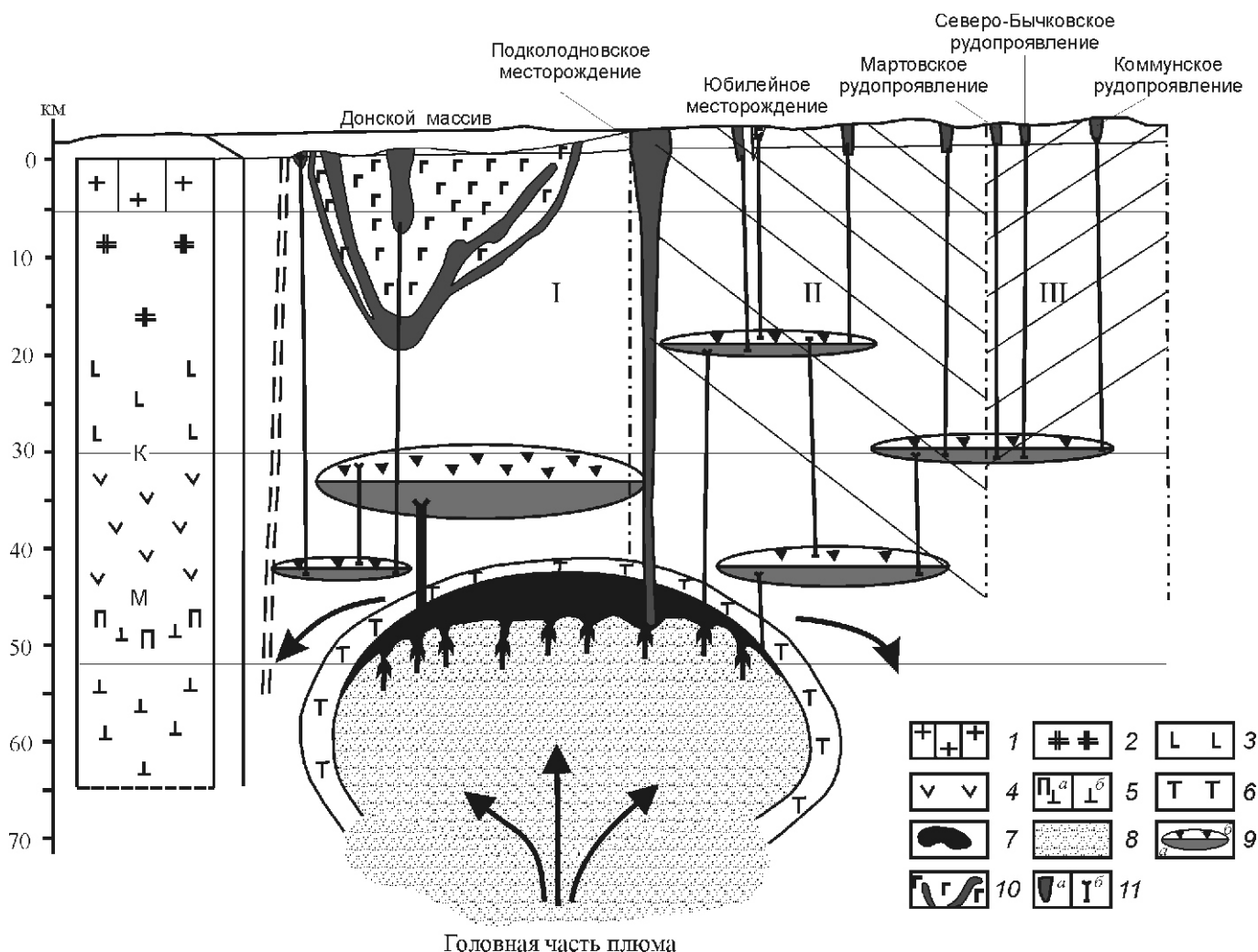


**Рис. 2.** Схематическая геологическая карта (с элементами прогноза) Подколдновского рудного района:

лосевская серия нерасчлененная ( $PR_1:AR_1 ls$ ): 1 — мигматиты по метабазитам и вулканогенным породам среднего и основного состава (а), реликтовые тела ортоамфиболитов (б); воронцовская серия нерасчлененная ( $PR_1^1 c$ ): 2 — песчанико-сланцевые образования: ритмично слоистые метапесчаники, металавролиты, сланцы двуслюдяные, филлитовидные и углеродсодержащие (s /  $PR_1^1 c$ ); 3 — гнейсы биотитовые, силлиманит-биотитовые, гранат-биотитовые, двуслюдяные, кордиерит-гранатографитсодержащие и графитовые, в различной степени мигматизированные ( $gnPR_1^1 c$ ); мамонский интрузивно-дайковый комплекс, ультрамафиты ( $PR_1^1 m_1$ ): 4 — дуниты, оливиниты, перидотиты, в различной степени серпентинизированные, плагиоперидотиты, оливиновые пироксениты, пироксениты; мафиты ( $PR_1^1 m_2$ ); 5 — габбронориты меланократовые, амфиболлизированные; 6 — габбро-мезократовые, амфиболлизированные; 7 — габбронориты лейкократовые, кварцсодержащие габбро, габбро-диориты; породы среднего состава: 8 — диориты биотит-роговообманковые, роговообманковые, кварцевые диориты и биотит-плагиоклазовые породы жильно-дайковой серии; 9 — геологические границы: а — установленные, б — предполагаемые; 10 — зона глубинного Лосевско-Мамонского разлома; зоны разломов: 11 — второго порядка, 12 — более высоких порядков; 13 — зоны позднеколлизийного структурно-тектонического развития Подколдновского рудного района с элементами прогноза: I — Западная, II — Центральная, III — Восточная; 14 — расположение гравитационных аномалий в пределах рудного района с эпицентром над Донским массивом; 15 — локальные высокоинтенсивные аномалии низких (до 5—50 Ом м) электросопротивлений в осевой зоне расслоенного Донского интрузива мафит-ультрамафитов и на северном фланге зоны III; 16 — месторождения сульфидных платиносодержащих Cu-Ni руд: 1 — Подколдновское, 2 — Юбилейное; 17 — сульфидные платиноидно-медно-никелевые рудопроявления: 3 — Донское, 4 — Бычковское, 5 — Северо-Бычковское, 6 — Мартовское, 7 — Артюховское, 8 — Коммунское; 18 — Сухоярское месторождение графита; на врезке: граница Коммунско-Артюховского участка подсчета прогнозных ресурсов металлов эпигенетических брекчиевых платиноидно-медно-никелевых руд коммунского типа в III зоне по категориям: 19 —  $P_3$ , 20 —  $P_1 P_2$

тическими вкрапленными (Ni 0,303—2,90%; Cu 0,15—2,0%; Co 0,03—0,16%) и более богатыми эпигенетическими массивными (Ni 1,3—3,0%, Cu до 10,12%, Co 0,13—0,20%) рудами [7, 9, 10]. Наличие в дайках пироксе-

нитов Юбилейного месторождения ксенолитов рудных перидотитов, свидетельствует о временном разрыве их внедрения из промежуточного очага, с одной стороны, и возможности более широкого установления эпигенетических



**Рис. 3. Принципиальная схема трансоровой эволюции магматической системы над локальным плюмом при формировании рудоносного (Подколодновский рудный район) мафит-ультрамафитового интрузивно-дайкового мамонского комплекса (с элементами прогноза):**

разрез глубинной геоплотностной модели коры и верхов мантии Подколодновского блока: 1 — слой «гранит 1» (стратифицированная часть — петрографически разнородный комплекс); 2 — слой «гранит 2» — амфиболсодержащие гранитогнейсы; 3 — «диоритовый слой» (переходный): амфибол-гиперстеновые плаггиогнейсы, гранулиты высокожелезистые; 4 — метабазитовый слой: габбро-амфиболиты, основные гранулиты, гиперстеновые плаггиогнейсы, эндербито-гнейсы; 5 — верхи мантии по сейсмоплотностным свойствам: *a* — переходная зона кора (К)—мантия (М): габбро-амфиболитовые гранулиты, пироксениты, перидотиты, *b* — верхнемантийные образования (бесполовошпатовый амфибол-шпинель-гранатсодержащий парагенезис); *головная часть плюма*: 6 — охлажденная краевая часть плюма; 7 — область мантийного магнемаобразования; 8 — внутренняя часть плюма; 9 — промежуточные магматические очаги, дифференцированные от ультрамафитового (*a*) до мафитового (*b*) расплава; 10 — расслоенный мафит-ультрамафитовый Донской массив; 11 — условные магмаводы: *a* — из верхней зоны плюма (Подколодновское месторождение), *b* — из промежуточных очагов с формированием интрузий и дайковой серии в процессе механизма рассеянного спрединга; *зоны позднеколлизивной структурно-тектонической трещиноватости Подколодновского рудного района* с элементами прогноза: I — Западная преимущественно крупноблокового строения рамы гнейсового блока и расслоенного Донского массива мафит-ультрамафитов; II — Центральная крупно-среднеблокового строения с развитием линейных северо-западного простираения разломно-блоковых структур (Юбилейный тип) и узлов интенсивного катаклаза и трещиноватости «центрального» (Подколодновский тип); III — Восточная повышенной трещиноватости, катаклаза гнейсов с будинированными бескорневыми малыми телами гипербазитов (Бычковское, Артоховское, Северо-Бычковское рудопроявления с дайково-жильным комплексом метасоматитов по мафит-ультрамафитовым породам среднего состава — диоритов, биотит-плаггиоклазовых жил, в т.ч. сульфидизированных (Коммунарское рудопроявление); дайки гранитов бобровского комплекса, узлы линейного меланжа, будинажа с развитием узлов сетчатых псевдотахиллитов

руд в группе дайковых пород по всем зонам рудного района, с другой.

Особенность *Артюховского рудопроявления* — ассоциация ряда разномасштабных по мощности (от 1,5 до 17,5 м) пласто-жилообразных залежей сингенетических руд (Ni 0,3—0,6%, Cu 0,22—0,46%, Co 0,05%) с многочисленными жилами (0,1—0,5 м) богатых эпигенетических руд (Ni 2,83%, Cu 10,1%, Co 0,13%, Pt Pd до 0,06 г/т и Au до 0,88 г/т) с метасоматитами по ультрамафитам в контактах с многочисленными дайками диоритов, гранодиоритов и гранитоидов и в зонах их брекчий с ксенолитами сульфидизированных ультрамафитов [7, 9].

Для *Коммунского рудопроявления* характерна [9] отчетливая приуроченность многочисленных разномасштабных по мощности (0,2—3 м) рудных тел с прожилково-вкрапленным и в большей степени брекчированным типом сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд (Ni 0,36—0,80%, Cu 0,2—0,67%, Co 0,06%) к зоне катаклаза, меланжа и брекчирования серии даек рудных ультрамафитов, кварцевых диоритов и биотит-плаггиоклазовых пород с ксенолитами рудных ультрамафитов.

В пределах *Северо-Бычковского рудопроявления* установлены небольшие по мощности (до 1,2 м) тела жильных пироксеновых горнблендитов с вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией (Ni 0,57%, Cu 0,3%, Co 0,062% и ЭПГ до 0,123 г/т), а также псевдотахиллиты, которые образуются в процессе быстрого расплавления кристаллического материала по сети объемных взрывных трещин и рассматриваются как следствие тектоно-кессонного эффекта [1] с проявлением концентрированного выделения значительной энергии, тепловые эффекты которого были достаточны для расплавления значительных масс горных пород.

В *Мартовском* кобальт-никелевом рудопроявлении вмещающими являются образовавшиеся в зоне контакта жильных пироксенитов и гранитоидов карбонат-хлорит-амфиболовые метасоматические породы с различной по густоте (3—30%) вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией (Ni 1,25%, Cu 0,41%, Co 0,032% на мощность 8,3 м) и рядом небольших по мощности (первые сантиметры) кварц-сульфидно-арсенидных жил с высокими концентрациями Ni (14,5%) и Co (2,2%). Кроме того, медно-кобальт-никелевые руды мартовского типа характеризуются высокими содержаниями Ag (200 г/т), Au (0,5 г/т) и повышенными — Mo, Pb, Zn, Sn, Bi, As, Sb.

Анализ достаточно сложной полукольцевой структуры в блоке гнейсов воронцовской серии, включающей (см. рис. 2) большую группу рудоносных мафит-ультрамафитовых и собственно ультрамафитовых интрузий, а также дайково-жильных (включая их метасоматиты) образований Подколодновского рудного района, позволяет сделать следующие выводы:

1. Вся совокупность рудоносных объектов принадлежит к петрологически единой ассоциации интрузивных и дайково-жильных образований мамонского комплекса. Характер проявлений магматизма этого комплекса и связанного с ними процесса платиноидно-медно-никелевого син- и эпигенетического рудогенеза подчеркивается структурной обстановкой вмещающей гнейсовой рамы в выделенных зонах и уровнем эрозионного среза с увеличением его глубины в направлении с запада на восток (от I к III зоне).

2. Во всех трех зонах наблюдаются признаки увеличения глубины эрозионного уровня среза в северной части

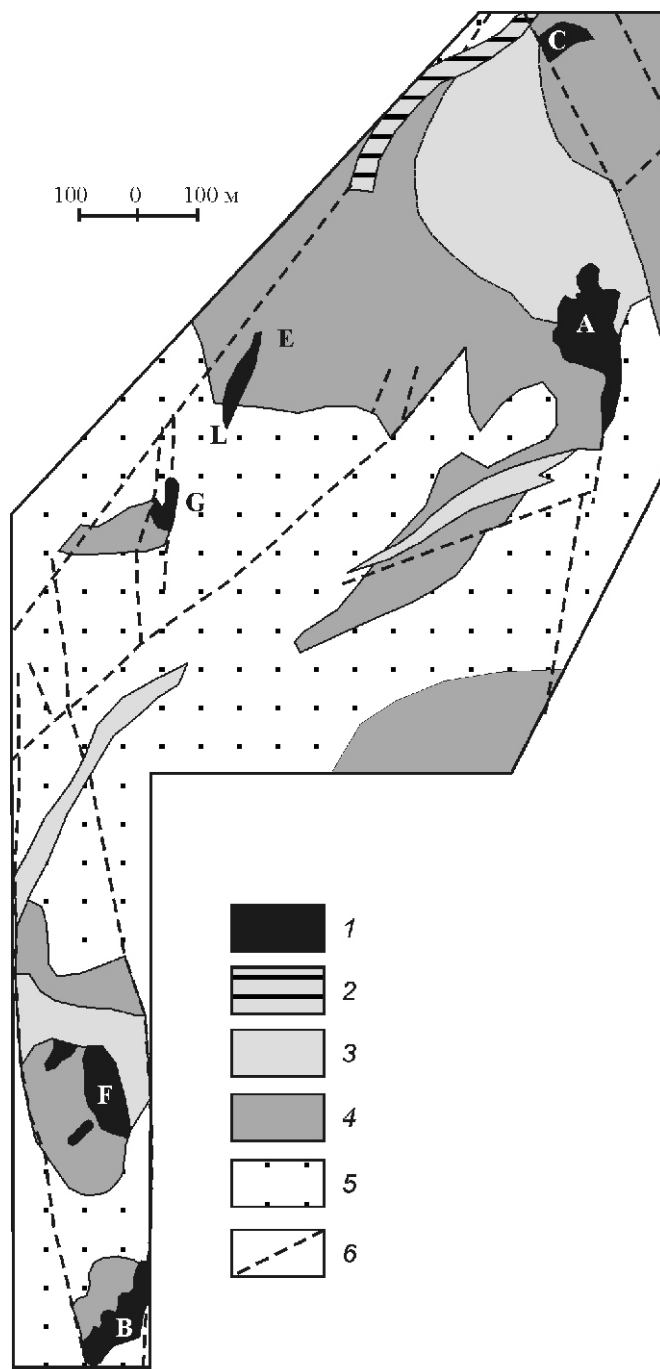


Рис. 4. Месторождение Линн-Лейк [2, 19]. Геологический план района шахты А (горизонт 328 м):

1 — рудные тела; 2 — полевошпатовые порфиры; 3 — кварцево-роговообманковые диориты; 4 — диориты; 5 — амфиболиты; 6 — зоны нарушения или дробления; 7 — граница участка расчета площадного коэффициента рудоносности по месторождению Линн-Лейк

рудного района, что отчетливо подчеркивается здесь спадом интенсивности и характером градиентов гравитационного поля (см. рис. 2).

3. Предполагается, что концентрически зональное замыкание цепочки тел преимущественно ультрамафитового ряда с Артюховским рудопроявлением донных сингенетических залежей в массиве серпентинизированных слюдис-

**2. Расчет параметров площадной продуктивности (на 1 км<sup>2</sup>) запасов [2] эпигенетических медно-никель-кобальтовых руд рудного поля эталонного месторождения Линн-Лейк (провинция Манитоба, Канада)**

Рудные тела	Запасы руды, млн.т	Среднее содержание металлов, %			Запасы металлов, тыс.т			Площадь рудного поля месторождения, км <sup>2</sup>	Площадная продуктивность запасов металлов на 1 км <sup>2</sup> площади месторождения, тыс.т		
		Ni	Cu	Co	Ni	Cu	Co		Ni	Cu	Co
A	5,000	1,22	0,64	—	61,0	32,0	—	1,3	47,0	24,6	—
B	4,275	0,74	0,50	—	31,6	21,4	—		24,3	16,5	—
C	0,760	0,77	0,50	—	5,8	3,8	—		4,5	2,9	—
E	1,600	0,79	0,43	—	12,6	6,9	—		9,7	5,3	—
F											
G											
EL* (до 300 м)	2,500	2,50	0,93	0,20	62,5	23,3	5,0	48,0	17,9	3,8	
Итого:	14,100				173,5	87,4	5,0	133,5	67,2	3,8	

\* На участке EL выделяется 2 типа руд: 1 — сплошные руды (около 18%) с содержанием Ni 4,5%; Cu 1,5%; Co 0,2%; 2 — вкрапленные руды в амфиболитах и диоритах с содержанием Ni 0,75%; Cu 0,4%

**3. Подсчет потенциально перспективных ресурсов эпигенетических сульфидных медно-никель-кобальтовых руд в дайково-жильном комплексе пород мамонского комплекса в восточной зоне (III) Коммунско-Артюховского участка Подколонновского рудного района с использованием параметров площадной продуктивности эталонного месторождения Линн-Лейк**

Площадь потенциально рудоносной зоны III (км <sup>2</sup> )	Суммарные потенциально перспективные ресурсы металлов зоны III, тыс.т			
	Ni	Cu	Co	
Общая площадь	26,5	3538	1781	
			100	
		С понижающим коэффициентом k 0,6 на низкую изученность и неравномерность распространения вкрапленных и богатых руд		
		2123	1068	
				60
Категории P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	13,0	1041	524	
P <sub>3</sub>	13,5	1082	544	
				30
				30

*Примечание.* В отдельных маломощных (0,1—0,4 м) жилах Подколонновского рудного района содержание Ni 1,1%, Cu 0,5%, Co 0,093%; на Мартовском рудопроявлении содержание возрастает Ni до 14,5%, Co до 2,2%.

то-роговообманковых гарцбургитов отражает вероятный уровень среза, вскрывающий фрагменты неровной подошвы Донского расслоенного интрузива с «карманами» оруденелых гипербазитов в его лежачем боку. Этому предположению не противоречит характер пологой затязки в эту зону слабо аномального гравитационного поля (см. рис. 2). Структурное замыкание северо-восточного фланга Донского массива осложняется с юга Коммунско-Артюховской линейной субмеридиональной рудо-

носной зоной брекчирования даек ультрамафитов, биотит-плагноклазовых жил, диоритов и мелких тел гарцбургитов.

Таким образом, приведенные данные, базирующиеся на обобщенной модели эволюции магматической системы и анализе структурно-петрологических критериев размещения сульфидного платиноидно-медно-никелевого оруденения, позволяют выделить три зоны, разнотипных по степени перспективности, в пределах Подколонновского руд-

ного района: I — Западная — преимущественно крупноблокового строения рамы гнейсового блока и расслоенного Донского массива мафит-ультрамафитов, перспективной на установление сульфидных платиносодержащих медно-никелевых донных рудных залежей в ультрамафитах; II — Центральная — крупно-среднеблокового строения с развитием линейных северо-западного простираения разломно-блоковых структур (Юбилейный тип) и узлов интенсивного катаклаза и трещиноватости (Подколодновский тип), перспективная на установление в мелких массивах ультрамафитов и породах дайковой серии месторождений сингенетических и эпигенетических платиносодержащих медно-никелевых руд; III — Восточная — повышенной трещиноватости, катаклаза гнейсов с будинированными бескорневыми малыми и дайковыми телами гипербазитов (Бычковское, Артюховское, Северобычковское рудопроявления), дайково- жильным комплексом метасоматитов по ультрамафитовым породам (Мартовское рудопроявление) в ассоциации с породами среднего состава — диоритами, биотит-плагиоклазовыми жилами, в т.ч. сульфидизированными (Коммунское рудопроявление). Особое значение эта зона представляет на обнаружение объектов сульфидных платиносодержащих никель-кобальтовых руд мартовского типа. В совокупности выделенные перспективные зоны позволяют значительно (в 2—3 раза) увеличить ресурсы этого рудного района.

Высокая степень перспективности подтверждается также наличием мировых аналогов некоторых типов платиноидно-медно-никелевых руд, развитых в рудном районе. В частности, вероятным аналогом коммунского, мартовского, артюховского и других типов рудопроявлений может рассматриваться известное месторождение Линн-Лейк (Канада), которое расположено в 1600 км к северу от Садбери и представлено шестью рудными телами, приуроченными к двум штокам диоритов, габбро и амфиболитов (горнблендитов). На месторождении выделяются массивные, вкрапленные, прожилковые и брекчиевидные типы руд, представленные ассоциацией пирит—халькопирит—пентландит—пирротин.

Вмещающие породы пояса Линн-Лейк — метаморфические образования гнейсового ряда (AR-PR?) провинции Чёрчилл [12]. В их составе преобладают парагнейсы, мигматиты, гнейсодиориты. Брекчиевые руды месторождения Линн-Лейк состоят из обломков даек пироксенитов (амфиболитов), метаперидотитов, реже вмещающих гранито-гнейсов, парагнейсов, мигматитов и редко жильного кварца, сцементированных сульфидами.

В северном рудоносном штоке зафиксировано шесть небольших рудных тел: А, В, С, Е, F, G (рис. 4). Параметры оруденения месторождения Линн-Лейк, принятого в качестве эталонного объекта для подсчета прогнозных ресурсов (по категориям  $P_1$   $P_2$   $P_3$ ) эпигенетических сульфидных медно-никелевых руд Коммунско-Артюховского участка (зона III) Подколодновского рудного района, приведены в таблицах 2 и 3.

Выполненный расчет свидетельствует о выявлении лишь в пределах Восточной зоны Подколодновского рудного района суммарных прогнозных ресурсов ( $P_1$   $P_2$   $P_3$ ) Ni 2123 тыс.т; Cu 1068 тыс.т; Co 60 тыс.т.

Предложенная модель эволюции интрузивно-дайковой рудно-магматической системы мамонского типа, в которой дайковые образования не только структурно-вещественными, но и рудонесущими компонентами высту-

пают как поисково-оценочные критерии и могут служить методологической основой для прогнозно-металлогенетических построений с целью наращивания потенциальных ресурсов платиноидно-медно-никелевых руд.

Следует отметить, что подобно Подколодновскому блоку (с одноименным рудным районом) Хопёрский мегаблок Воронежского кристаллического массива характеризуется широким развитием куполовидных структур с преобладающей ролью в их формировании вертикальной мантийно-коровой геодинамики с многократным проявлением магматизма и перемещением рудного вещества в процессе эндогенного рудообразования. К числу таких структур относятся Аннинская, Ширяевская, Восточно-Мамонская, Песковатская (Липов-Кустовская), Архангельско-Демьяновская и другие, которые в совокупности определяют высокий потенциал на цветные и благородные металлы Хопёрского мегаблока с целью проведения поисковых и оценочных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяинов П.М., Давиденко И.В. Тектоно-кессонный эффект в массивах горных пород и рудных месторождений — важное явление геодинамики // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247. № 5. С. 1212—1215.
2. Кусочкин В.И. Сравнительная геолого-экономическая характеристика промышленных месторождений полезных ископаемых. Никель. Серия: экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. —М., 1970. С. 3—50.
3. Чернышов Н.М. Типы никеленосных интрузий и медно-никелевого оруденения Воронежского массива // Советская геология. 1986. № 12. С. 42—54.
4. Чернышов Н.М., Богданов В.М., Кривцов И.И. Структурное положение никеленосных интрузий юго-востока Воронежского кристаллического массива // Изв. АН СССР. Серия геология. 1987. № 6. С. 50—57.
5. Чернышов Н.М., Ненахов В.М., Лебедев И.П., Стрик Ю.Н. Модель геодинамического развития Воронежского кристаллического массива в раннем докембрии // Геотектоника. 1997. № 3. С. 21—30.
6. Чернышов Н.М., Баянова Т.Б., Чернышова М.Н. и др. Уран-свинцовый возраст норит-диоритовых интрузий Еланского никеленосного комплекса и их временные соотношения с габброноритами дифференцированных ультрамафит-мафитовых плутонов мамонского комплекса Воронежского кристаллического массива // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 8. С. 1064—1071.
7. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). —Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004.
8. Чернышова М.Н. Дайки никеленосных комплексов Воронежского кристаллического массива (формационно-генетические типы и пространственно-временные соотношения) // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. геол. 1996. № 1. С. 50—60.
9. Чернышова М.Н. Дайки мамонского никеленосного комплекса и их соотношение с оруденением. —Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1999.
10. Чернышова М.Н. Дайки сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений еланского типа и их соотношение с оруденением (Воронежский кристаллический массив). —Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2002.
11. Шарков Е.В. Строение магматических систем крупных изверженных провинций континентов по геолого-петрологическим данным // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. геол. 2004. № 2. С. 7—22.
12. Щерба Г.Н. Никелевые пояса Томсон и Линн-Лейк // Геология рудных месторождений. 1973. № 2. С. 42—55.
13. Щукин Ю.И. Региональные исследования и актуальные проблемы глубинной геологии // Геофизика. 2000. №1. С. 19—30.