

ВЕДУЩИЕ РУДНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ДАЕК И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЕЛАНСКОГО ТИПА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ)

М. Н. Чернышова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14 марта 2014 г.

Аннотация: в статье выделены структурно-морфологические и минералого-петрографические типы даек еланской группы месторождений, определены ведущие рудные парагенезисы и последовательность их формирования в ряду дайковых пород. Приведена модель взаимоотношений даек и оруденения. Оценена металлогеническая роль рудонесущих даек при формировании рудно-магматической системы (РМС) еланского типа.

Ключевые слова: дайки, рудные парагенезисы, состав, эволюция.

Abstract: structural-morphological and mineralogical-petrographical types of dykes of the deposits of the elan type are distinguished, main ore parageneses and sequence of their formation in a series of dyke rocks are defined. Metallogenical role of the ore bearing dykes in a process of formation of the ore-magmatic system of the elan type are assessed.

Key words: dykes, ore parageneses, composition, evolution.

Ведущим структурно-вещественным и рудонесущим компонентом рудно-магматических систем (РМС) являются дайки, пространственно и генетически связанные с интрузивными и вулкано-интрузивными комплексами многих регионов мира. Особенно велика их роль как рудонесущих и рудовмещающих компонентов многих крупных РМС типа Бушвелд (Ю. Африка [1, 2]), Великая Дайка (Зимбабве [2; 3]), Войсис-Бей и Садбери (Канада [4–7]), Маунт-Кейт (Зап. Австралия [1]), Джинчуан (Китай [1]), а также Норильская, Кольская [6, 8, 9] и Воронежская группы (Россия).

1. Петролого-генетические и структурно-морфологические типы даек еланского типа месторождений

В составе никель-платиноносных месторождений и рудопроявлений еланского типа выделяются [10–12] три группы даек, различных по структурно-морфологической принадлежности, возрастной последовательности формирования в общей длительной эволюции платиноидно-никелевого рудообразования. Первая из них представлена сложными по морфологии и составу дайкообразными подводными каналами – проводниками магматических сульфидоносных расплавов в магматическую камеру; нередко они сами по себе являются самостоятельными рудообразующими и рудовмещающими системами. Вторая группа сопряжена со становлением магматических тел и представлена: а) дайками-апофизами интрузив-

ных эквивалентов во вмещающих породах (перимагматические дайки [1]); б) внутриинтрузивными (интрамагматическими) жильными отщеплениями интеркумуляусного расплава и продуктами, неоднократно поступающими в конечную камеру с образованием автономно кристаллизующихся петрорудосистем [10]. К третьей группе относят разнообразные по составу, формационной принадлежности и возрасту дайки более поздних магматических комплексов, среди них выделяются: а) простые, петрографически однородные; б) сложные, преимущественно многократного внедрения вследствие инъекции расплавов различного состава, связанных с одним или несколькими разновозрастными магматическими источниками. Следует особо отметить наличие кольцевых, иногда прерывистых даек, в частности даек норит-порфиритов, повторяющих, иногда совместно с диоритовыми порфиритами, внешний контур, например Елkinsкого никель-платиноидного норит-диоритового тела (рис. 1), что является одним из важнейших дополнительных критериев принадлежности подобных тел к вулкано-интрузивным образованиям.

2. Минералого-петрографические типы даек еланского вулкано-интрузивного комплекса

Дайки многофазного ортопироксенит-норит-диоритового состава наиболее развиты в Еланском и Елkinsком месторождениях, а также среди Елань-Вязовского плутона более раннего мамонского комплекса [10, 13]. В соответствии с современной классификацией магматических пород среди жильных образований, являющихся комагматами вулкано-ин-

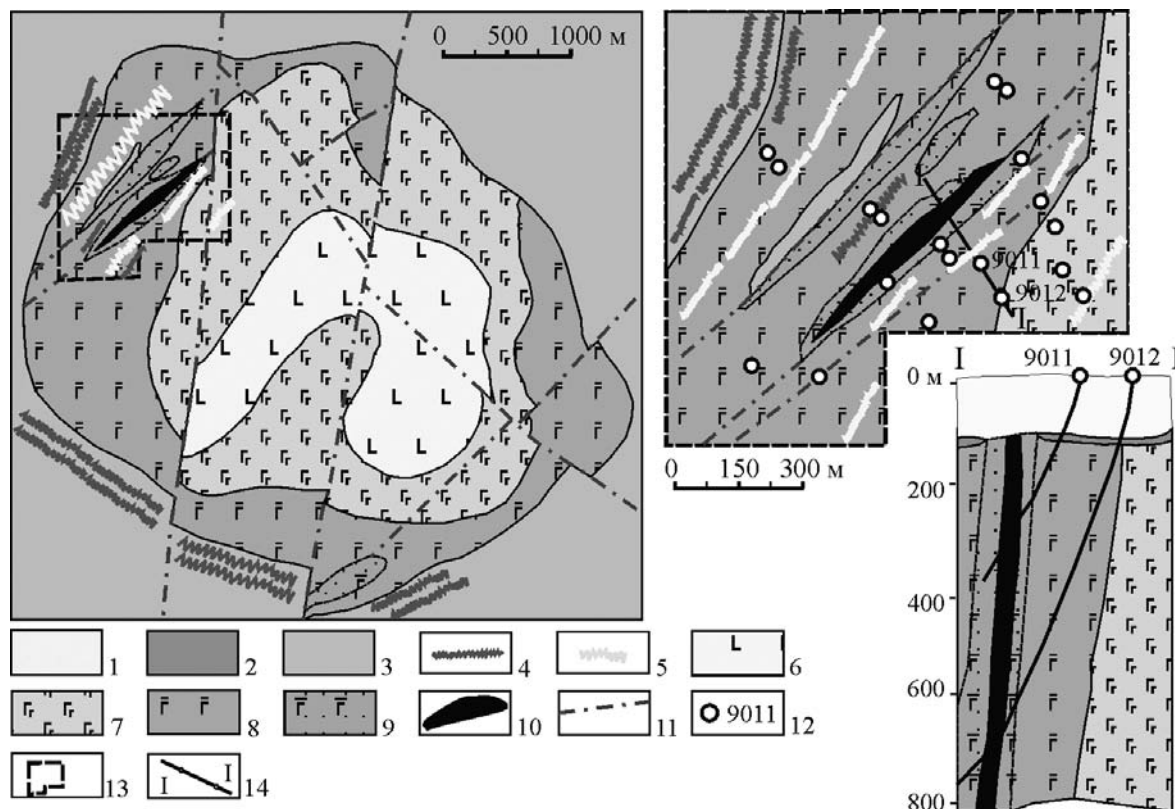


Рис. 1. Геологическая карта Елкинского месторождения (по [10, 13]). 1 – породы платформенного чехла (на разрезе); 2 – кора выветривания на кристаллическом фундаменте (на разрезе); 3 – песчаниково-сланцевые отложения воронцовской серии; 4 – дайки норит-порфиритов; 5 – дайки диоритов и диоритовых порфиритов; 6 – диориты; 7 – нориты мелкозернистые меланомезократовые; 8 – нориты среднезернистые лейкократовые и полевошпатизированные; 9 – нориты амфиболизированные с сульфидной вкрапленностью; 10 – рудные тела; 11 – тектонические нарушения, сульфидная вкрапленность; 12 – скважины; 13 – контур врезки; 14 – линия геологического разреза

трузивных сульфидных платиноидно-медно-кобальт-никелевых месторождений и рудопроявлений, по составу и количественному соотношению породообразующих минералов выделены следующие группы и семейства [10]: 1) основного состава, двух семейств: а) основных ультрамафитов – пироксенитов и б) габброидов; 2) среднего состава, представленных семейством диоритов; 3) кислого состава, преимущественно семейства гранодиоритов; 4) лампрофилов. К жильным образованиям также отнесены плагиоклазиты.

3. Рудные парагенезисы в последовательно формирующемся ряду дайковых образований

Характер взаимоотношения даек и оруденения свидетельствует о полигенной природе и длительном, полихронном процессе формирования сульфидной платиноидно-медно-никелевой интрузивно-дайковой РМС еланского типа. Установлено, что процесс сульфидного платиноидно-медно-никелевого рудообразования, помимо Еланского и Елкинского месторождений, включает (табл. 1): а) предшествующее вне-

дрению значительных по ресурсам цветных и благородных металлов большое количество даек ортопироксенитов (Центральное рудопроявление в пределах Елань-Коленовского плутона мамонского комплекса), сопровождающихся сравнительно богатыми вкрапленными, гнездово-вкрапленными и массивными рудами (с ресурсами никеля около 200 тыс. т, рис. 2) с широким набором минералов сульфидного и арсенид-сульфоарсенидного парагенезиса; б) последующее неоднократное внедрение даек роговообманковых габбро с наличием раннего пирротин-халькопирит-пентландитового и позднего арсенид-сульфоарсенидного парагенезисов (табл. 2); в) сопряженный с этими рудами богатый сульфидно-пегматоидный тип оруденения (табл. 3); г) близкоодновременные порфиридовидным интрузивным норитам дайки норит-порфиритов с пониженными концентрациями никеля (до 0,20 мас. %), меди (0,08–0,10 мас. %) и кобальта (до 0,03 мас. %), снижение роли арсенид-сульфоарсенидного парагенезиса (кобальтин, герс-дорфит, никелин, ульманит).

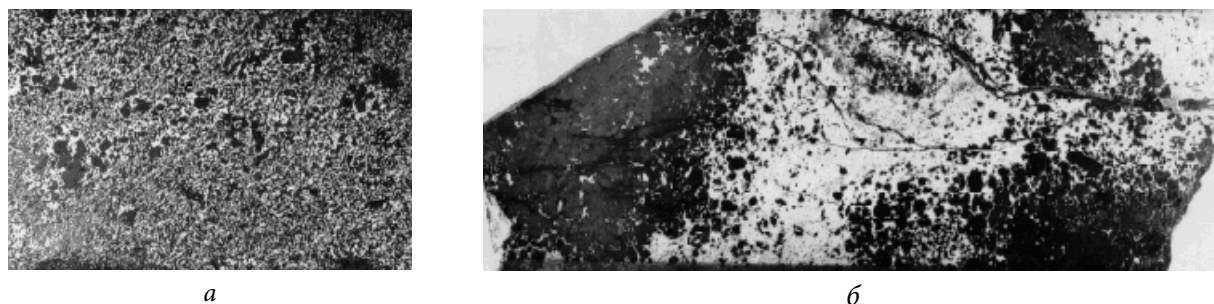


Рис. 2. Типы руд в ортопироксенитах Центрального рудопроявления: а – вкрапленные (скв. 7543/425,6 м) и б – вкрапленно-шпиральные руды (скв. 7543/356,1 м); 1/2 nat. величины

Таблица 1

Распределение рудных парагенезисов в платиноидно-медно-никелевых и кобальт-медисто-никелевых рудах, ассоциирующих с дайково-жильными образованиями еланского типа РМС

Состав рудовмещающих дайково-жильных образований	Текстурные типы руд	Минеральные типы и состав руд	Содержание рудообразующих элементов (мас. %)
<i>I тип – ассоциирующие с дайками ортопироксенитов, предшествующих образованию сульфидно-медно-никелевых руд в интрузивных норитах</i>			
Дайки ортопироксенитов среди Елань-Коленовского ультрамафит-мафитового плутона мамонского комплекса	Вкрапленный	Халькопирит-пентландит-пирротинный с существенной ролью арсенидов и сульфоарсенидов Ni и Co (никелин, кобальтин, герсдорфит, смальтин-скутерродит, раммельсбергит, гаухекорнит и др.), хромшпинелиды (высокохромистые цинксодержащие), магнетит, сфалерит, галенит, молибденит, миллерит, кубанит, валлериит, самородное золото, платиновый минерал (?), тунгстенил, пирит, графит и др.	Ni = 0,38–2,80 Co = 0,05–0,10 Cu = 0,21–0,39
	Гнездово-вкрапленный		Ni = 1,70–2,84 Co = 0,15 Cu = 0,25 Pt + Pd = 0,35 Au = 0,46
	Массивный		Ni до 2,5–3 Co = 0,10–0,21 Cu = 0,19–0,23 Pt + Pd = 0,45
<i>II тип – ассоциирующие с внутрирудными дайками роговообманкового габбро и их пегматоидами</i>			
1. Дайки роговообманкового габбро среди рудоносных норитов	Вкрапленные	Халькопирит-пентландит-пирротинный с арсенидами и сульфоарсенидами Ni и Co (герсдорфит, кобальтин, никелин, гаухекорнит, маухерит, ульманит, раммельсбергит и др.), миллерит, арсенопирит, теллурувисмутит, молибденит, сфалерит, галенит, пирит, борнит, макинавит, золото, аргентопентландит, алтаит, хромшпинелиды, магнетит, ильменит и др.	Ni = 0,47 Co = 0,02 Cu = 0,07
	Гнездово-вкрапленные		Ni = 3,42 Co = 0,05 Cu = 0,29
	Массивные		Ni = 5,45–6,25 Co = 0,09–0,10 Cu = 0,30–0,87 ЭПГ = 0,45
2. Сульфоарсенид-сульфидно-пегматоидные жилы среди даек роговообманкового габбро	Гнездово-прожилковые и массивные	Сульфоарсенид-сульфидный кобальт-медисто-никелевый (+ комплекс минералов, характерных для руд в дайках роговообманковых габбро)	Ni = 5,38–9,35 Co = 0,19–0,34 Cu = 0,20–1,03 Au = 0,54–1,03 ЭПГ = 0,10–0,15
<i>III тип – ассоциирующие с дайками норит-порфиритов</i>			
Дайки норит-порфиритов среди интрузивных норитов	Вкрапленный	Халькопирит-пентландит-пирротинный с ограниченным развитием сульфоарсенидов Ni и Co (кобальтин, герсдорфит, никелин, ульманит, маухерит), арсенопирит, теллурувисмутит, молибденит, сфалерит, хромшпинелиды, магнетит, ильменит и др.	Ni = до 0,40 Co = 0,02 Cu = 0,06–0,07 ЭПГ – до 0,22

Содержание рудообразующих элементов (мас. %) и величины их отношений в сульфидных рудах, ассоциирующих с интрузивной фацией норитов и с жильными роговообманковыми габбро Еланского месторождения

№	S	Ni	Co	Cu	S / Ni	S Ni + Co + Cu	Ni / Cu	Ni / Co	В 100 % сульфидов			
									Fe	Ni	Co	Cu
1 (42)*	4,02	1,31	0,04	0,14	3,07	2,7	9,36	32,93	47,92	12,36	0,38	1,32
2 (17)	18,87	5,48	0,25	0,19	2,35	2,2	28,84	23,92	44,42	16,18	0,74	0,56
3 (11)	24,82	8,01	0,19	0,07	3,10	3,0	114,4	42,16	49,34	12,26	0,29	0,11
4 (3)	3,75	0,474	0,019	0,067	10,02	8,48	7,91	24,95	56,34	4,80	0,19	0,67
5 (12)	10,77	3,422	0,052	0,285	2,86	2,86	12,01	65,81	48,80	12,07	0,18	1,01
6 (1)	14,85	6,25	0,10	0,87	2,38	2,06	7,18	62,50	43,52	15,99	0,26	2,23

Примечание: 1–3 – вкрапленные (1), гнездово-прожилковые (2) и массивные (3) руды, ассоциирующие с норитами Еланского месторождения; 4–6 – вкрапленные (4), прожилково-вкрапленные и гнездовые (5) и массивные (6) руды в жильных роговообманковых габбро Еланского месторождения (скв. 7626); * в скобках – количество анализов.

Содержание Ni, Co, Cu (мас. %) и благородных металлов (Pt, Pd, Au, г/т) в сульфидно-пегматоидных рудах Еланского месторождения (по [10])

Интервалы рудных тел по стволу скв.	Мощность, м	Ni	Co	Cu	Pt	Pd	Au
272,1–272,3	0,2	9,35	0,342	1,140	0,42	1,14	1,03
293,3–293,8	0,5	5,65	0,190	0,180	0,27	0,69	0,57
294,4–295,0	0,6	5,38	0,197	0,428	0,30	0,72	0,54
296,1–297,1	1,0	7,65	0,296	0,925	0,37	0,88	0,91

Формирующиеся на заключительной стадии становления еланского комплекса диориты (2050 ± ± 14 млн лет) широко развиты в Еланском и Елкинском месторождениях, в том числе в рудоносных зонах (см. рис. 1), и характеризуются в основном 3 типами парагенезисов: 1) халькопирит-пирротинный; 2) пирит-марказит-арсенопиритовый с редкими зернами никелина и кобальтина; 3) никелин-кобальтин-глаукокододанаитовый (в кварцевых и полевошпатовых жилах) с постоянным присутствием самородного золота. Заметное преобладание арсенид-сульфоарсенидного парагенезиса и золота в диоритах отражает многофазную, длительную во времени природу еланского типа РМС [10–14].

Таким образом, в высокопродуктивном процессе формирования сульфоарсенидно-сульфидной высоконикелистой платиноидно-кобальт-медистой РМС еланского типа существенная роль принадлежит широко развитым в составе комплекса дайковым образованиям, которые включают: а) промышленно значимое оруденение в серии автономных крупных (протяженность около 4 км при суммарной мощности до 200 м) рудонесущих дайковых тел ортопироксенитов, предшествующее формированию основной массы руд в интрузивной фации норитов; б) одновременное или близкое одновременное с магматическими рудами в норитах вкрапленное оруденение в жильных норит-порфиридах и прежде всего богатое по содержанию цветных и благородных металлов в дайковых телах роговообманкового

габбро и их пегматоидных образованиях [10]. Более позднее по времени формирования крайне бедное оруденение, ассоциирующее с завершающей диоритовой фазой и ее жильными комагматами, наследует лишь ряд рудногеохимических признаков, присутствующих длительно формирующемуся РМС еланского типа. Широкое развитие рудонесущих даек в совокупности с рудами в норитах значительно повышает общий потенциал цветных и благородных металлов еланского типа РМС. Находящиеся в парагенезисе с арсенидами и сульфоарсенидами молибденит, золото, теллуросмугит и другие типичные для постмагматических процессов минералы рассматриваются [10, 13, 14] как конечные продукты того же сульфидного расплава, прошедшего длительную эволюцию, трансформируясь на заключительных стадиях в пневматолито-гидротермальные растворы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Надретт А. Дж.* Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометалльных руд / А. Дж. Надретт. – СПб. : СПбГУ, 2003. – 487 с.
2. *Cawthorn R. G.* Platinum-Group Element Deposits in the Bushveld Complex, South Africa / R. G. Cawthorn, R. K. Merkle, M. J. Viljoen // *The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements* / ed. L. J. Cabri. – Ottawa ; Ontario : Canadian Institute of Mining and Metallurgy Special, 2002. – Vol. 54. – P. 389–429.
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. – № 4, Vol. 104. – P. 319–342.

4. *Farrow C. E. G. Sudbury PGE Revisited: Toward and Integrated Model In The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements / C. E. G. Farrow, P. S. Lightfoot ; ed. L. J. Cabri. – Ottawa ; Ontario : Canadian Institute of Mining and Metallurgy Special. – 2002. – Vol. 54. – P. 273–297.*

5. *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. – Vol. 96. – P. 801–814.*

6. *Cabri L. J. The mineralogy of the platinum-group elements from some Cu-Ni deposits in the Sudbury area / L. J. Cabri, J. H. J. Laflamme. – Ontario : Economic Geology, 1976. – Vol. 71. – P. 1159–1195.*

7. *Brugmann G. E. Magma mixing and constitution zone refining in the Lac des Iles Complex, Ontario; genesis of platinum-group element mineralization / G. E. Brugmann, A. J. Naldrett, A. J. Macdonald // *Econ. Geol.* – 1989. – Vol. 84. – P. 1557–1573.*

8. *Козлов Е. К. Естественные ряды пород дифференцированных интрузий Кольского полуострова и их металлогения / Е. К. Козлов. – Л. : Наука, 1973. – 288 с.*

9. *Лихачев А. П. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения / А. П. Лихачев. – М. : Эслан, 2006. – 496 с.*

10. *Чернышова М. Н. Дайки сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений Воронежского кристаллического массива / М. Н. Чернышова. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 368 с.*

11. *Чернышова М. Н. Рудонесущие дайки ведущих типов сульфидных платиноидно-медно-никелевых рудно-магматических систем / М. Н. Чернышова, Н. М. Чернышов, Л. В. Гончарова // *Литосфера.* – 2009. – № 5. – С. 36–55.*

12. *Чернышова М. Н. Роль даек при формировании еланской сульфидной платиноидно-медно-никелевой рудобразующей системы / М. Н. Чернышова // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология.* – 2013. – № 1. – С. 163–168.*

13. *Чернышов Н. М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.*

14. *Чернышова М. Н. Сульфидные платиноидно-медно-никелевые и никель-кобальтовые руды в дайково- жильных комплексах и метасоматитах Воронежского кристаллического массива (Центральная Россия) / М. Н. Чернышова // *Литосфера.* – 2006. – № 3. – С. 71–82.*

Воронежский государственный университет

Чернышова М. Н., доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии, петрографии и геохимии

E-mail: petrology@list.ru

Тел.: 8-473-220-84-34

Voronezh State University

Chernyshova M. N., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Mineralogy, Petrography and Geochemistry Department

E-mail: petrology@list.ru

Tel: 8-473-220-84-34