

**ЭВОЛЮЦИЯ ХИМИЗМА АНОМАЛЬНЫХ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ ЮЖНОГО СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ  
СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО КРАТОНА (САК)**

**Глазунов О.М.**

*Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия*

*e-mail: glazunov@igc.irk.ru*

**CHEMICAL EVOLUTION OF ANOMALOUS ORE-MAGMATIC SYSTEMS  
OF THE SOUTHERN FOLDBELT OF NORTH-ASIAN CRATON (NAC)**

**Glazunov O.M.**

*Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia*

*e-mail: glazunov@igc.irk.ru*

Distinctions in the structure of two compared ore-magmatic systems (OMS) of gabbro-peridotite composition are due to different modes of melt origination and degree of anomalous mantle fractionation. The ore productivity of systems increases under the influence of magmatic and metasomatic flows, as exemplified by the Lysansky OMS. The steady subplatform setting of greenstone belts is especially favorable for emplacement of massifs rich in PGE, Ni and Cu. This might occur with multiple passing of the products of anomalous mantle through multi-chamber supplying canals. Accumulation of Fe and Ti is connected with differentiation by the Fenner way at high oxygen fugacity in melts supposedly generated from the pyroxenite component of a mantle. In contrast, high concentrations of metals in Kingash OMS can be explained by a peculiar «burning» of the upper mantle shell by a flow of regenerative fluids at partial assimilation of a material of a hosting setting.

Кингашская платиноидно-медно-никелевая и Лысанская титаноносная системы занимают особое место в металлогении южной Сибири. Располагаясь в пределах южного складчатого обрамления Северо-Азиатского кратона, они занимают разные геодинамические позиции, но имеют черты сходства минерального и химического составов, будучи представленными габбро-перидотитовыми комплексами. Несмотря на высокий ресурсный потенциал Pd-Cu-Ni – Кингашских и Fe-Ti-V – Лысанских месторождений, остается проблема их генезиса и источника концентраций.

Массивы Кингашской (Pd-Cu-Ni) рудно-магматической системы (КРМС) относятся к многокамерному типу стационарного развития. Они расположены в гнейсовом цоколе верхнего архея. По томографии до глубины 400 км прослеживается градиентное поле на границе блоков с разной скоростью прохождения сейсмических волн [1]. Для них характерны все признаки крупных месторождений: большие запасы; разнообразные пентландит-пирротин-халькопиритовые руды, образующие «риффы» с содержанием ЭПГ до 17 г/т и Ni до 1 %, следы ликвации и ассимиляции рассолов (S, Cl, P); признаки близхондритовых реперов. По тренду массивов в низах перидотит-верлитового мегаритма, перекрытого габбро, наблюдается концентрирование Pd, Ni, Sr. Массивы формируются в коллизионном режиме сжатия, типичном для субплатформенных условий архейского зеленокаменного пояса в цоколе Сибирской платформы. Возраст КРМС оценивается в 2.1-1.6 млрд лет. Завершение формирования КРМС совпадает с метаморфизмом и наложенными проявлениями Au-As-Ag минерализации на рубеже 460-470 млн лет [3].

Лысанские титаноносные массивы образуют линейно вытянутые цепочки среди метавулкаников рифея в зоне сопряжения Протеросаян и Салаир-Каледонской системы. Весь комплекс пород выделяется выдержанным трендом высокого содержания Fe, Ti, Na, Zr, Nb. Массивы относятся к типу приразломного «сквозного» развития. Вкрапленный титаномагнетит распределяется по разрезу серпентинизированных перидотитов. Авгитовые пироксениты промежуточные между габбро и перидотитами выделяются максимумом TiO<sub>2</sub> (~ 10 %) за счет скоплений ильменита, чему способствует повышение щелочности [5, 2]. В габброидах параметр <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr колеблется в пределах 0.7043-0.7054±0.0005 и отражает слабую степень контаминированности материнского расплава. Лысанская РМС включает в себя три крупных месторождения одноименного названия [2].

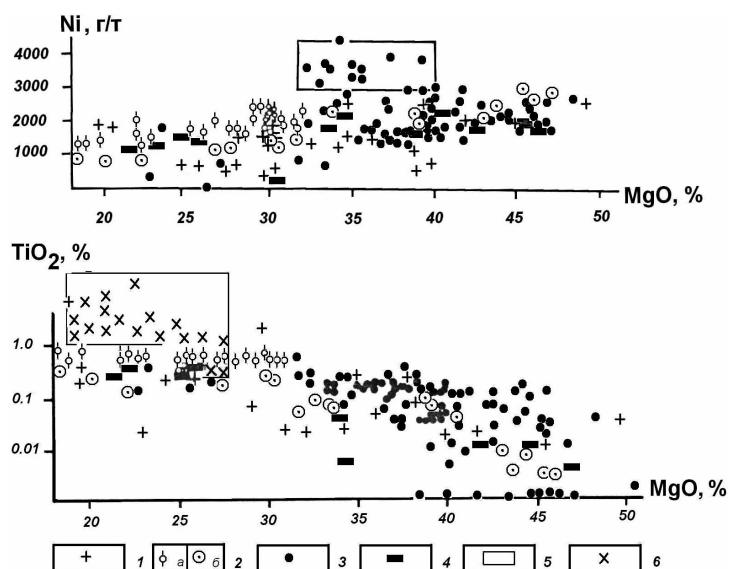


Рис. 1. Соотношение  $TiO_2$  и  $Ni$  с индексом фракционирования  $MgO$  в различных рудно-магматических системах.

1 – Архейский зеленокаменный пояс Нагхалли, Индийский щит; 2 – Шарыжалгайский гнейсовый блок архея. Массивы: а – Крутая губа, б – Сарамтинский (по М. А. Горновой); 3 – Канский зеленокаменный пояс верхнего архея. Кингашский и В. Кингашский массивы с платиноидно-медно-никелевым оруденением; 4 – Пояс центральной Индии. Расслоенный хромитоносный дунит-пироксенитовый массив Булла; 5 – Область содержания элементов в аномально продуктивных рудно-магматических системах; 6 – Рифей-протерозойский рифт Протеросаяна. Эталонный Лысанский и др. титаноносные массивы. Из-за низкого уровня содержание  $Ni$  для Лысанской РМС не показано.

Сравнение разных магматических ассоциаций в координатах  $TiO_2$ ,  $Ni$  относительно  $MgO$ , принятого за индекс фракционирования (рис. 1), показывает на сходный тренд дифференциации. Исключение в этих рядах представляют только рудно-магматические системы с крупными месторождениями, где поля концентрирования отклоняются от общего хода магматической дифференциации *in situ*. В данном случае это относится к Кингашской ( $Pd-Cu-Ni$ ) и Лысанской ( $Fe-Ti-V$ ) (табл. 1). Отсюда следует, что основная рудная нагрузка при создании крупных месторождений отводится ряду факторов, из которых ведущими являются процессы прокачивание расплава по многокамерным подводным каналам. Наличие таких каналов аппроксимируется в Кингашских [3], Норильских и др. крупных месторождениях [8].

Рассчитанный вариант региональной мантии в архее приближается к составу гранатового перидотита, ранее принятого за оптимальную модель для южного складчатого обрамления САК [3]. Обращает на себя

внимание высокая насыщенность гранатового перидотита  $NiO$  и  $Cr_2O_3$ , что согласуется с представлением об аномальном составе мантии региона [7, 8].

Глубинная и латеральная зональность в ультрамафитах по петрогенным и рудным элементам, наряду с сопряженностью разновозрастных рудно-магматических систем могут рассмат-

Таблица 1

Средний состав аномальных рудно-магматических систем и мантии

	1	2	3	4	5	6	7	8
$SiO_2$	43.0	44.99	43.2	44.66	38.14	43.89	41.02	43.25
$TiO_2$	0.35	0.52	0.05	0.17	3.50	0.32	1.91	–
$Al_2O_3$	7.50	7.4	2.50	1.96	10.80	4.04	7.42	3.90
$Cr_2O_3$	0.20	0.20	0.39	0.15	0.01	0.42	0.21	–
$\Sigma FeO$	12.01	11.8	8.30	9.68	11.50	8.77	10.14	9.25
$NiO$	0.50	0.5	0.28	0.24	0.03	0.28	0.15	–
$MgO$	24.0	23.68	40.29	41.27	12.30	38.49	25.40	38.10
$CaO$	7.50	9.26	2.50	0.94	8.35	2.75	5.55	3.22
$Na_2O$	0.6	0.07	0.21	0.10	0.60	0.37	0.48	1.78
$K_2O$	0.2	0.2	0.04	0.10	0.05	0.12	0.08	–
$P_2O_5$	0.06	0.04	0.01	0.04	0.01	0.05	0.03	–

Примечание. 1 – Платиноидно-медно-никелевая Канского зеленокаменного пояса (ср. из 225 проб). Доп.  $S - 2.51$ ; 2 – среднее по эталонному массиву Кингаш. Доп.  $S - 1.28$ ; 3 – гранатовые перидотиты Игильского массива Идарского белогорья (ан. М.Ю. Цытукова); 4 – среднее по гипербазитам железистого типа архея Канского зеленокаменного пояса [3]; 5 – Саянская титаноносная (ср. из 170 проб с учетом данных А.С. Мехоношина); 6-7 – региональная мантия: 6 – в архее; 7 – в протерозое; 8 – состав мантии, по [9].

риваться как отражение путей депле-  
тированности химизма мантии во  
времени.

Кингашская рудно-магматиче-  
ская система вследствие древнего  
возраста, приближения ряда пара-  
метров к хондритам (Pt/Os и др.) с  
большой полнотой отражает высоко-  
энергетический этап эволюции манти-  
и в архее.

Близкое к нулевому полю отри-  
цательное значение  $\epsilon_{Nd}$  подразу-  
мевает происхождение ее составля-  
ющих их из более обогащенных ис-  
точников, чем CHUR. Преобладаю-  
щее положительное значение  $\epsilon_{Nd}$   
(3.86-5.20) в перидотитах может ин-  
терпретироваться как результат заро-  
ждения расплава из слабо депле-  
тированной мантии в условиях роста  
парциального плавления и фрак-  
ционирования (рис. 2).

Обогащение Лысанской РМС титаном, цирконием и ниобием, как на магматическом, так и на эффузивном уровнях, согласуется с вариантом «проседания» диапира в область подшелоченного блока мантии, что в конечном случае привело к базификации гипербазитов системы и приобретению ею высокой продуктивности по Ti, V, Zr и Nb.

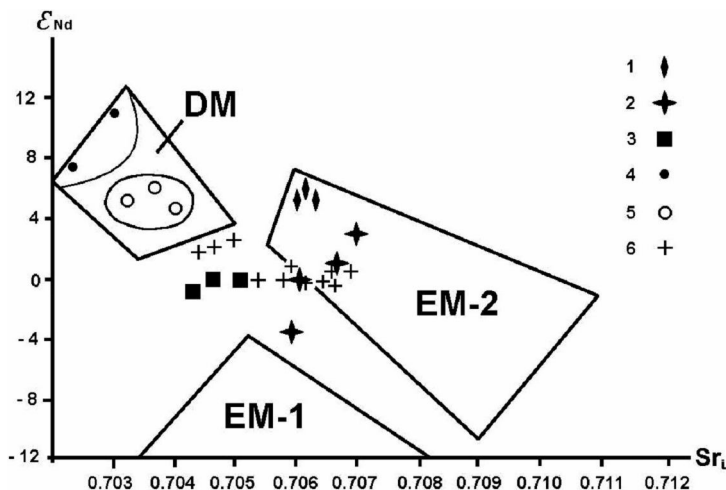


Рис. 2. Соотношение изотопов Nd и Sr в породах различных рудно-магматических систем (РМС).

1-2 – Кингашская Pd-Cu-Ni: 1 – рудные перидотиты, 2 – габбро; Лысанская Fe-Ti-V: 3 – габбро, 4 – перидотиты Гуллинского массива, 5 – толеиты; 6 – базальты Талнахского месторождения, по [7]. Мантия: депле-  
тированная (DM) и обогащенная (EM-1 и EM-2).

## ВЫВОДЫ

Различия в составе двух сравниваемых рудно-магматических систем с перидотит-габбровым составом обусловлено разным уровнем зарождения расплава и степенью фракционирования аномальной мантии. Рудная продуктивность систем возрастает под воздействием сквозьмагматических и метасоматических потоков, что особенно четко выражено на примере Лысанской РМС.

Для становления богатых по ЭПГ, Ni и Cu массивов особенно благоприятными являются стабильные субплатформенные условия зеленокаменных поясов при многократном прокачивании продуктов аномальной мантии по многокамерным подводным каналам.

Накопление Fe, Ti связано с дифференциацией по феннеровскому пути при высокой фугтивности кислорода в расплавах, генерируемых предположительно из пироксенитового ингредиента мантии. В отличие от этого высокое концентрирование металлов в КРМС может объясняться своеобразным «прожиганием» верхнемантийной оболочки потоком восстановительных флюидов при частичной ассимиляции материала вмещающей рамы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бушенкова Н.А., Тычков С.А., Кулаков И.Ю. Исследования структуры верхней мантии Центральной Сибири и прилегающих регионов на pp-p волнах // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 5. С. 474-490.
2. Глазунов О.М. Геохимия и петрология габбро-пироксенитовой формации Восточного Саяна. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 201 с.
3. Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. 192 с.
4. Глазунов О.М., Корнаков Ю.Н. Гипербазиты и химический состав верхней мантии складчатого обрамления юга Сибирской платформы // Геохимия. 1973. № 5. С. 723-731 (рез. англ.).
5. Геохимия элементов группы железа в эндогенном процессе / Глазунов О.М., Мехоношин А.С., Захаров М.Н., Зубков В.С., Петрова З.И., Левицкий В.И. Новосибирск: Наука, 1985. 200 с.
6. Глазунов О.М., Прокопчук С.И. Эволюция состава верхней мантии (ВМ) Северо-Азиатского кратона (САК) и его складчатого обрамления // Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатс-

кого кратона и орогенных поясов его обрамления. Материалы II Всероссийского металлогенического совещания. Иркутск: Изд. ИГХ СО РАН, 1998. С. 41-42.

7. Додин Д.А. Минерагеня Арктики. СПб: Наука, 2008. 202 с.

8. Дюжиков О.А., Дистлер В.В., Струнин Б.М. Геология и рудоносность Норильского района. М.: Наука, 1988. 279 с.

9. Рингвуд А.Е. Состав земной коры и верхней мантии Земли// Земная кора и верхняя мантия. М.: Мир, 1972. С. 7-26.

## **РАССЛОЕННЫЕ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫЕ МАССИВЫ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РАЙОНА**

**Гонгальский Б.И.**

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,  
Москва, Россия  
e-mail: kgrt-61@ya.ru*

## **LAYERED BASIC-ULTRABASIC MASSIFS OF THE UDOKAN-CHINEY AREA**

**Gongalskiy B.I.**

*Institute of the Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS,  
Moscow, Russia  
e-mail: kgrt-61@ya.ru*

Layered intrusions represent a small part of a large group of continental basic-ultrabasic complexes. They attract geologists' attention due to their unusual magmatic structures and associated PGE, Cr and V deposits. The outstanding example of this phenomenon is the Bushveld complex in South Africa. The largest layered intrusion in Russia is the Chineysky massif (Transbaikalia, Siberia). It is characterized by excellent layering and accompanying titanomagnetite and sulfide mineralization. It hosts Russia's largest deposits of Fe-Ti-V ores which are also among the world's largest. Origin of such huge metal concentrations in the crust is unsettled problem. Therefore the ore conditions' determination from different intrusions is very actually.

Ультрабазит-базитовые расслоенные массивы рассматриваются как промежуточные магматические очаги древних вулcano-плутонических систем [1]. Формирование многокилометровых по мощности камер не могло быть одноактным процессом, как это представлялось ранее. Изотопные исследования на гигантском Бушвелде свидетельствуют как минимум о пяти крупных этапах пополнения камер, которые соответствуют четырем главным зонам, а также мелким массивам, силлам ближайшего обрамления [5]. Различия в мощностях главных зон Бушвелда, а тем более отсутствие пород Нижней зоны в его северной части могут служить доказательством существования нескольких каналов. Механизм разрастания магматической камеры предложен для Великой дайки [7]. Фракционирование магм обусловило образование мономинеральных пород всех главных породообразующих и рудных минералов. Промышленные концентрации рудных минералов разобщены как в пространстве, так и во времени: расположены на разных уровнях разрезов, связаны с начальными или завершающими этапами кристаллизации магм. Особый интерес в этой связи представляет ассоциация хромититовых, титаномagnetитовых слоев с анортозитами, пород рифа Меренского с пятнистыми (mottle) анортозитами. В некоторых случаях массивы типа Бушвелда сопровождаются массивами сателлитами типа Нкомати, с медно-никелевыми рудами норильского типа [5, 6].

В юго-западной окраинной части Алданского щита размещается уникальный рудный район с суперкрупными месторождениями меди (Удокан), железа, титана, ванадия, меди, благород-