

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 552.3

**СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕПЕРМСКОГО  
ПЛАТИНОИДНО-МЕДЬ-НИКЕЛЕНОСНОГО ЛЕРЦОЛИТ-ГАББРОНОРИТ-  
ДОЛЕРИТОВОГО КОМПЛЕКСА КАОБАНГ (Северо-Восточный Вьетнам)**

**П.А. Балыкин, Г.В. Поляков, Чан Чонг Хоа\*, А.В. Лавренчук, А.Э. Изох, Нго Тхи Фыонг\*,  
А.И. Глотов, Хоанг Хыу Тхань\*, Т.Е. Петрова, Е.А. Васюкова**

*Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

*\* Институт геологических наук Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой,  
пр. Хоанг Куок Вьет, Нгуа До, Кау Гиэй, Вьетнам*

Позднепермские платиноидно-медь-никеленосные лерцолит-габбронорит-долеритовые и долерит-конгadiaбаз-гранофировые интрузии рифтогенной структуры Шонгхием Северо-Восточного Вьетнама (комплекс Каобанг) формировались синхронно с эмейшанскими траппами платформы Янцзы. Массивы этого комплекса сложены породами двух серий — лерцолит-пикрит-пикродолерит-меланогабброидной и конгadiaбаз-долерит-габброноритовой. В составе первой существенно ультрамафитовой серии преобладают плагиоперидотиты и пикритониды, состоящие из лабрадор-битовнита ( $Ap_{66-70}$ ), хризолита ( $f_{Ol} = 16-18\%$ ), магнезиального диопсид-авгита ( $f_{Mp} = 18-20\%$ ) и низкоглиноземистого бронзита ( $f_{Rp} = 20-22\%$ ). К ним приурочено платинометалльно-медно-никелевое оруденение с палладиевой специализацией. В сульфидной фазе пикритов из зоны эндоконтакта массива Суойкун содержания благородных металлов достигают (г/т): Pt = 7,67; Pd = 18,58; Au = 26,55; Ag = 32,44. Модельные расчеты показывают, что этот массив формировался в результате однократного внедрения высокоглиноземистой пикробазальтовой магмы, кристаллизовавшейся в диапазоне температур 1260—1090 °C при давлении 1—3 кбар и активности кислорода, близкой буферу WM.

Комплекс Каобанг и другие проявления пермско-триасового ультрамафит-мафитового магматизма Северного Вьетнама и Южного Китая, включая траппы провинции Эмейшань, связываются с пермско-триасовым мантийным плюмом, аналогичным Сибирскому. Полученные данные свидетельствуют о перспективности этого комплекса на платинометалльно-медно-никелевое оруденение норильского типа.

*Лерцолит-габбронорит-долеритовый комплекс, исходная пикробазальтовая магма, платинометалльно-медно-никелевое оруденение, Северо-Восточный Вьетнам.*

**CONDITIONS OF FORMATION OF THE LATE PERMIAN CAO BANG PGE-Cu-Ni-BEARING  
LHERZOLITE-GABBRONORITE-DOLERITE COMPLEX (northeastern Vietnam)**

**P.A. Balykin, G.V. Polyakov, Tran Trong Hoa, A.V. Lavrenchuk, A.E. Izokh, Ngo Thi Phuong,  
A.I. Glotov, Hoang Huu Thanh, T.E. Petrova, and E.A. Vasyukova**

Late Permian PGE-Cu-Ni-bearing lherzolite-gabbro-norite-dolerite and dolerite-kongadiabase-granophyre intrusions of the Song Hiem rift structure in northeastern Vietnam (Cao Bang complex) formed synchronously with the Emeishan traps of the Yangtze Platform. Massifs of this complex are made up of rocks of two series: lherzolite-picrite-picrodolerite-melanogabbroid and kongadiabase-dolerite-gabbro-norite. The first, essentially ultramafic, series is dominated by plagioperidotites and picritoids composed of labradorite-bytownite ( $Ap_{66-70}$ ), chrysolite ( $f_{Ol} = 16-18\%$ ), magnesium diopside-augite ( $f_{Mp} = 18-20\%$ ), and low-alumina bronzite ( $f_{Rp} = 20-22\%$ ). They are associated with PGE-Cu-Ni mineralization of Pd trend. In the sulfide phase of picrite from the endocontact zone of the Suoi Cun massif, the contents of noble metals are as follows: 7.67 ppm Pt, 18.58 ppm Pd, 26.55 ppm Au, and 32.44 ppm Ag. Model calculations show that this massif formed as a result of single-act intrusion of high-Al picrobasalt magma crystallized at 1260–1090 °C and 1–3 kbar, with oxygen activity close to the WM buffer. The Cao Bang complex and other occurrences of Permo-Triassic ultramafic-mafic magmatism of northern Vietnam and southern China including traps of the Emeishan Province are related to a Permo-Triassic mantle plume similar to the Siberian plume. The data obtained indicate that this complex is promising for PGE-Cu-Ni mineralization of the Noril'sk type.

*Lherzolite-gabbro-norite-dolerite complex, initial picrobasaltic magma, PGE-Cu-Ni mineralization, initial picrobasaltic magma, northeastern Vietnam*

## ВВЕДЕНИЕ

Платиноносные ультрамафит-мафитовые комплексы пермско-триасовой эпохи проявились на территории Центральной и Юго-Восточной Азии широко и разнообразно. К ним, в частности, относятся общеизвестные высокопродуктивные платиноидно-медь-никеленосные пикрит-долеритовые интрузии трапповой формации Норильского района на Сибирском кратоне. В конце прошлого столетия в связи с аналогичным трапповым магматизмом провинции Эмейшань платформы Янцзы на юге Китая также установлены медно-никелевые месторождения с повышенными содержаниями металлов платиновой группы [1, 2]. В южном обрамлении этой платформы на территории Северного Вьетнама (Лаосско-Вьетнамская складчатая система) пермско-триасовые платиноносные ультрамафит-мафитовые комплексы выделены авторами настоящей статьи в рифтогенных структурах Шонгда — на северо-западе и Шонгхием — на северо-востоке Вьетнама [3—6]. В данном случае они располагаются соответственно на юго-западном и юго-восточном флангах ареала развития траппов провинции Эмейшань. Близкая по возрасту ассоциация пикритоидов недавно описана в соседней провинции Юньнань Южного Китая [7]. Все эти магматические образования, включая траппы провинции Эмейшань, связываются с пермско-триасовым мантийным плюмом, аналогичным Сибирскому [8, 9]. Они, естественно, могут оцениваться как перспективные на платинометалльно-медно-никелевое оруденение норильского типа, что подтверждается открытием таких рудопоявлений на территории Южного Китая и Северного Вьетнама (Лимахэ, Пайюньцунь, Джанг Баошань, Банфук и др.).

Пермско-триасовые ультрамафит-мафитовые интрузии зоны Шонгхием Северо-Восточного Вьетнама объединяются в лерцолит-габбронорит-долеритовый комплекс Каобанг, общая характеристика которого содержится в ряде обзоров по магматизму Северного Вьетнама [3, 10]. В настоящей статье обсуждаются вещественные, в том числе изотопно-геохимические, особенности комплекса и вероятные составы исходных расплавов в свете полученных авторами новых данных и численного математического моделирования.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, СТРОЕНИЕ И СОСТАВ МАССИВОВ КОМПЛЕКСА, ИХ ВОЗРАСТ И ХАРАКТЕР ВЗАИМООТНОШЕНИЙ С ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ

Относительно небольшие по размерам, но многочисленные массивы комплекса Каобанг образуют две цепочки тел северо-западного простираения (согласного с простираемостью структуры Шонгхием): восточную — вблизи провинциального центра Каобанг и западную — в районе рудника Тиньтук (рис. 1). Они приурочены к шовным разломам северо-западного простираения, разделяющим пермско-триасовые вулканогенно-осадочные толщи и карбон-пермские карбонатные отложения. Становление массивов происходило в результате последовательного формирования различных по составу серий пород: ранней лерцолит-пикрит-пикродолерит-меланогабброидной и конгadiaбаз-гранофир-долерит-габброноритовой. В зависимости от объемных соотношений этих групп пород массивы подразделяются на два типа: существенно лерцолит-габбронорит-долеритовые (Суойкун, Бонинь, Каомия, Суойзанг и др.), иногда с конгadiaбазами и гранофирами (Кхаумия), и преимущественно долерит-конгadiaбаз-гранофирные (Кхак-тхьеу, Лунглуонг, Нгуенбинь и др.). Первые представлены в большей степени в восточном ареале, вторые — в западном.

Наиболее крупным по размеру и представительным по составу слагающих его пород является массив Суойкун, который расположен северо-восточнее провинциального центра Каобанг и имеет линзообразную удлиненную в северо-западном направлении форму при общей протяженности около 4 км и ширине от 0,4 до 1,5 км (см. рис. 1). Он разбит разломами северо-западного простираения на два блока: восточный, сложенный двумя разобщенными телами лерцолитов, верлитов, пикритов, пикродолеритов и оливиновых меланогабброидов, и западный, образованный преимущественно долеритами, конгadiaбазами и субофитовыми габброидами. Породы северной части восточного блока прорываются дайками долеритов и конгadiaбазов, имеющими северо-восточное простираение и крутое падение на северо-запад. Эти дайки аналогичны породам, слагающим западный блок массива Суойкун. В массиве Кхаумия, расположенном в 17 км северо-западнее в пределах той же тектонической зоны, лерцолиты, как и в массиве Суойкун, пересечены серией даек долеритов, а в долеритах, конгadiaбазах и гранофирах имеются ксенолиты лерцолитов и меланогабброидов. Тем не менее характер соотношения лерцолит-пикрит-пикродолерит-габброноритовой и долерит-конгadiaбаз-гранофирной серий пород в изученных массивах остается дискуссионным. Авторами работ [3, 10] установлено в массивах Суойкун и Кхаумия прорывание долеритовыми дайками перидотитов. Вместе с тем Н.В. Риадин [12] описал дайки перидотитов в офитовых габбро массива Суойкун, а Хоанг Хыу Тхань отмечает ксеногенные включения минералов габбро-долеритов в оливиновых габброноритах интрузива Кхуойзианг.

**Рис. 1. Схема геологического строения массива Суойкун и его положение в структурах Северо-Восточного Вьетнама.**

Использованы материалы из работы [10] и геологическая карта Вьетнама м-ба 1:500 000 из [11]:

1 — массивы комплекса Каобанг; 2 — верхнекембрийско-нижнеордовикские конгломераты, песчаники, филлиты и мраморы; 3 — ордовикско-нижнесилурийские конгломераты, песчаники, глинистые и кремнистые сланцы с прослоями плагиопорфиров, кварцевых порфиров и андезитов; 4 — верхнесилурийско-нижнедевонские песчаники, глинистые сланцы, известняки, липариты, ортофиры и кремнистые сланцы; 5 — средне- и верхнедевонские конгломераты, песчаники, алевролиты, глинистые сланцы и известняки; 6 — карбон-пермские известняки, песчаники, глинистые сланцы и алевролиты; 7 — пермско-триасовые песчаники, базальты и риолиты; 8 — граниты и граносиениты; 9–11 — породы массива Суойкун: 9 — долериты, габбро, габбронориты и конгadiaбазы, 10 — плагиолерцолиты, 11 — лерцолиты, верлиты и пикриты; 12, 13 — породы позднепалеозойско-раннемезозойской толщи Шонгхием: 12 — спилиты, базальты и туфы основного состава, 13 — дациты, риолиты и их туфы; 14 — границы: а — достоверные, б — предполагаемые; 15 — тектонические нарушения; 16 — массив Суойкун.

Геологический возраст пород комплекса строго не установлен. Они в подавляющем большинстве случаев прорывают вмещающие их породы пермско-триасовой вулканогенно-осадочной толщи Шонгхием, включающей андезит-дацит-базальтовый комплекс. В нижней части этой толщи имеется индская фауна и флора, в верхней — оленекская [3]. Перидотиты массива Суойкун перекрываются, по данным А.Е. Довжикова и др. [10], риолитами, возраст которых в настоящее время оценивается Rb-Sr методом в  $211 \pm 11$  млн лет ( $MSWD = 3,3$ ,  $[Sr]_{initial} = 0,72315 \pm 14$ ), а Ar-Ar методом в  $209 \pm 1,8$  млн лет (неопубликованные данные). Rb-Sr определения возраста лерцолитов восточного блока массива Суойкун отвечают  $255 \pm 14$  млн лет, Ar-Ar датировка тех же пород —  $270 \pm 2,3$  млн лет [13]. Таким образом, наиболее вероятным временем формирования ультраосновных пород комплекса является поздняя пермь.

### МИНЕРАЛОГИЯ

Породообразующими минералами лерцолит-пикрит-пикродолерит-меланогабброидной серии пород являются плагиоклаз, оливин, клино- и ортопироксены; амфибол, биотит и калишпат редки и обнаруживаются спорадически. Породы второй существенно долеритовой серии сложены в основном плагиоклазом и клинопироксеном, в сравнительно меньших количествах амфиболом. Ортопироксен, биотит, кварц и калиевый полевой шпат присутствуют не всегда. Плагиоклаз варьирует по составу от лабрадора ( $An_{55}$ ) в долеритах до анортита ( $An_{90}$ ) в лерцолитах, при этом содержания ортоклазового минала в них достигают 1,5 мас.%, а суммарного железа — 0,94 мас.%. Оливин меняется по составу в меньшей степени. Наиболее магнезиальные хризолиты свойственны ультраосновным породам ( $f_{O_1}$  до 14,7 %), более железистые разновидности преобладают в габброноритах и долеритах ( $f_{O_1}$  до 30,1 %). Клинопироксены представлены субкальциевыми, умеренно глиноземистыми и магнезиальными диопсид-авгитами. Более железистые разновидности свойственны габброноритам и долеритам, а наиболее магнезиальные — плагиоперидотитам. Более железистые ортопироксены также свойственны габброноритам и долеритам, а относительно магнезиальные — плагиолерцолитам. Расчет температур субсолидусной кристаллизации пироксенов по методикам, изложенным в [14–16], выявил вариации температур от 1200 °C в плагиолерцолитах до 900 °C в долеритах. Относительно высокой температурой кристаллизации характеризуются и авгиты из базальтов

