

УДК 552.323.6(518.3)

## ПЕРВАЯ НАХОДКА ЭКСПЛОЗИВНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ПИКРИТОВ В НАДАНЬХАДА-АЛИНЕ (КНР)

© 2009 г. С. А. Щека, Ю. Г. Волохин, А. А. Карабцов

Представлено академиком Л.Н. Когарко 29.01.2009 г.

Поступило 29.08.2008 г.

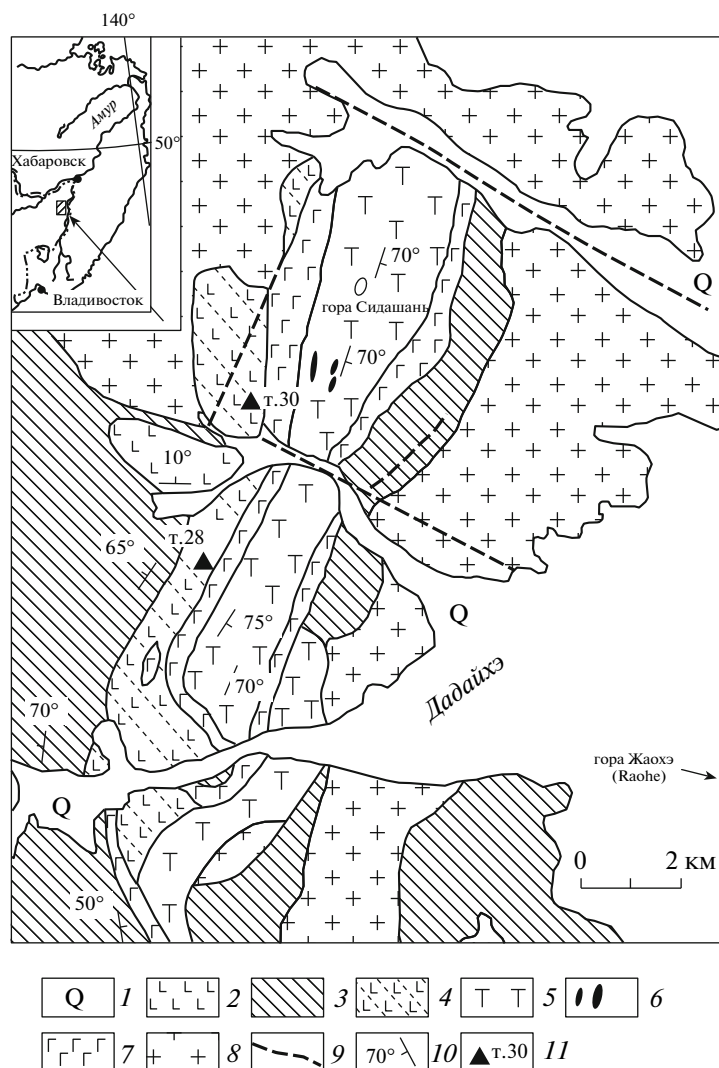
В 1990-х годах во время совместных российско-китайских геологических исследований сопредельных территорий России и КНР одним из авторов (Ю.Г. Волохин) была отобрана обширная коллекция образцов на площади хр. Наданьхада (Наданьхада-Алинь) в северо-восточном Китае. Последующее детальное изучение коллекции показало, что в ней присутствуют своеобразные эксплозивные слюдистые пикриты, ранее неизвестные в этом районе. Они привлекают интерес и потому, что трубки и дайки этих пород широко представлены в Приморье [1–3], а в россыпях вблизи тел и в коренных породах присутствуют мелкие алмазы [3–6]. Возможность находки алмазов предполагается и в изученном районе КНР [7]. В связи с этим породы из коллекции были изучены более детально.

На территории Приморья породы подобного типа входят в состав юрского меймечит-пикритового комплекса, включающего также щелочные базальты и концентрически-зональные габбро-перидотитовые с нефелиновыми сиенитами интрузии [8, 9]. Перечисленные породы образуют типичную щелочно-ультраосновную формацию.

На территории Китая, в Наданьхада-Алине интрузивы этого типа в свое время изучались С.С. Зиминым [10], который составил геологическую схему района. Первые находки ультраосновных вулканитов в изученном районе отмечены К. Сю [11], который назвал их коматиитами из-за спинифексоподобных структур. Приводимый им анализ и микрофотографии показывают, что это типичный лавовый пикрит щелочного ряда, подобный пикритам Приморья. Позднее были описаны пикриты, щелочные базальты и концентрически-зональные интрузивы [12]. Меймечиты и трубки взрыва слюдистых пикритов не установлены, хотя полная геологическая аналогия районов Приморья и КНР не оставляет сомнения в присутствии этих пород.

Первые известные авторам сведения по геологии изучаемого района приводятся С.С. Зиминым [10], схему которого с дополнениями и уточнениями, с учетом данных геолого-съёмочных работ последних лет авторы приняли за основу (рис. 1). Фактически площадь хр. Наданьхада представляет продолжение Бикинской зоны Приморья на территории Китая и все геологические структуры, стратиграфия и магматизм двух зон идентичны. Наиболее древние карбон-нижнепермские отложения вскрываются в тектонических блоках среди мезозойских пород [13, 14]. Блоки сложены известняками с карбон-пермской фауной и зеленокаменными вулканитами. В Приморье им соответствуют офиолиты себучарской свиты [8]. Мезозойские образования слагают дугообразно изогнутую моноклиаль с падением на восток. В основании их залегает существенно кремнистая триасовая толща, которая сменяется глинисто-кремнистыми сланцами юры. На уровне тоарско-батского ярусов появляются сначала туфы, затем лавы и субвулканические тела щелочных базальтов и пикритов. В Приморье к этому уровню относятся меймечиты, трубки взрыва и дайки слюдистых пикритов, а также концентрически-зональные габбро-перидотитовые интрузии [9]. Характерным типоморфным горизонтом этого уровня являются пласты и конкреции марганцовистых пород. К–Аг-возраст трубок 152–159 млн. лет.

Рассматриваемые слюдистые пикриты вскрыты в дорожной выемке в 6 км севернее р. Дадайхэ. Здесь они слагают крутопадающее тело мощностью около 6 м, залегающее в шаровых лавах вблизи западного края крупного Жаохэйского габбро-верлитового массива, т.е. как и в Приморье подобные тела локализованы по периферии щелочно-ультраосновных массивов и фактически являются их флюидизированными апофизами. Поскольку в районе встречаются палеозойские зеленокаменные вулканиты, представленные океаническими толеитами, был выполнен анализ двух образцов шаровых лав, вмещающих слюдистые пикриты (табл. 1). Анализы наряду с данными китайских исследователей [12] показали, что это типичные юрские высокотитанистые



**Рис. 1.** Геологическая схема места находки пикритов (по [10], с дополнениями авторов и с учетом данных геологической службы Китая). 1 – четвертичные отложения; 2 – неогеновые (?) базальтоиды; 3 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, переслаивающиеся с вулканитами и кремнями ( $J_2$ ); 4 – диабазы, спилиты, туфы, шаровые лавы, лавобрекчии ( $J_2$ ); 5–7 – Жаохэйский массив: 5 – верлиты, клинопироксениты, 6 – линзы дунитов, 7 – габбро-диабазы, габбро, габбро-пегматиты; 8 – высокоглиноземистые гранитоиды ( $K_1$ ); 9 – разломы; 10 – элементы залегания; 11 – места отбора проб.

пикрито-базальты. Слюдистые пикриты слагают взрывное тело, о чем свидетельствуют гипербазитовые включения (размером до 3 см) с характерными для подобных тел симплектитами хромшпинели и клинопироксена (рис. 2), отличными от выделений шпинели в интрузивных массивах.

Макроскопически пикриты – грубозернистые породы с порфиробластами керсутита и титанфлогопита, размера до 20 мм. Порфиробласты окружены мелкозернистой (0.1–1 мм) часто трахитоидной массой керсутита, флогопита и ильменита, цементируемых кальцитом. Керсутит обнаруживает более раннее образование, чем флогопит. Кроме того, в породе отмечаются и прожилки вторичного кальцита, иногда пересека-

ющие по спайности порфиробласты флогопита. Редко в основной массе появляются лейстовидные зерна клинопироксена, интенсивно замещаемого керсутитом, флогопитом и карбонатом. Вблизи вторичного карбоната флогопит замещается хлоритом, сопровождаемым рутилом. Как будет показано далее, первичный карбонат является магматическим, а такие разности (карбонат-пикриты) широко представлены в эксплозиях Приморья. Гипербазитовые включения нацело замещены тальком. Они пересекаются прожилками и окаймляются лейстовидным (вторичным) флогопитом. В мелкозернистом тальковом агрегате просматриваются грубые трещины спайности исходного ортопироксена. Отмечаемые в

**Таблица 1.** Химический состав юрских пикритов и базальтов Наданьхада-Алиня и сопредельных территорий Приморья

Оксид	1	2	3 (4)	4 (17)	5	6 (25)	7 (6)
SiO <sub>2</sub>	46.16	40.16	45.69	46.68	38.63	48.10	37.48
TiO <sub>2</sub>	2.61	3.71	2.84	2.69	3.10	2.18	3.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.87	12.04	11.81	12.24	7.20	9.48	8.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.82	18.70	Н.а.	4.21	14.34	Н.а.	16.01
FeO	Н.а.	Н.а.	12.21	7.61	Н.а.	12.63	Н.а.
MnO	0.17	0.20	0.17	0.23	0.26	0.17	0.25
MgO	10.33	8.60	10.47	8.36	19.59	18.54	15.33
CaO	8.73	13.67	9.90	11.34	6.16	7.26	8.99
Na <sub>2</sub> O	2.82	1.49	2.88	2.62	0.87	1.10	0.94
K <sub>2</sub> O	0.30	0.85	0.72	0.84	1.69	0.23	1.99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.52	0.27	Н.а.	0.41	0.30	1.19
П.п.п.	1.49	0.40	3.00	3.37	7.26	—	5.43
Сумма	99.59	100.30	99.98	100.18	99.49	100.00	99.27
<i>f</i>	43.6	52.3	40.0	43.6	26.9	27.7	34.5

Примечание. 1–4 – базальты; 5, 7 – пикриты (1 – обр. 28/1; 2 – 30/1; 5 – 28/2). 1–3, 5, 6 – Наданьхада-Алинь (3 и 6 – по [12]); 4, 7 – Приморье. В обр. 5 и 7 дополнительно определены (10<sup>-4</sup>%): Cr 646, 669, V 282, 325, Ni 919, 525, Co 70, 69, Cu 49, 90, Zn 158, 179, Pb 6, 6, As 2, 2, Ba 835, 1143, Rb 42, 86, Sr 650, 1027, Y 37, 54; Zr 37, 54, Nb 92, 123, Th 15, 26, U 3, 6, S 170, 392, Cl 80, 116. 1–3, 5–7 – по данным РСФА; 4 – метод мокрой химии. *f* = Fe/(Fe + Mg) ат. %. Н.а. – не анализировалось.

**Таблица 2.** Химический состав минералов из слюдистых пикритов Наданьхада-Алиня, мас. %

Оксид	Срх м.з.	Sp		Ilm	Hb ц к.з.	Hb к.з.			Hb ц в Са	Hb к в Са	Phl к.з.		Phl с Са	Та	Chl	Са в Phl	Са в Pb
		ц	к			к	ц	к			ц	к					
SiO <sub>2</sub>	47.25	0.75	2.06	—	45.42	43.39	42.60	43.60	51.48	49.42	37.11	36.84	39.11	62.20	33.96	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.35	0.38	2.06	48.00	2.59	3.50	2.63	3.33	1.99	1.31	5.78	6.05	2.25	—	0.03	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.80	25.21	12.75	—	8.37	9.44	10.55	9.59	4.80	3.91	14.74	14.75	13.06	—	15.92	—	—
FeO	5.48	15.02	23.15	38.94	10.93	10.02	14.77	9.29	12.80	11.37	9.41	9.45	10.40	3.98	14.08	—	—
MnO	0.30	0.02	1.25	4.21	0.27	0.02	0.02	0.02	0.44	0.34	0.02	0.02	0.24	—	0.02	0.40	—
MgO	22.38	13.80	8.11	—	15.41	15.42	12.39	15.91	15.18	15.82	17.16	16.86	19.62	27.90	21.92	—	—
CaO	22.50	—	—	—	10.13	10.82	10.11	11.11	5.97	7.82	—	—	—	—	0.20	55.28	52.80
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	—	4.18	3.57	3.17	3.21	7.19	5.77	0.98	0.79	1.02	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	0.86	1.29	1.68	1.28	0.45	0.49	9.79	9.64	8.53	—	1.10	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	39.45	36.04	—	—	—	0.16	0.16	—	—	0.30	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	—	1.10	1.00	0.22	0.85	—	—	—	—	—
Cl	—	—	—	—	—	—	0.03	—	0.03	—	—	0.09	—	—	—	—	—
Сумма	100.0	99.99*	99.83*	98.40*	98.16	97.47	98.06	97.50	99.70	98.65	95.48	95.34	94.23	94.64	87.21	55.68	53.27
<i>f</i>	11.6	44.7	70.5	—	28.3	26.7	40.0	24.7	32.1	28.7	23.5	23.9	22.9	7.4	26.5	—	—

Примечания. Индексы минералов и сокращения: Срх – клинопироксен, Sp – шпинель, Ilm – ильменит, Hb – роговая обманка, Phl – флогопит, Та – тальк, Chl – хлорит, Са – кальцит; ц, к – центр, край зерна; к.з., м.з. – крупное, мелкое зерно. Дополнительно определены: ZnO 1.80 (Sp к), NiO 0.56% (Та), SrO – 0.47% (Са в Hb). \* – в сумму входит Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.43% (Sp ц); 14.40% (Sp к); 7.27%

(Ilm), найденные расчетом по стехиометрии. Формулы минералов: Sp ц. – Mg<sub>0.627</sub>Fe<sub>0.382</sub><sup>2+</sup>Fe<sub>0.124</sub><sup>3+</sup>Ti<sub>0.009</sub>Al<sub>0.906</sub>Cr<sub>0.952</sub>O<sub>4</sub>; Sp к. – Mg<sub>0.400</sub>Fe<sub>0.641</sub><sup>2+</sup>Mn<sub>0.036</sub>Zn<sub>0.044</sub>Fe<sub>0.316</sub><sup>3+</sup>Ti<sub>0.052</sub>Al<sub>0.498</sub>Si<sub>0.069</sub>Cr<sub>0.944</sub>O<sub>4</sub>; Ilm – Fe<sub>0.840</sub><sup>2+</sup>Mn<sub>0.089</sub>Fe<sub>0.140</sub><sup>3+</sup>Ti<sub>0.929</sub>O<sub>3</sub>.



Рис. 2. Морфология выделений хромшпинелидов в гипербазитовых включениях. Шлиф. Ник.||.

Приморье в подобных породах алмазы не превышают по размеру 0.3 мм и обнаруживаются в шлифах (рис. 3).

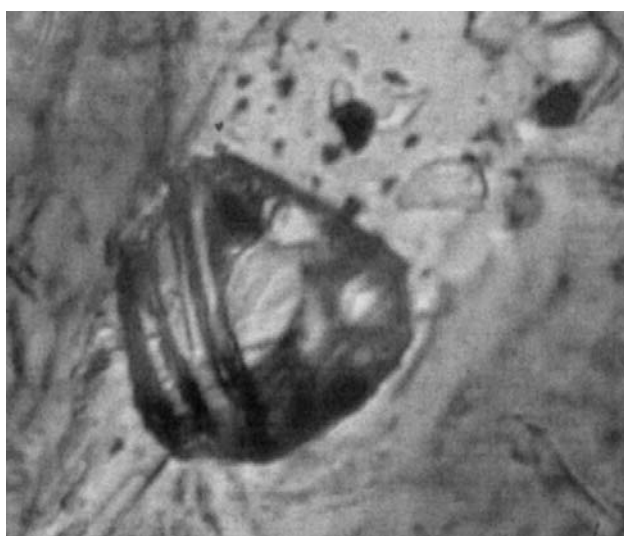


Рис. 3. Зерно алмаза в взрывном пикрите. Р. Анюй, Приморье. Шлиф Ник.||.

По химическому составу (табл. 1) породы КНР, как и Приморья, представляют типичные высокотитанистые щелочные пикриты, обогащенные как сидерофильными (Cr, Ni, Co, Ti), так и литофильными (Rb, Sr, Ba, Zr, Nb и Th) примесями, что согласуется с их высокой флюидонасыщенностью.

Состав минералов (табл. 2) в общем обычен для этого типа пород. Клинопироксен низкоглиноземистый, высококальциевый, т.е. довольно низкотемпературный. Первичная хромшпинель умеренно хромистая, высокотитанистая, в краевой каемке обогащена Mn, Zn, Ti, Fe<sup>+3</sup> и Si. Последнее характерно для вторичных феррихромитов. Несмотря на высокую магниальность породы, ильменит лишен этого элемента, обогащен Mn и достаточно окислен. Крупные зерна керсутита всегда зональны: края обычно более магниальные и титанистые. В контакте со шлирами магматического кальцита керсутит обрастает синевато-зеленым глаукофаном (рис. 4); при этом кальцит обогащен Sr в отличие от вторичного кальцита из прожилков, в котором фиксируется только Mn. Это явление широко распространено в подобных породах, фиксируя, по мнению авторов, контакт выделившихся ранее силикатов с



Рис. 4. Кайма глаукофана вокруг керсутита на контакте с кальцитом (белое). Шлиф. Ник. ||.

остаточным натрово-фторо-карбонатным расплавом.

Первичный флогопит – высокотитанистый, глиноземистый и низкофтористый, с примесями Na и Sr (вблизи гипербазитовых включений). В зонах вторичной карбонатизации в зернах появляется многократная зональность, а содержание  $TiO_2$  падает от 6 до 2 мас. %. Тальк характеризуется низкой (7.4 ат. %) железистостью, отражая тем самым высокую магнезиальность первичных оливина и пироксенов, а хлорит наследует железистость исходного флогопита.

Обращаясь к находкам алмазов в рассматриваемых пикритах, отметим, что все они приурочены только к взрывным телам и отсутствуют в дайках и силах. Находимые в россыпях более крупные (до 8 мм) алмазы несут включения минералов пикритов и следы многократной перекристаллизации и растворения. Ранее было высказано предположение [4], что это обусловлено транспортировкой алмазов пикритовой магмой из нижних частей древних плюмов. Поэтому рассматриваемые взрывы заслуживают дальнейшего детального изучения. Можно не сомневаться, что описанная находка не единична в Наданьхада-Алине, а меймечиты так же обычны, как в Приморье.

Авторы благодарят проф. Пекинского университета Шао Чжиянь за организацию экскурсии на изученный объект и В.С. Приходько, предоставившего образцы из бассейна р. Анюй.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО-СО 06-11-СО-08-035.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щека С.А.* // ДАН. 1977. Т. 234. № 2. С. 444–447.
2. *Shcheka S.A. et al.* Plumes and Problems of Deep Source of Alkaline Magmatism. Khabarovsk: FEB RAS, 2003. P. 184–200.
3. *Щека С.А.* // Вестн. ДВО РАН. 1994. № 4. С. 53–61.
4. *Щека С.А. и др.* // Петрология. 2006. Т. 14. № 3. С. 319–336.
5. *Barron L.M. et al.* // Quart. Notes GS NSW. 2002. № 112. P. 9–15.
6. *Иванов В.В., Колесова Л.Г., Ханчук А.И.* // ДАН. 2005. Т. 404. № 1. С. 72–75.
7. *Tan Chengren* // Heilongjiang Geol. 1994. V. 5. P. 1–9 (кит., рез. англ.).
8. Вулканические пояса Востока Азии / Под ред. А.Д. Щеглова. М.: Наука, 1984. 504 с.
9. *Щека С.А. и др.* В кн.: Триас и юра Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2008. Кн. 2. С. 125–145.
10. *Зимин С.С.* Парагенезисы офиолитов и верхняя мантия. М.: Наука, 1973. 251 с.
11. *Cui X.* // Contris Project of Plate Tectonics in Northern China. 1986. № 1. P. 199–207 (кит., рез. англ.).
12. *Zhang et al.* Terranes in Northeast China and Evolution of the Northeast Asian Margin. Beijing: Seism. Press, 1995. P. 72–97 (кит.).
13. *Kojima S.* // Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol. 1989. V. 69. P. 213–232.
14. *Shao J.A. et al.* // J. Stratigr. 1990. V. 14. № 4. P. 286–291 (кит., рез. англ.).