



## ПЕРВАЯ НАХОДКА БАТИСИТА НА СЕВЕРЕ УРАЛА

К. г.-м. н.  
**А. А. Соболева**  
petro@geo.komisc.ru

К. г.-м. н.  
**И. В. Швецова**  
lito@geo.komisc.ru

Гл. электронщик  
**В. Н. Филиппов**

Батисит — редкий силикат, член изоморфного ряда батисит—щербаквит, был обнаружен при исследовании аксессуарных минералов субщелочных габбро, входящих в состав Ельминского габбро-гранитного массива.

Ельминский габбро-гранитный массив расположен на Северном Урале во фронтальной части Выдерьинско-Ниолсовского аллохтона, относящегося к Ляпинскому мегантиклинорию, входящему в состав Центрально-Уральского поднятия (рис. 1). Массив имеет сложное строение: первой фазой являются мелко- и среднезернистые мезо- и меланократовые габбро, преимущественно амфиболовые, небольшим распространением пользуются кристаллизовавшиеся позже порфиroidные диориты, гранодиориты; а на заключительном этапе формирования массива образовались биотитовые граниты и лейкограниты, часто гранатсодержащие, которые прорыва-

ют, пропитывают и гранитизируют габброиды. Имеющиеся в нашем распоряжении данные не позволяют в настоящее время однозначно ответить на вопрос, связано ли формирование массива с эволюцией единой магматической системы, т. е. был ли он истинно многофазным. Возраст габброидов ранневендский, а гранитов — раннекембрийский (по неопубликованным данным, полученным в рамках работ по созданию Гостеолкарты-1000, листа Р-40 (по цирконам, U-Pb метод, SHRIMP).

### Характеристика пород, содержащих батисит

Батисит был обнаружен в мелко-среднезернистых мезо-меланократовых габбро. Породы имеют массивную текстуру, габбровую структуру. Характерна неравномерная зернистость — участки более меланократовых мелкозернистых габбро (цветной индекс 60) чередуются с мелко-среднезернистыми

более лейкократовыми (цветной индекс 40). Иногда отмечаются элементы порфиroidной структуры, обусловленной наличием более крупных выделений плагиоклаза, занимающих до 5 об. % породы.

Габбро сложены зеленовато-бурой, желтовато-бурой роговой обманкой (40—60 об. %), интенсивно сосюритизированным плагиоклазом (40—60 об. %); аксессуарные минералы представлены часто встречающимися апатитом и титанитом (часть его зерен определенно имеет вторичное происхождение), более редкими цирконом и баритом. Рудные минералы включают ильменит, гематит, пирит, халькопирит. Ко вторичным минералам относятся хлорит и актинолит, замещающие роговую обманку, эпидот и серицит, развивающиеся по плагиоклазу, а также малахит. Породы катаклазированы по трещинам. В этих зонах отмечаются повышенные концентрации вторичных минералов.

Габбро, в котором был найден батисит, характеризуется повышенной щелочностью ( $K_2O+Na_2O$  — 5.19 %) при калиево-натриевом ее характере ( $Na_2O/K_2O$  — 2.04), умеренной глиноземистостью ( $al'$  — 0.84) и высоким содержанием титана. По особенностям химического состава породы сопоставимы с базитами повышенной щелочности, формирующимися в условиях существования мощной континентальной коры.

В породе отмечается высокое содержание бария, более чем в два раза превышающее кларковую концентрацию для основных пород, что, очевидно, привело к формированию собственных минералов бария — барита и батисита.

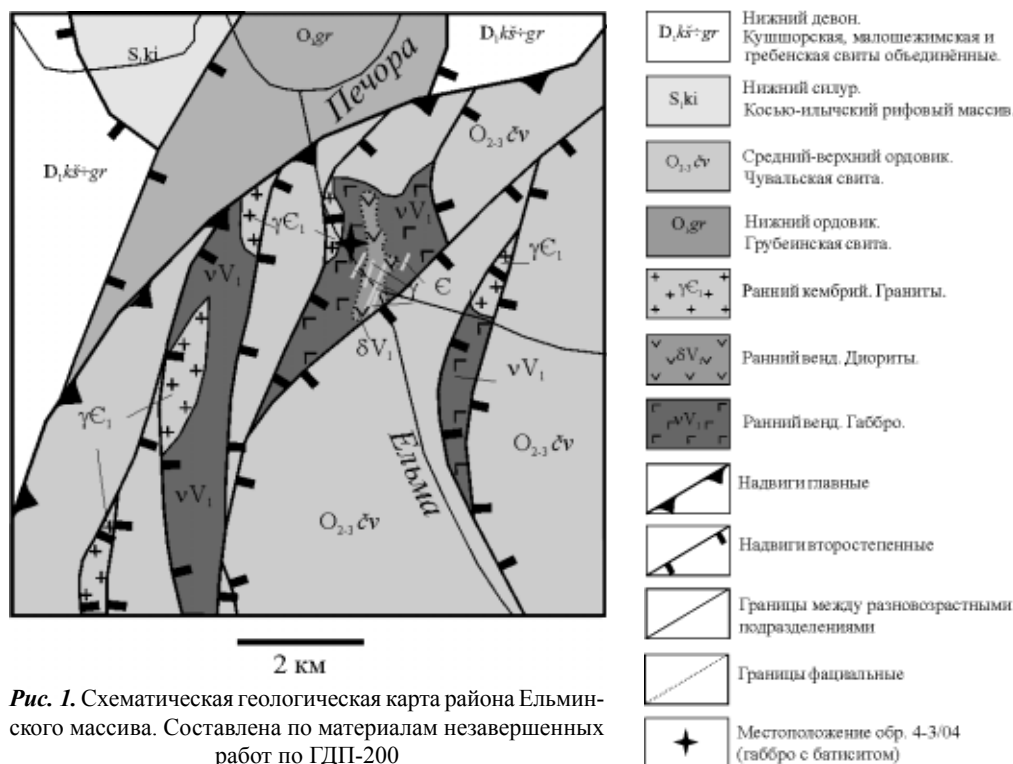


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района Ельминского массива. Составлена по материалам незавершенных работ по ГДП-200

**Химический состав габбро (обр. 4-3/04)**

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	Сумма	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	Ba	Sr
47.68	2.45	15.47	3.24	8.73	0.24	6.63	6.73	1.71	3.48	0.25	3.74	100.35	0.25	0.17	660	400

*Примечание.* Содержания породообразующих оксидов даны в мас. %, Ba и Sr — в г/т. Анализ произведен классическим химическим, Ba и Sr — количественным спектральным методами в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН.

**Характеристика батисита**

*Физические свойства*

Кристаллы плоскопризматические, удлинены по оси *c* и уплощены по (010). Характерны совершенная спайность по (100), (010) и (001) и отдельность по (110) [3]. На электронно-микроскопическом изображении (рис. 2) виден плоскопризматический кристалл с вертикальной штриховкой на грани призмы (110). Размеры выделенных кристаллов составляют 100—200 мкм. Цвет батисита красно-коричневый. Концентрируется он в неэлектромагнитной фракции совместно с титанитом.

*Структура*

Батисит — редкий силикат ромбической сингонии со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами. Является членом изоморфного ряда батисит Na<sub>2</sub>BaTi<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>]O<sub>2</sub>—щербаквит (K, Na, Ba)<sub>3</sub>(Ti, Nb)<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>]O<sub>2</sub>, в котором Ba замещается K и Na, а в структурную позицию Ti может входить Nb. Основой структуры батисита являются бесконечные метасиликатные цепочки типа [Si<sub>2+2</sub>O<sub>12</sub>]<sub>∞</sub>, параллельные оси *c* и связывающие колонки TiO<sub>6</sub>-октаэдров. В пустотах каркаса находятся Ba и Na [3].

Рентгенограмма обнаруженного нами батисита (в скобках — интенсивность): 3.36 (100), 3.21 (20), 2.76 (100), 2.63 (60), 2.12 (100), 1.865 (20), 1.763 (80), 1.585 (80), 1.541 (20), 1.468 (80), 1.394 (20), близ-

ка, но не идентична рентгенограмме 14-636, приведенной в ASTM.

*Химический состав*

Исследованный нами батисит характеризуется довольно высоким содержанием K, заметными концентрациями Fe, Mn, Ca, Sr (табл. 2). По составу он близок к батиситу, выявленному в Вестайфеле (Германия) [7]. Этот минерал был также обнаружен в Кимберли (Западная Австралия) [6] и в Мало-Мурунском щелочном массиве (Якутия) [4].

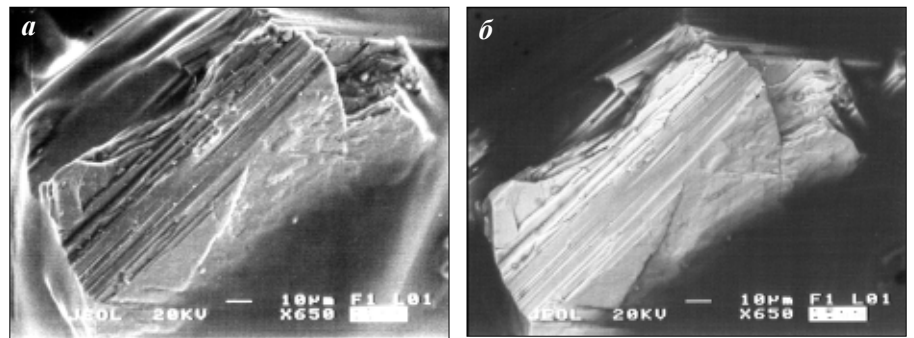
Батисит недостаточно изучен. Известно, что он может образовываться как при кристаллизации магмы, так и в постмагматических условиях. Для описания его состава приводятся различные формулы, например (Ba, K)·(K, Na)Na(Ti, Zr, Nb, Fe)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub> (WWW-MINCRYST, батисит [429]) для высокотемпературного магматического батисита из Вестайфеля [7]; K Na (Ba, Ca)-

Таблица 1 (Ti, Fe, Mn)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>(O, OH)<sub>2</sub> (WWW-MINCRYST, батисит [430]) для, вероятно, более низкотемпературного батисита из Мало-Мурунского массива, характеризующегося более высокой упорядоченностью в распределении атомов по позици-

ям [4].

Эмпирическая формула батисита из габбро Ельминского массива, рассчитанная по усредненным результатам трех электронно-зондовых анализов, выглядит так: K<sub>0.40</sub>Na<sub>1.11</sub>Ba<sub>0.85</sub>Ca<sub>0.09</sub>·Sr<sub>0.25</sub>Ti<sub>1.89</sub>Fe<sub>0.35</sub>Mn<sub>0.25</sub>Si<sub>3.74</sub>O<sub>12</sub>(O, OH)<sub>2</sub>. Его состав сравним с составом батисита из Мало-Мурунского массива: K<sub>1</sub>Na<sub>1.1</sub>Ba<sub>0.73</sub>Ca<sub>0.11</sub>Ti<sub>1.46</sub>Fe<sub>0.37</sub>Mn<sub>0.02</sub>·Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>(O, OH)<sub>2</sub> [4]. Можно предположить, что Sr, присутствующий в исследованном нами минерале, так же как и Ca, изоморфно замещает Ba.

Приведенный ниже для сравнения состав батисита из Инаглинского массива, где он был впервые обнаружен и описан, отличается более низким содержанием Fe, Mn, Ca, Sr и наличием примесей Zr и Nb, его эмпирическая формула: K<sub>0.34</sub>Na<sub>1.68</sub>Ba<sub>0.89</sub>Ca<sub>0.03</sub>Ti<sub>1.71</sub>Fe<sub>0.14</sub>·Mn<sub>0.01</sub>Al<sub>0.11</sub>Zr<sub>0.10</sub>Nb<sub>0.02</sub>Si<sub>4.02</sub>O<sub>12</sub>(O, OH)<sub>2</sub>.



**Рис. 2.** Электронно-микроскопические изображения батисита во вторичных (а) и упругорассеянных (б) электронах

**Химический состав батисита**

Таблица 2

N п/п	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SrO	BaO	ZrO <sub>2</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма
1	34.43	25.8	н/о	3.57	2.99	0.94	3.08	5.04	4.29	21.11	н/о	н/о	101.25
2	36.18	24.96	1.3	4.83	2.73	0.85	3.1	3.85	4.63	19.41	н/о	н/о	101.84
3	35.3	20.65	н/о	4.91	2.74	0.7	2.75	7.3	3.47	21.65	н/о	н/о	99.47
4	39	22	0.9	1.8	0.09	0.27	2.6	8.4	0.03	22	1.9	0.36	99.35
5	39.04	25.97	—	—	—	—	—	10.07	—	24.92	—	—	100

*Примечание.* 1—3 — анализы батисита из габбро Ельминского массива, выполненные на электронном микроскопе JSM-6400 с энергодисперсионным спектрометром фирмы “Link” в ИГ Коми НЦ УрО РАН, 4 — анализ батисита из Инаглинского массива [1], 5 — теоретический состав батисита [3]



### Обсуждение результатов

Впервые батисит (К-батисит) был найден в щелочно-ультраосновном Инаглинском массиве (Центральный Алдан) в эгирин-эккерманит-микроклиновых пегматитах, секущих дуниты, [1], в качестве акцессорного минерала он был обнаружен в шонкинитах этого же массива [2]. Позже этот минерал был выявлен и в других массивах Алданской провинции К-щелочных пород — Мало-Мурунском и Якутском. Его кристаллизация происходила на поздних стадиях кристаллизации массивов вместе с цирконо-силикатами, Ti-силикатами и водными щелочными силикатами [5]. В мас-

сивах Вестайфеля (Германия) батисит также был обнаружен в качестве акцессорного минерала щелочных пород [7].

Щелочные горные породы образуются в условиях мощной литосферы при небольшой степени частичного плавления неистощенного мантийного субстрата. Обнаружение батисита — акцессорного минерала, свойственного обычно щелочным породам, в умеренно-щелочных габбро Ельминского массива, входящего в состав доуральских образований, может свидетельствовать о существовании на рубеже раннего и позднего венда в данном месте глу-

бинной магматической активности в условиях мощной континентальной коры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко С. М., Власова Е. В. // ДАН СССР, 1959. Т. 128. № 5. С. 1046.
2. Кравченко С. М., Власова Е. В. // Тр. ИМГРЭ, 1963. Вып. 16. С. 141.
3. Минералы / Под ред. Ф. В. Чухрова. М.: Наука, 1972. Т. III. Вып. 1. 883 с.
4. Расцветаева Р. К., Пуцаровский Д. Ю., Конев А. А., Евсюнин В. Г. // Кристаллография, 1997. Т. 42. № 5. С. 837.
5. Mitchell R. H., Vladykin N. V. // Miner. Mag., 1993. V. 57. P. 651.
6. Prider R. T. // Miner. Mag., 1965. V. 34. № 268. P. 403.
7. Schmahl W. W., Tillmanns E. // Neues Jahr. Miner. Monatsh., 1987. V. 3. P. 107.



## КЛАРКИ ЛАНТАНОИДОВ В УГЛЯХ

Д. г.-м. н.  
Я. Э. Юдович  
yudovich@geo.komisc.ru

С. н. с.  
М. П. Кетрис

К. г.-м. н.  
И. В. Козырева

На прошедшую 20—22 сентября 11-ю Международную конференцию “Строение, геодинамика и минерагенические процессы в литосфере” был представлен доклад первых двух авторов под названием “Новые оценки кларков элементов-примесей в углях”. Актуальность этого исследования очевидна. Во-первых, средние содержания элементов-примесей в углях (“угольные кларки”) столь же важны для геохимии, как и любые другие кларки (земной коры, осадочных и магматических пород, живого вещества и т. д.). Во-вторых, давно установлено [9], что присутствие в углях гумусового органического вещества (ОВ) придает этой горной породе-биолиту на всех стадиях ее формирования свойства геохимического барьера, на котором могут концентрироваться десятки элементов-примесей. В итоге неорганическое вещество углей (НОВ) оказывается гетерогенной смесью минеральных и неминеральных веществ биогенной, хемогенной и кластогенной природы [12]. Между тем во всем мире отмечается мощная научная активность в области геохимии углей,

обусловленная как острейшими экологическими проблемами угольной промышленности и угольной энергетики [10, 12], так и неиссякающим интересом промышленности к углям как нетрадиционному ресурсу редких элементов [3] и, в частности, редкоземельных (РЗЭ) [4].

В указанном докладе была представлена и кратко прокомментирована таблица вычисленных М. П. Кетрис кларков 40 элементов-примесей в углях, но с оговоркой, что кларки лантаноидов (кроме La, Ce, Yb, а также их близкого аналога — Y) и элементов платиновой группы к моменту сдачи текста доклада в печать (25.05.2005) еще вычислены не были. Тем не менее работа по расчету кларков продолжалась и к моменту начала конференции была завершена. В частности, нам впервые удалось вычислить кларки остальных одиннадцати лантаноидов, из которых четыре относят к группе “легких” (LREE, с атомными массами от 141 до 152) — Pr, Nd, Sm, Eu, а прочие семь — к группе “тяжелых” (HREE, с атомными массами от 157 до 175) — Gd, Tb,

Dy, Ho, Er, Tm, Lu. Некоторым особенностям полученных цифр и посвящена настоящая заметка.

В таблице приведены результаты расчетов; мы не останавливаемся здесь на методике расчетов, которая была уже опубликована [1]. Кроме того, во избежание загромождения таблицы, в ней опущена информация об объемах выборок, по которым рассчитывались кларки.

Как и ранее [13], содержание элемента в г/т угля будем называть *угольным кларком*, а в г/т золы — *зольным кларком*. Зольный кларк используется для получения фундаментальной геохимической характеристики элемента — зольного КК (*кларка концентрации* — термин Вернадского), получаемого как частное от деления зольного кларка на кларк осадочных пород (для углей мира) или на геохимический фон данной угленосной толщи (для углей конкретного месторождения или бассейна). Зольные КК количественно выражают интенсивность действия угля как геохимического барьера [12]. Ранее величины зольных КК назывались