

быть внесены коррективы в эти представления: первичным цветом свежих образцов эггестонита, не содержащего примесей Вг и I, является желтый, а оранжевая окраска минерала может свидетельствовать о находке либо Вг-эггестонита, либо кадырэлита.

Образцы кадырэлита переданы на хранение и для экспозиции в Центральный Сибирский геологический музей Института геологии и геофизики СО АН СССР (Новосибирск) и Музей Горного института (Ленинград).

Автор искренне признателен Л. В. Усовой и Ю. Г. Лаврентьеву за содействие и помощь при определении состава нового минерала.

#### Литература

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г., Пальчик Н. А. Поярковит —  $\text{Hg}_3\text{ClO}$  — новый природный оксихлорид ртути. — ЗВМО, 1981, вып. 4, с. 501—506.

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г. Новые данные о составе эггестонита. — ДАН СССР, 1986, т. 287, № 4, с. 960—963.

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г. Бромистый эггестонит —  $\text{Hg}_4(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})_2\text{O}$  — новая, оранжевая разновидность природного оксихлорида ртути —  $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$ . — Геол. и геофиз., 1987, № 3, с. 117—121.

Вершкова О. В., Черникова Н. М., Власова Е. В., Валуева А. А., Степанов И. И. Новые данные об эггестоните. — ДАН СССР, 1979, т. 248, № 3, с. 715—718.

Ковалева Л. Т., Васильев В. И. Новые данные ИК-спектроскопического изучения эггестонита, шаховита и кузнецовита. — Геол. и геофиз. 1987, № 2, с. 113—116.

Mereiter K., Zemann J. Neubearbeitung des Quecksilberminerals Eglestonit: Kristallstruktur, chemische Zusammensetzung und Synthese. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., 1976, Н. 23, S. 105—115.

Powder Diffraction File, N 29—909. International Centre for Diffraction Data (JCPDS), 1982.

Институт геологии  
и геофизики (ИГиГ)  
СО АН СССР,  
Новосибирск.

Поступила в редакцию  
20 апреля 1987 г.

УДК 549.31

ЗВМО, № 6, 1987 г.

Д. члены Б. В. ЧЕСНОКОВ, В. О. ПОЛЯКОВ, А. Ф. БУШМАКИН

### БАЖЕНОВИТ $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ<sup>1</sup>

Новый минерал — водный полисульфид-тиосульфат-гидроксид кальция состава  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$  найден Б. В. Чесноковым летом 1984 г. в горелых породах отвала разреза «Коркинский» в Челябинском угольном бассейне на Ю. Урале. Основные сборы минерала сделаны Б. В. Чесноковым и С. В. Ефремовым там же осенью 1985 г. Он получил название баженовит (bazhenovite) в честь ветеранов Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина УНЦ АН СССР супругов Баженовых: Альфреда Георгиевича (р. 1931), петрографа и геохимика, и Людмилы Федоровны (р. 1938), химика-аналитика, выполнившей анализы ряда новых минералов (в том числе и баженовита).

Отвал разреза «Коркинский» был сложен горелыми породами — продуктами спонтанного обжига аргиллитов, глин, алевролитов, песчаников, сидеритов и других углевещающих пород. Материал отвала использовался как балласт для внутриразрезных и отвальных железнодорожных

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 20 апреля 1987 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 25 февраля 1987 г.

путей. В настоящее время от отвала осталась часть основания, сложенная кирпично-красными рыхлыми горелыми породами с прослоями буро-красного и темно-серого спекшегося и переплавленного материала. После экскавации отвальной массы осталось много глыб «негабарита», достигающих 1—3 м в поперечнике. В большинстве случаев они представлены

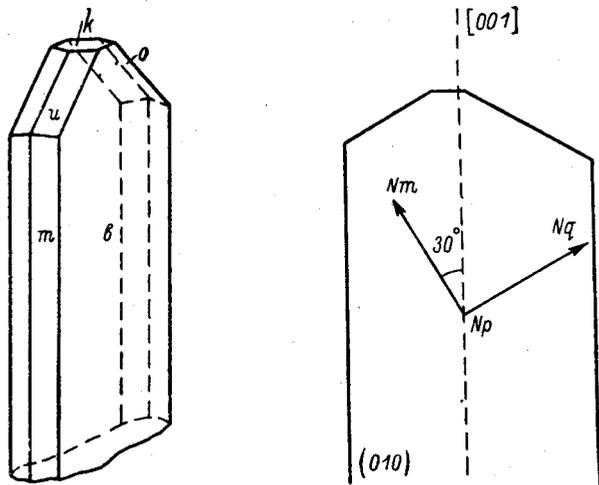


Рис. 1. Кристалл баженовита.

$b$  {010},  $m$  {110},  $u$  {011},  $o$  {111},  $k$  {101}.

Рис. 2. Оптическая ориентировка баженовита.

темно-серой мелкозернистой базальтоподобной породой с многочисленными светло-серыми включениями обожженных обломков бывших глинистых пород. Базальтоподобная порода образовалась из переплавленной полимиктовой мелочи (смесь обломков песчаных, глинистых, карбонатных и углистых пород) и сложена мелкозернистым агрегатом основного плагиоклаза, пироксена и оливина.

Крупные обломки глинистых пород не переплавились, а только обжигались и состоят из кордиерита и других высокотемпературных силикатов. Формирование таких пород происходило в участках наиболее интенсивного горения отвальной массы.

В базальтоподобной массе указанных глыб встречаются «черные желваки» размером до  $10 \times 20$  см, обычно несколько уплощенной формы. Они состоят из губчатого железа, моносульфидов железа типа пирротина и троилита, ольдгамита, серы, баженовита, флюорита, железистого периклаза и тонкодисперсной темной массы неизвестного состава.

Таблица 1  
Сферические координаты граней кристалла баженовита

Грань	$\varphi$	$\rho$
$b$ (010)	$0^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$
$m$ (110)	$64^{\circ}$	$90^{\circ}00'$
$u$ (011)	$50^{\circ}30'$	$36^{\circ}30'$
$o$ (111)	$-50^{\circ}$	$36^{\circ}$
$k$ (101)	$-90^{\circ}$	$0^{\circ}30'$

Примечание. Константы геометрические:  $a : b : c = 0,4757 : 1 : 0,4706$  ( $a_0 : b_0 : c_0 = 0,4837 : 1 : 0,4717$  — см. ниже).

При разбивании «черных желваков» чувствуется тяжелый «сероводородный» запах. «Черные желваки» — результат термического изменения пиритизированных кусков сидеритов (передки в негорелых отвалах), попавших в расплавленную базальтоподобную массу. Состав их свидетельствует, что такая «термическая обработка» шла в резко восстановительных условиях. Довольно часто вместе с желваками находятся куски и частицы шунгитоподобного вещества, возникшего из обломков каменного угля, захваченного расплавом.

Баженовит — обычная составная часть «черных желваков». Он образует в массе ольдгамита, железа, моносulfидов железа отдельные включения и небольшие скопления, а также кристаллы на стенках мелких полостей. Содержание баженовита в желваке обычно не превышает 1—2 об.%. Наибольшие выделения баженовита имеют до 1 см в поперечнике. Кристаллы удлиненно-пластинчатые, вытянутые по [001] (рис. 1), достигающие в этом направлении до 5 мм. Главной формой является {010}. Почти всегда кристаллы состоят из параллельно сросшихся индивидов, широко распространены двойники по {hk0}. Несколько кристаллов измерены при помощи столика Федорова и бинокулярной лупы (Чесноков, 1960). Ряд углов измерен на гониометре ZRG-3. Точность измерений невысокая из-за несовершенства кристаллов (см. выше) — (табл. 1).

Цвет баженовита оранжевый, до желтого. Черта светло-желтая. Блеск сильный стеклянный, приближающийся к жирному. Агрегаты параллельно сросшихся пластинок имеют перламутровый блеск. Тонкие кристаллы прозрачны, зерна просвечивают или тоже прозрачны. В ультрафиолетовых лучах (360 нм) не люминесцирует. Спайность по {010} (уплощение) очень хорошая, как у гипса. Излом неровный. Хрупок, но тонкие листочки проявляют гибкость. Твердость до Моосу 2. Плотность  $1.83 \pm \pm 0.01$  г/см<sup>3</sup> (уравновешивание в бромформе с ксилолом).

Перед паяльной трубкой не плавится (плавкость ~ 6), выделяет SO<sub>2</sub>, сильно светится белым цветом; после прокалывания белый. Смоченный HCl окрашивает пламя в красный цвет (Ca). В закрытой трубке выделяется обильные налеты воды и серы. В воде (особенно в горячей) разлагается с выделением серы; остаток белый и рыхлый. В HCl интенсивно разлагается с выделением серы и сероводорода; остаток белый и рыхлый. Кусочек баженовита, помещенный на фотоэмульсию и смоченный каплей H<sub>2</sub>O, дает черное пятно (S).

Оптические свойства баженовита определены в белом свете. Двуосный, положительный.  $N_g = 1.697 \pm 0.003$ ;  $N_m = 1.619 \pm 0.002$ ,  $N_p = 1.595 \pm \pm 0.002$ ,  $N_g - N_p = 0.102$ .  $N_p = [010]$ ,  $N_g = [100]$ ,  $cNm = 30^\circ$  (рис. 2).  $2V_{\text{выч}} = = 60^\circ 20'$ . Плеохроизм сильный:  $N_p$  — густой зелено-желтый,  $N_g$  — зеленовато-желтый,  $N_m$  — бледный зеленовато-желтый;  $N_p > N_g > N_m$ .

Химический анализ минерала выполнен Л. Ф. Баженовой в лаборатории Ильменского заповедника (табл. 2). Кальций определен из отдельной навески комплексометрическим методом. Для определения общей серы (S<sup>o</sup>) серу окисляли до сульфата, сплавляя навеску минерала с содой в присутствии окислителя (Пономарев, 1961, с. 327—328). Определение тиосульфатной (S<sup>+</sup>) и сульфидной серы (S<sup>u</sup>) проводилось следующим образом. Навеску минерала помещали в небольшую коническую колбу (с притертой пробкой) и приливали туда свежеприготовленную суспензию углекислого кадмия (0.5 г CdCO<sub>3</sub> + 15 мл H<sub>2</sub>O). Содержимое колбы систематически взбалтывали и оставляли на ночь. При взаимодействии с карбонатом кадмия полисульфид кальция давал CdS<sub>x</sub>, а ионы S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> переходили в раствор. На следующий день осадок отфильтровывали и определяли тиосульфатную серу иодометрическим методом (Schwarzenbach, Fischer, 1960; Уильямс, 1982, с. 504, 561, 595). В осадке сульфидная сера определялась также иодометрическим методом (Пономарев, 1961, с. 327—328). Полисульфидная сера (S<sup>u</sup>) определена как разность: S<sup>u</sup> = S<sup>o</sup> - (S<sup>+</sup> + S<sup>+</sup>) (табл. 2). Вода определена на дериватографе.

В целом результаты анализов хорошо соответствуют содержаниям компонентов, вычисленным по идеальной формуле синтетического соединения CaS<sub>5</sub>·CaS<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6Ca(OH)<sub>2</sub>·20H<sub>2</sub>O (Lutz e. a., 1969) — (табл. 2 — содержание Ca, S<sup>o</sup>, S<sup>+</sup> и H<sub>2</sub>O). Повышенное содержание сульфидной серы и заниженное полисульфидной объясняются переходом части S<sup>u</sup> в S<sup>o</sup> в растворе при анализе. Часть полисульфидной серы могла перейти в тиосульфатную при изменении минерала на воздухе. Такие процессы для полисульфидов характерны (Химический . . ., 1983, с. 364).

Химический состав баженовита и синтетического  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ 

Компонент	Мас. %				Пересчет 3 на Ca = 8,00
	1	2	3	4	
Ca	28.12	—	27.58	27.70	8.00
S <sup>о</sup>	19.56	—	19.56	19.39	7.10
S <sup>с</sup>	6.11	13.40	6.11	2.77	2.22
S <sup>п</sup>	7.25	—	7.25	11.08	2.63
S <sup>т</sup>	6.20	—	6.20	5.54	2.25
Fe	1.34	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>о</sup>	—	41.90	40.66	40.47	—
H <sub>2</sub> O <sup>г</sup>	—	10.20	9.46	9.33	12.20
H <sub>2</sub> O <sup>к</sup>	—	31.70	31.20	31.13	20.14
Кислород	—	—	12.20	12.44	—
Сумма	—	—	100.00	100.00	—

Примечание. 1 — химический анализ баженовита (обр. 0107-48); 2 — термографический анализ (ТГ) для того же образца; 3 — скорректированные данные для 1 и 2 (см. текст); 4 — рассчитано по идеальной формуле  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{N}_2\text{O}$  (Lutz e. a., 1969). Обозначения при S: о — общая, с — сульфидная, п — полисульфидная, т — тиосульфатная. Обозначения при H<sub>2</sub>O: о — общая, г — гидроксильная, к — кристаллизационная. Кислород определен по разности от суммы 100 %.

Данные анализов были скорректированы с учетом примесей в пробе (табл. 2, 3). Железо отброшено, поскольку оно связано с примесью мелких частиц самородного железа. В баженовите если железо и присутствует,

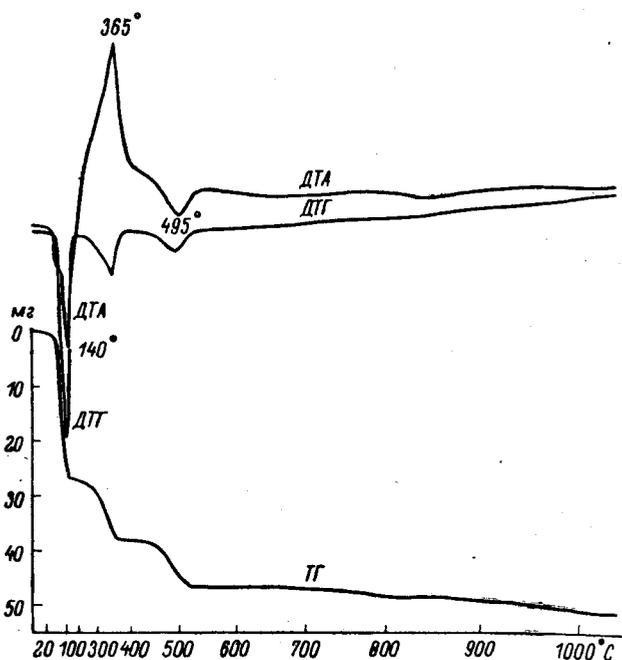
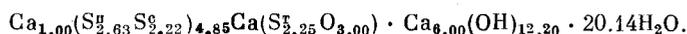


Рис. 3. Дериватограмма баженовита.

Проба 0107-48, Навеска 83 мг.

то в очень незначительном количестве, поскольку после прокаливания он становится белым (на белом фоне частиц видны редкие мелкие буро-черные вкрапления окислов железа, образовавшихся при окислении самородного железа). Учтена также примесь 1 % адсорбированной воды и 1 % порландита (продукт частичного гидролиза материала пробы).

Пересчет анализа при условии  $\text{Ca}=8.00$  приводит к следующей эмпирической формуле баженовита:



Идеализированная формула  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$  соответствует химической формуле синтетического ромбического аналога (Lutz e. a., 1969).

Дериватограмма баженовита (рис. 3) получена на дериватографе системы Паулик и Эрдеи в лаборатории Ильменского заповедника аналитиком Т. С. Корниловой. На ней имеется ряд характерных эффектов: глубокий эндотермический с максимумом  $140^\circ\text{C}$  — выделение кристаллизационной воды (31.7 мас. %); резкий экзотермический с максимумом  $365^\circ\text{C}$  — потеря полисульфидной и сульфидной серы (13.4 %); эндотермический с максимумом  $495^\circ\text{C}$  — потеря гидроксильной воды (10.2 %). При дальнейшем нагревании проба теряет еще 4.8 % (часть тиосульфатной серы?). Дифрактограмма свежего продукта прокаливания пробы до  $1000^\circ\text{C}$  указывает наличие  $\text{CaO}$  (известь) с незначительной примесью  $\text{CaSO}_4$  (ангидрит). Таким образом, термический анализ подтверждает кристаллохимическую природу баженовита, выраженную приведенной выше идеальной формулой.

В ИК спектре баженовита, полученном в лаборатории Ильменского заповедника на приборе «Specord-71», имеется ряд полос поглощения ( $\text{см}^{-1}$ ), характерных для синтетического соединения  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$  (Lutz e. a., 1969):  $810$  ( $\nu\text{H}_2\text{O}$ ),  $1100$  ( $\nu\text{SO}$  в  $\text{S}_2\text{O}_3$ ),  $1630$  ( $\delta$   $\text{H}_2\text{O}$ ),  $3300$  ( $\nu\text{OH}$ ).

Рентгеноструктурное изучение баженовита выполнено В. О. Поляковым в лаборатории Ильменского заповедника на камерах РКВ-86 и КФОР-5 и А. Ф. Бушмакиным в лаборатории кафедры минералогии и петрографии Свердловского горного института (порошкограмма, табл. 3). Сингония баженовита моноклиная, пространственная группа  $P2_1/c$ .  $a_0=8.45$  (1),  $b_0=17.47$  (1),  $c_0=8.24$  (1)Å,  $\beta=119.5^\circ$ ,  $V=1053$ ,  $44\text{Å}^3$ ,  $Z=1$ . Плотность, вычисленная с использованием эмпирической формулы ( $M=1170.48$ ), равна  $1.845$  г/см<sup>3</sup>. С учетом замечаний, данных выше к результатам химического анализа, предпочтительнее взять плотность, вычисленную с использованием идеальной формулы ( $M=1157.4$ ). В этом случае  $\rho_{\text{выч}}=1.824$  г/см<sup>3</sup>, что находится в хорошем согласии с измеренной плотностью ( $1.83$  г/см<sup>3</sup>, см. выше). Порошкограмма баженовита сходна с порошкограммой синтетического  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$  (Lutz e. a., 1969; ASTM, № 22-154) — (табл. 3).

Кристаллическая структура баженовита, по-видимому, слоистая. Слои  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  («портландитовые») лежат параллельно  $\{010\}$ . Параллельно  $\{010\}$  лежат слои «полисульфидной части» и  $\text{H}_2\text{O}$ . Отражением этого является очень хорошая спайность баженовита по  $\{010\}$ , псевдогексагональность облика кристаллов (в плоскости  $\{010\}$ ), ориентировка оптической индикатрисы ( $N_g$  и  $N_m$  лежат в плоскости слоев), значение угла  $\beta \sim 120^\circ$ .

По химическому составу и свойствам баженовит является моноклинным аналогом синтетического ромбического соединения  $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$  (Lutz e. a., 1969). По кристаллохимической природе баженовит — типичное гибридное соединение. Его образование обусловлено реакциями в практически замкнутой системе («черный желвак» в остывающей базальтоподобной породе) с избытком серы.

На открытом воздухе, особенно при повышенной влажности, баженовит медленно гидролизуется. Яркий оранжевый цвет баженовита постепенно сменяется желтым, а потом кристаллы становятся практически бесцветными, со слабым голубоватым оттенком, сохраняя прозрачность. На таких псевдоморфозах нередко отлагаются рыхлые агрегаты землистой серы; подобные агрегаты серы находятся и поблизости измененных скопленений баженовита.