

МИНЕРАЛОГИЯ

Л. М. КНЯЗЕВА

ВИВИАНИТ В ДОННЫХ ИЛАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 20 V 1954)

В современных осадках вивианит встречается главным образом в отложениях болот, в озерных же илах мало известен (^{1, 2, 6}). Однако в донных отложениях Байкала он развит широко, что, повидимому, связано с реакцией среды, меняющейся от кислой до нейтральной (рН илов меняется от 6 до 7), и отсутствием в илах карбонатов Са и Mg. Байкальский вивианит встречается в восстановительной зоне осадка уже непосредственно под окислительной пленкой и почти исключительно в тонкозернистых осадках (тонкие алевритовые илы, глинистые илы, тонкие алевритово-диатомовые илы, глинисто-диатомовые илы) *, распространенных в средней части озера. Вивианит образует мельчайшие кристаллические выделения, невидимые простым глазом, и крупные макрокристаллы и их сростки размерами до 1,5 см.

Вивианит, видимый при микроскопическом исследовании пород, представляет собой удлиненные пластинчатые кристаллы, размерами до $15,9 \times 230$ μ часто группирующиеся в агрегаты звездчатой или неправильной формы (рис. 1, I, II на вклейке). Окраска кристаллов — светло-желтовато-буроватая с зеленоватым оттенком. Совместно с этими кристаллами вивианита в шлифе видны темнобурые включения лимонита и органического вещества.

Выделения вивианита, видимые простым глазом, имеют довольно разнообразную форму. Выделяются четыре основных типа.

1. Мелкие точечные или пластинчатые вкрапления, или мелкие комочки, размерами от долей до нескольких миллиметров. В сыром осадке эти включения не видны, так как они маскируются серым фоном ила. При высушивании его они приобретают синий цвет, что связано с окислением вивианита. Иногда эти мелкие вкрапления группируются в виде тонких линзовидных прослоечков мощностью до нескольких миллиметров (рис. 1, III, IV). Выделения вивианита обычно приурочены к светложелтым, буроватым и оранжевым прослоям и вкраплениям. В шлифах комкообразные скопления вивианита представляют собою агрегаты очень мелких ($12,6 \times 200$ μ) кристаллов с примесью темных включений окислов железа. Последние образуют облаковидные сгустки и агрегаты и облекают в виде налетов кристаллики вивианита. В неполяризованном свете вивианит имеет светложелтовато-зеленоватую, а местами буроватую окраску; последняя свойственна окисленному (разложенному) зернам вивианита. Высшая интерференционная окраска вивианита в шлифе — оранжевая второго порядка. Вивианит плеохроирует; по N_g окраска синяя, по N_p — бледнобуровато-желтая.

2. Стяжения вивианита напоминают мелкие обломки коры, древесные веточки и фекалии. Стяжения такого рода были встречены в глинистых осадках южного и среднего Байкала на глубинах от 285 до 1470 м,

* Диатомовые илы содержат аутигенный SiO_2 (створки панцирей диатомовых водорослей и спиккулы губок) больше 10%.

вблизи ожелезненных прослоев. Веточки прямые или изогнутые, иногда несут своеобразные наросты и на своих концах или наростах имеют мелкие углубления (рис. 1, V, VI). Стяжения эти имеют в свежем виде серовато-синюю окраску. Размеры их колеблются в пределах от нескольких миллиметров до $2 \times 0,6$ см. Стяжения эти в большинстве случаев очень хрупки и легко растираются между пальцами в порошок. Под микроскопом в шлифах видно, что они состоят из агрегатов мелких ($17,6 \times 264 \mu$) кристаллов вивианита, располагающихся беспорядочно и окрашенных в светложелтовато-бурый цвет с зеленоватым оттенком и темнобурый, обусловленный окислением вивианита, с выделением бурых окислов железа.

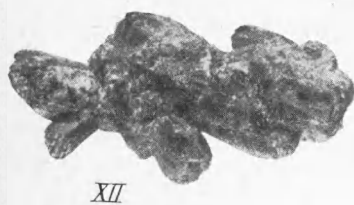
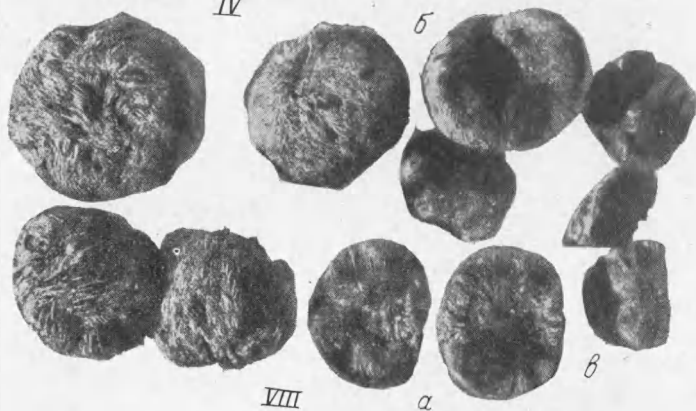
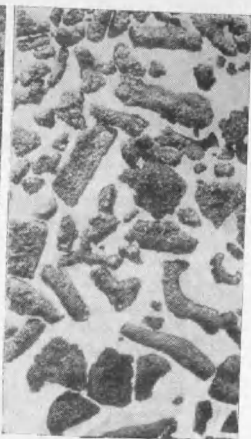
3. Шаровидные стяжения или почковидные сростки кристаллов вивианита с бугорчатой или ребристой поверхностью, обладающие своеобразным ежикоподобным обликом*. На поверхности сростков встречаются единичные мелкие зерна полевых шпатов или кварца. Диаметр этих сростков в пределах от нескольких миллиметров до 0,8 см (рис. 1, VIII). Стяжения такого рода были найдены в среднем Байкале вдоль его берегов, в сильно опесчаненном глинистом илу с многочисленными буровато-оранжевыми прослоечками и пятнами на глубинах 205—500 м и на уровнях 50—80 см. Стяжения обладают зеленовато-синим цветом и состоят из сростков листоватых или пластинчатых кристаллов вивианита. На расколе можно наблюдать, что сростки располагаются обычно вокруг центральной полости, которая иногда заполнена тонкими шестоватыми прозрачными кристаллами вивианита (рис. 1, VIII, а, б); иногда центральная пустота отсутствует (рис. 1, VIII в).

В шлифах под микроскопом видно, что эти стяжения состоят из сноповидных агрегатов пластинчатых кристаллов вивианита. Между пластинками вивианита иногда встречаются удлиненные угловатые обломки полевых шпатов. При одном никеле вивианит имеет буровато-желтый цвет, на отдельных участках с зеленоватым оттенком, и бурый — за счет окисления вивианита. В пределах светлых участков вивианит плеохроирует: по N_g окраска бледнооливково-зеленая, по N_p — буровато-желтая.

4. Призматические кристаллы вивианита размером до 0,7 см и их сростки, величина которых доходит до 1,5 см (рис. 1, IX—XII). Сростки такого характера были найдены в среднем Байкале, в области подводного Академического хребта в голубовато-сером глинистом илу, переполненном микроскопическими выделениями вивианита, на глубине 395 м и на уровне 20—30 см от поверхности осадка. В глинистом илу около кристаллов вивианита имелись небольшие плотные корочки буро-оранжевого цвета. Расположение кристаллов в сростках беспорядочное,

Рис. 1. I — звездчатые и неправильные агрегаты кристаллов вивианита в глинистом диатомовом илу; ник. $\perp$, $\times 46$; II — неправильные агрегаты кристаллов вивианита в глинистом диатомовом илу; ник. $\perp$, $\times 40$; III — линзовидное скопление вивианита в тонко-алевритовом диатомовом илу; $\times 2$; IV — комочкообразные стяжения вивианита; $\times 12$; V — стяжения вивианита в виде обломков древесных веточек и древесной коры; $\times 4$; VI — стяжения вивианита, напоминающие фекалии; $\times 4$; VII — шаровидные стяжения вивианита из третичных бурых углей из Веккесгейм близ Наугейм; $\times 2$; VIII — шаровидные (ежикоподобные) сростки вивианита; $\times 4$; а — шаровидный сросток вивианита на расколе, центральная полость заполнена тонкими шестоватыми кристаллами вивианита; б — то же, но в центре видна пустота; в — то же, но пустота в центре отсутствует; IX — призматические кристаллы вивианита; $\times 3$; X — сростки призматических кристаллов вивианита; $\times 3$; XI — веерообразный сросток призматических кристаллов вивианита; $\times 8$; XII — сросток призматических кристаллов вивианита; $\times 2$

* Эти сростки очень похожи на стяжения вивианита из третичных бурых углей из Веккесгейм (4) (рис. 1, VII).



Данные спектрального анализа вивианита

Морфологич. разновидности вивианита	Be	P	Cu	Co	Ni	V	Na	Ca	Al	Mg	Mn	Fe	Ti	Si
Комочковидные сростки микрокристаллов	—	5	—	—	—	—	—	4	5	4	4	5	—	6
Веточкоподобные сростки микрокристаллов	—	5	—	2	—	1	—	2	4	4	4	7	—	5
	—	7	—	—	—	—	—	3	4	4	6	7	—	6
Шарообразные (почковидные) сростки микрокристаллов .	—	7	—	4	2	2	—	4	7	7	7	8	4	7
	1	6	1	—	1	—	2	4	6	5	5	7	—	5
Шарообразные (ежикоподобные) сростки пластинчатых кристаллов	—	8	2	4	—	2	—	5	7	7	7	8	4	7
Призматические кристаллы и их сростки	—	6	—	—	—	—	—	4	5	4	6	7	—	5

Условные обозначения: 1 — ничтожные следы, 2 — следы, 3 — очень слабо, 4 — слабо, 5 — средние, 6 — выше среднего, 7 — сильно, 8 — очень сильно.

радиально-лучистое, веерообразное и щеткообразное. Окраска кристаллов синяя, а в тонких пластинках, отколотых параллельно плоскости спайности, бесцветная. В шлифах под микроскопом видны сростки шестоватых кристаллов, по своим оптическим свойствам ничем не отличающихся от описанных выше. По определению Э. М. Куплетской, кристаллы вивианита и их грани несовершенные. Грани имеют многочисленные углубления.

Для более полной характеристики вивианита на некоторых образцах его из 2, 3 и 4 типа были проведены дополнительные исследования. Удельный вес вивианита, определенный в тяжелых жидкостях, равен приблизительно 2,663. Результаты полного химического анализа порошкового вивианита из района Мурьинской банки оказались следующие (в %): SiO_2 1,05; Fe_2O_3 16,68; FeO 27,11; Al_2O_3 0,10; TiO_2 следы; P_2O_5 27,25; CaO 0,26; MgO 0,27; Na_2O 0,02; K_2O 0,11; MnO 0,16; H_2O 27,86.

По классификации С. П. Попова (^{7, 8}), этот вивианит можно отнести к β -керчениту ($5\text{RO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$).

Исследование байкальского вивианита иммерсионным методом показало, что он по своим оптическим свойствам совершенно однороден. Показатели преломления по $N_o \simeq 1,633$, по $N \sim 1,590$. Погасание косое. Углы 27—28°. Содержание фосфора в различных морфологических типах вивианита следующее (в %): 2-й морфологический тип 9,07; 9,60; 3-й тип 9,56; 4-й тип 9,44.

По спектральным определениям (табл. 1) в вивианите содержится более всего Ca, Al, Mg, Mn, Fe и Si. Остальные элементы (Be, Cu, Co, Ni, V, Na, Ti (ср. (⁵))) — встречаются не во всех образцах и в ничтожных количествах.

Рентгеноскопическое исследование вивианита производилось в рентгеноскопической лаборатории при отделе петрографии осадочных пород Института геологических наук СССР. Результаты исследования приводятся в табл. 2 (ср. (³)).

По происхождению байкальский вивианит относится к раннедиагенетическим образованиям. Он образуется в восстановительной зоне за счет

фосфора, увлеченного в осадок в адсорбированной форме окислами железа, чем и объясняется приуроченность его выделения к ожелезненным участкам осадка — светложелтоватым, буроватым и оранжевым прослоям и включениям. В образовании вивианита принимает участие также и фосфор, непосредственно выделяющийся при разложении погребенных в илу органических остатков. В микровыделениях вивианита под микроскопом хорошо видны сгусткообразные скопления органического вещества. Эти скопления, повидимому, и послужили центрами, вокруг которых происходила концентрация вивианита.

Таблица 2

Результаты рентгеноскопического анализа вивианита

Призматич. кристаллы и их сростки		Шарообразные (ежикоподоб- ные) сростки пластинч. кристаллов		Призматич. кристаллы и их сростки		Шарообразные (ежикоподоб- ные) сростки пластинч. кристаллов	
интенс.	d_{hkl}	интенс.	d_{hkl}	интенс.	d_{hkl}	интенс.	d_{hkl}
ср.	11,54	ср.	11,54	сл.	1,92	сл.	2,04
сл.	4,97	сл.	4,84	"	1,79	"	1,90
"	3,93	"	3,96	"	1,68	"	1,84
ср.	3,21	оч. сл.	3,30	"	1,59	"	1,74
"	2,96	ср.	3,12	"	1,378	"	1,66
"	2,70	"	2,93	"	1,34	"	1,56
"	2,53	"	2,67	—	—	оч. сл.	1,42
сл.	2,43	сл.	2,48	—	—	" "	1,36
"	2,32	"	2,39	—	—	сл.	1,33
"	2,18	"	2,28	—	—	оч. сл.	1,24
"	2,07	"	2,17	—	—	" "	1,2

Таким образом, климатические условия и слабое развитие карбонатных пород в пределах водосборного бассейна оз. Байкал обусловили отсутствие карбонатов кальция и магния в его осадках и привели к образованию не характерного для озер диагенетического минерала — вивианита.

Поступило
4 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. С. Андрианов, А. И. Смирнов, ДАН, 16, № 1 (1937). ² Г. И. Бушинский, Бюл. МОИП, отд. геол., 21, № 3 (1946). ³ М. М. Быков, Тр. Воронежск. инж.-строит. инст., Сборн. 3, 1951. ⁴ Р. Браунс, Царство минералов, СПб, 1906. ⁵ Л. М. Миропольский, С. А. Боровик, ДАН, 39, № 9 (1943). ⁶ А. Н. Орлов, Тр. Науч.-исслед. инст. по удобр., в. 146 (1939). ⁷ С. П. Попов, Тр. Геол. музея, 4 (1911). ⁸ С. П. Попов, Минералогия Крыма, Изд. АН СССР, 1938.