

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

Выпуск 2

Редакторы: акад. Д. С. Белянкин и д-р геол.-мин. наук Г. П. Барсанов

А. Н. ЛАБУНЦОВ

КОЛЛОИДНЫЕ МИНЕРАЛЫ ИЗ СЕВЕРНОГО КАРА-ТАУ

Северная часть хребта Кара-Тау сложена протерозойскими с лежащими на них кембрийскими метаморфизованными породами. В последних известны своеобразные пачки кремнистых сланцев, многократно переслаивающиеся с углисто-глинистыми сланцами и фосфоритами. Пачки эти залегают в виде синклиналей, верхние части крыльев которых срезаны эрозией так, что имеют почти вертикальное падение. Благодаря большой устойчивости кремнистых сланцев, выходы пачек на поверхности несколько выдаются и хорошо прослеживаются в северо-северо-западном направлении.

Кремнистые сланцы представлены плотной серой породой, которая в контакте с углисто-глинистыми сланцами становится ячеистой и дает в углистые сланцы сеть прожилков, сложенных жилковатым кварцем; строение этих кварцевых прожилков похоже на жилковатый гипс. С фосфоритами кремнистые сланцы имеют более или менее резкий контакт.

Углисто-глинистые сланцы — черного цвета, в большинстве случаев хорошо раскалываются по сланцеватости, состоят в большей части из углисто-битуминозного вещества с небольшой примесью глинистого вещества и некоторых минералов (см. ниже). Углистое вещество в контакте с кремнистыми сланцами заполняет их ячеистые и сетчатые образования, а сами углистые сланцы пронизаны сетью кварцевых прожилков из жилковатого кварца. С фосфоритами углистые сланцы имеют более резкий контакт.

Фосфориты представляют собою породу сероватого цвета, то плотного, то более землистого строения. С кремнистыми и с углистыми сланцами имеют более или менее резкий контакт.

Первичная минерализация вышеуказанных пород проявлена в разной степени. В то время как кремнистые сланцы и фосфориты не содержат почти никаких минералов, за исключением редких тонких прослоечек пирита, углисто-глинистые сланцы довольно богато минерализованы; в них находятся следующие минералы.

Роскоэлит — ванадиевая слюдка, образующая: 1) зеленовато-серые пластиночки площадью в несколько квадратных миллиметров, которые рассеяны по сланцеватости породы, и 2) более мелкий чешуйчатый роскоэлит, окаймляющий кварцевые прожилки из жилковатого кварца. Кремнистые сланцы ячеистого строения (см. выше) из верхних частей пачек, подвергшиеся выветриванию, обычно уже не содержат в ячейках углистого вещества, но мелкий роскоэлит на стенках ячеек и переборках кварца сохраняется и, повидимому, дополнительно нарастает.

Патронит (VS_4) — аморфное черного цвета вещество, дисперсно рассеянное в углистом сланце; повидимому, находится в смеси с богатым серой битумом — кискенитом.

Пирит и халькопирит; встречаются в виде мельчайших рассеянных включений в наиболее плотных прослоях сланца.

Гематит — мелкопластинчатый; редок.

Барит — в виде тонких пластинок, чаще белого и реже буроватого цвета; встречается по сланцеватости породы.

Образование вторичных минералов связано с циркуляцией и воздействием главным образом нисходящих поверхностных вод и приурочено как к межпластовым трещинам и более редким линзовидным пустотам, так и к трещинам по сланцеватости пород и по поперечным разломам.

Среди вторичных минералов наиболее распространены комплексные коллоидные образования водных сульфато-фосфатов алюминия и железа, с преобладанием то фосфатного, то сульфатного компонента. Ими большей частью заполнены как наиболее крупные линзовидные и межпластовые трещины, так и большинство других более мелких трещин. Остальные вторичные минералы встречаются или совместно с коллоидными образованиями или отдельно, но имеют совершенно подчиненное значение; таковыми минералами являются: лимонит, каолин, хризоколла, гипс, ярозит; карбонаты — кальцит, азурит, малахит и др.

Коллоидные образования морфологически различаются: по цвету, просвечиваемости, блеску, излому, а также по твердости, хрупкости и поглонительной способности; однако следует отметить, что нередко в одном и том же выделении они сильно меняют свой цвет и другие свойства, образуя постепенные переходы. Поэтому диагностика их по наружным признакам весьма затруднительна.

Удалось выделить 10 разных видов коллоидных веществ, которые и были подвергнуты изучению.

Табл. 1, содержащая химические анализы каратауских коллоидов, дает представление об их химической природе.

Анализы с № 1 по № 9 выполнены В. С. Салтыковой на материале автора, за исключением № 6, который сделан на материале Н. А. Козлова; анализ № 10 выполнен Н. В. Воронковой.

Для первых девяти анализированных коллоидов Г. В. Шмаковой в Лаборатории экспериментальной петрографии сделаны термографические кривые нагревания, дающие представление об эндотермических остановках и характере выделения воды.

Под микроскопом все образцы оказались изотропными. Определенные для них показатели преломления помещены в табл. 3; для некоторых из коллоидов, ввиду колебания показателя преломления, что связано, повидимому, с некоторым небольшим изменением состава, приведены две цифры показателей, дающие в общем незначительные колебания.

Чтобы подойти к вопросу о минералогическом составе наших комплексных сульфато-фосфатов, были взяты из справочников близкие по составу, свойствам и условиям образования коллоидные минералы из групп водных сульфатов и фосфатов, химический состав которых приведен в табл. 2. По составу этих минералов и были пересчитаны на условные компоненты химические анализы наших коллоидов (табл. 3). Пересчет производился в определенной последовательности: в первую очередь по CaO на коллофан, затем по V_2O_5 на минасрагрит; далее вычислялись и комбинировались алюмоферрисульфатные и фосфатные компоненты; по SiO_2 и остатку Al_2O_3 выводилось содержание аллофана и в случае остатка SiO_2 она относилась к опалу.

Таблица 1

Таблица анализов минералов из месторождения Кара-Тау
(содержание в %)

	Обр. № 1. Зеленоватый стекловидный	Обр. № 2. Желтоватый стекловидный	Обр. № 3. Белый, опаловидный	Обр. № 4. Прозрачный стекловидный	Обр. № 5. Светлобурый матовый	Обр. № 6. Темнокоричневый раковистый	Обр. № 7. Светлокоричневый матовый	Обр. № 8. Светлокоричневый раковистый	Обр. № 9. Темнокоричневый стекловидный	Обр. № 10. Темнобурокрасный
$H_2O^{150^\circ}$ (пот. при прок.)	39.57	39.04	39.41	39.20	32.43	36.44	20.51	38.10	36.00	34.60
SiO_2	6.25	5.59	6.13	24.50	3.20	0.18	4.01	6.51	9.20	5.65
Al_2O_3	37.83	37.82	33.05	26.79	23.81	21.55	34.86	30.65	28.90	19.26
Fe_2O_3	Следы	Следы	Следы	Следы	12.94	30.12	8.84	7.81	6.70	22.96
V_2O_5	1.30	1.30	1.30	1.40	0.30	0.25	1.22	1.50	1.30	1.07
CaO	0.97	1.39	1.50	0.60	2.00	—	6.10	1.24	1.01	1.75
MgO	Незначительное количество	Незначительное количество	Незначительное количество	0.18	Следы	Следы	Следы	0.72	0.31	0.66
SO_3	2.15	3.11	2.09	1.00	7.77	11.28	11.23	1.40	2.30	3.08
P_2O_5	12.19	11.98	16.73	6.79	17.53	Незначительное количество	12.80	11.8	14.90	11.25
Сумма	100.26	100.23	100.21	100.46	99.98	99.82	99.57	99.73	100.62	100.28

Таблица 2

Теоретический состав минералов
(компонентов в %)

Минералы	О к и с л ы								Формулы
	CaO	V ₂ O ₅	SO ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	H ₂ O	
Коллофан	51.2			43.3				5.5	Ca ₃ P ₂ O ₈ ·H ₂ O (иногда CaCO ₃)
Минасра-грит		24.6	33.2					42.2	V ₂ O ₄ ·3SO ₃ ·16H ₂ O
Алуминит			23.5		29.4			47.1	Al ₂ (OH) ₄ SO ₄ ·7H ₂ O
Писсофан			11.8		6.8—12	38—42		40.0	2 ² / ₃ Fe ₂ O ₃ ·SO ₃ ·12H ₂ O
Диадохит			14.4	17.0		38.4		30.2	2Fe ₂ O ₃ ·2SO ₃ ·P ₂ O ₅ ·12H ₂ O
Эвансит				18.6	40.0 (до 6)			41.4	Al ₂ P ₂ O ₈ ·2Al ₂ (OH) ₆ ·6H ₂ O
Дельвоксит				18.6 (до 8)	42.0			39.4	Fe ₂ P ₂ O ₈ ·Fe ₂ (OH) ₆ ·9H ₂ O
Аллофан					40.0				Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ ·nH ₂ O
Опал							21—30 80—90	36—30 20—10	SiO ₂ ·nH ₂ O

Наибольшие трудности в пересчете представлял анализ № 7, где возможно несколько комбинаций в составе минеральных компонентов, при которых все же остаются небольшие остатки SO₃ или P₂O₅ и Al₂O₃ или Fe₂O₃.

На основании всего изложенного выше для изучавшихся коллоидных образований может быть дана нижеследующая характеристика.

ОПИСАНИЕ КОЛЛОИДОВ

№ 1 и 2. Стекловидное, хорошо просвечивающее коллоидное вещество представляло одно линзовидное выделение между кремнистым сланцем и фосфоритом. Вследствие различия в цвете зеленоватого в центральной части и желтоватого в краевых частях, для исследования были взяты отдельно за № 1 зеленоватое и за № 2 желтоватое вещество. Твердость около 2.5; очень хрупко. Химические анализы и пересчет на минеральные компоненты показывают, что этот коллоид в основном является смесью — около ²/₃ эвансита и ¹/₃ аллофана, с чем хорошо согласуются свойства вещества, показатели преломления, а также плавный ход выделения воды на кривой нагревания с эндотермическим максимумом 200—210°.

№ 3. Вещество залегало в фосфорите, вблизи от прослоя кремнистого сланца; при добыче оно было стекловидным и хорошо просвечивало, но через несколько часов после добычи куски его постепенно растрескались и помутнели от потери влаги; через несколько дней вещество целиком стало белым опаловидным, с едва заметным зеленоватым оттенком. Твердость его около 3.0; хрупко; необычайно сильно поглощает влагу и липнет к языку так, что с трудом отрывается. Как видно из анализа и пересчета на минеральные компоненты, оно более чем на 80% является эванситом; после пересчета на эвансит осталась SiO₂, которая отнесена к опалу. Показатель преломления 1.480 близок к эванситу. Кривая нагревания имеет плавный ход с эндотермическим максимумом около 200°.

Таблица 3

Пересчет минералов на процентное содержание компонентов

Название	Коллофанит	Минасрагрит	Алуминит	Писсофан	Диадохит	Эвансит	Дельвоксит	Аллофан	Опал	
Формула	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_4 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$2^{2/3}\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{Al}_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{Fe}_2(\text{OH})_6 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	
N	1.630	1.518 — 1.530	1.46 — 1.47	1.604	1.610	1.485	1.716	1.47 — 1.48	1.42 — 1.46	N
№ образца										
1	1.7	5.3	2.1			61.4		29.5		1.478
2	2.5	5.3	5.7			60.2		26.3		1.479
3	2.7	5.3	2.0			82.0			8.0	1.480
4	1.4	3.6	—			34.0		44.5	15.5	1.448
5	3.7	1.3	10.5		30.5	46.0		8.0		{1.552 1.556
6	—	1.0		98.0				1.0		{1.571 1.582
6a	12.0	5.0	27.0	20.0		23.0		13.0		{1.583 1.589
7	4.0	6.0				38.0	18.0	34.0		{1.468 1.478
8										{1.478 1.485
9	2.4	5.3				56.3	16.0	14.0	6.0	{1.485 1.695
10	3.4	4.3		14.0		10.8	42.4	25.1		{1.652

№ 4. Крупно- и среднезернистого строения вещество залегало в полости кремнистых сланцев, вблизи от фосфоритового прослоя. Зерна его стекловидные и прозрачные, между собой слабо связаны; к периферии крупность зерен уменьшается, и они становятся мутными — до белого цвета; в нижней части полости имелась полоса из зерен желтоватого цвета (окраска от Fe_2O_3). Твердость около 3.0; менее хрупко, чем вещества под № 1, 2, 3. Как видно из анализа пересчета на минеральные компоненты, вещество в основном является смесью эвансита и аллофана с преобладанием последнего (мало P_2O_5 и много SiO_2). При пересчете остался излишек SiO_2 и H_2O , что и отнесено к опалу. Показатель преломления 1.448, т. е. меньше чем у эвансита и аллофана, что, повидимому, зависит от примеси опала. Кривая нагревания имеет плавный ход с эндотермическим максимумом около 170° .

№ 5. Бурого цвета вещество залегало в линзовидной полости между прослоями фосфорита и углистого сланца. Местами оно имеет более темно бурый цвет (см. № 6а); просвечивает лишь в очень тонких осколках; блеск матовый; твердость около 2.5; не так хрупко; липнет к языку. От светлых коллоидов № 1—4 химически отличается заменой части Al_2O_3 (около $\frac{1}{3}$) на Fe_2O_3 и высоким содержанием SO_3 и P_2O_5 . Последнее вызывало трудности в пересчете на минеральные компоненты без остатков SO_3 или P_2O_5 , и только с введением в компоненты диадохита, содержащего и SO_3 и P_2O_5 , удалось хорошо свести без остатков баланс минерального состава, которому не противоречит и показатель преломления нашего коллоида — от 1.552 до 1.556. Из табл. 3 видно, что № 5 в основном представляет смесь фосфата эвансита с сульфопосфатом диадохитом. Кривая нагревания имеет плавный ход с эндотермическим максимумом около 225° .

№ 6. Темнобурого цвета вещество. Материал из сбора Н. А. Козлова. К. А. Ненадкевичем и В. С. Салтыковой названо «к а р а т а у и т о м». Сведений об условиях залегания не имеется. Твердость около 2.0; раскалывается с раковистым изломом, блеск жирновато-стеклянный, просвечивает лишь в очень тонких осколках, слабо липнет к языку. Показатель преломления 1.598. Пересчет анализа на минеральные компоненты позволяет считать его п и с с о ф а н о м, но богатым Al_2O_3 , или смесью п и с с о ф а н а с а л у м и н и т о м. Кривая нагревания плавно понижается до 125° , затем идет почти горизонтально до 345° и потом зигзагообразно поднимается.

Аналогичного цвета, блеска, излома и твердости вещество № 6а встречено автором в полости между углистым сланцем и фосфоритом, совместно с более светлобурым веществом № 5 (см. выше). Качественные испытания вещества № 6а показали, что оно содержит примерно равные количества Al_2O_3 и Fe_2O_3 и P_2O_5 и SO_3 , с небольшим преобладанием SO_3 над P_2O_5 . Показатель преломления его колеблется от 1.571 до 1.582. Таким образом, вещество № 6а является как бы промежуточным между № 6 и 5.

№ 7. Светлобурого цвета вещество; добыто из полости между углистым сланцем и фосфоритом. В периферических частях переходит в желтовато-белую землистую массу. Блеск матовый, просвечивает лишь в краях тонких осколков; твердость около 2.5, липнет к языку. Под микроскопом при определении показателя преломления обнаружено, что слабо просвечивающие осколки его переполнены дисперсно рассеянным землистым веществом. Показатель преломления от 1.583 до 1.589. Пересчет анализа на минеральные компоненты вызывал трудности из-за большого количества CaO и малого количества H_2O . Наилучшая комбинация приведена в табл. 3, но при ней все же остается небольшой излишек Al_2O_3 . Кривая нагревания плавно понижается до 500° , после чего резко поднимается, закругляясь

около 550° , далее идет горизонтально до 675° , когда дает снова резкий подъем, с экзотермическим максимумом около 700° . Помимо вещества № 7, в аналогичных условиях залегания собрано еще несколько разновидностей веществ светлобурого цвета: № 7а, 7б, 7в, представляющих по своим наружным признакам и качественным химическим пробам промежуточные вещества между № 7, 8 и 9.

№ 8. Светлокоричневого цвета вещество, с раковистым изломом, опаловидно, просвечивает. Твердость около 2.5; залегало в трещине между кремнистым сланцем и фосфоритом. Образует постепенные переходы в менее просвечивающее светлобурое вещество разных оттенков, похожее на вещество № 7а, 7б и 7в (см. выше), а также переходы в более темное бурое вещество, похожее на № 9. Показатель преломления № 8 колеблется от 1.468 до 1.478. Пересчет анализа на минеральные компоненты хорошо уложился в цифры, приведенные в табл. 3, т. е. коллоид № 8 является смесью фосфата эвансита, дельвоксита и аллофана. Кривая нагревания имеет эндотермическую остановку около 150° .

№ 9. Коричневого цвета вещество с раковистым изломом, опаловидно, слабо просвечивает; твердость около 2.5. В периферических частях окружено каемкой из белого землистого вещества. Залегало в полости между кремнистым сланцем и фосфоритом. Показатель преломления 1.485. Пересчет анализа на минеральные компоненты показывает, что этот коллоид является в основном фосфатом эвансита + дельвоксит, с небольшой примесью аллофана и опала; к последнему отнесен остаток кремнезема. Кривая нагревания имеет эндотермическую остановку около 150° .

§ 10. Темнобуро-красного цвета вещество, в тонких осколках хорошо просвечивает; хрупкое, с раковистым изломом, блеск стекловидный, твердость около 2.0. Это вещество весьма распространено, залегая в трещинах и полостях в фосфоритах, иногда в контакте последних с углистым сланцем. Пересчет анализа на минеральные компоненты показал, что оно в основном является водным фосфатом железа — дельвокситом, к которому примешивается эвансит, писсофан и аллофан (табл. 2 и 3). Для вещества из различных трещин показатель преломления сильно колеблется — от 1.695 для наиболее темных до 1.652 для более светлых разновидностей.

В результате изучения вышеописанных коллоидных образований Северного Кара-Тау, видно, что они представляют собой неопределенного состава и легко друг в друга переходящие коллоидные смеси водных фосфатов и сульфатов алюминия и железа, с преобладанием то фосфатных, то сульфатных компонентов. Образование этих коллоидов происходило несомненно без привноса вещества извне, а в результате растворения, переноса и отложения циркулирующими по трещинам водами веществ, позаимствованных из слагающих пачку пород и минералов. Источником P_2O_5 являлись фосфоритовые прослои; SiO_2 кремнистые сланцы; Al_2O_3 выделился в результате изменения сернокислыми растворами глинистого вещества углисто-глинистых сланцев, а SO_3 и Fe_2O_3 вследствие изменения сульфидов и богатого серой битума углисто-глинистых сланцев. Аналогично образование и других вторичных минералов, находящихся в совсем незначительном количестве и образующих лишь тонкие пленки или налеты.