

ГЕОХИМИЯ

К. С. АНДРИАНОВ и А. И. СМЕРНОВ

**О ФОСФАТНО-СИДЕРИТОВЫХ ПОРОДАХ ТУРГИНСКОГО
ГОРИЗОНТА ЗАБАЙКАЛЬЯ**

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 10 V 1940)

В коллекциях геолога Восточно-Сибирского геологического треста Б. А. Иванова работниками Научного института удобрений и инсектофунгисидов (А. А. Четыркина) был обнаружен образец породы, содержащей 26% P_2O_5 . Образец происходил из нижнемеловых отложений Зазинской свиты, развитой в Еравнинском районе Бурят-Монгольской АССР. Этой находкой заинтересовались НИУИФ и Главгорхимпром, и в сезон 1939 г. авторами настоящей заметки было проведено изучение Зазинской свиты в обнажениях по р. р. Витим и Заза (правый приток Витима).

Зазинская свита лежит на более древних породах с угловым несогласием. Констатировано налегание ее на метаморфическую толщу, прорванную гранитами (P_z , частично M_z), на юрские конгломераты и на эффузивно-конгломератовую свиту верхней юры. Распространение Зазинской свиты ограничено речными долинами, на водоразделах Зазинские отложения не известны. Наблюдается местное надвигание более древних свит на Зазинскую. Сама Зазинская свита смята в ряд мелких складок невыдержанного простирания. Углы падений в крыльях достигают 30—40°, обычно более пологие (5—15°).

Разрез Зазинской свиты таков (снизу вверх).

1. Б а з а л ь н ы е с л о и. Брекчии и конгломераты с прослоями аркозовых песков. Встречаются линзы черных аргиллитов, доломитов и прослой 0,15 м мощностью битуминозного сланца. Часто углистые растительные остатки, пресноводная фауна пелеципод и гастропод, из которой Е. Раммельмейер определены: *Baicalia gerassimovi* Reis, *Bithynia* cf. *leachi* Sch., *Limnaea obrutchevi* Reis, *Valvata saturalis* Grab., *Cyrena* cf. *andersoni* Grab., *Cyrena* cf. *wangshikense* Grab., *Cyrena* cf. *altiformis*. Grab. Мощность до 50 м.

2. Б а й с и н с к и е с л о и. Черные сланцеватые аргиллиты с тонкими пропластками аркозовых песков, доломитов и доломитизированных мергелей. В верхней части ряд прослоев «бумажных» битуминозных сланцев. В песчаных пропластках линзочки угля. В мергелях собраны обильные органические остатки. По определениям Г. Г. Мартинсон, Е. Раммельмейер и В. Д. Принада встречаются отпечатки насекомых (личинки стрекоз *Ephemeroptera orientalis* Eichwald., *Carabites* sp.? и др.), эстерий (*Estheria middendorffii* Jones, *Estheria heckeri* Tschern.), остракоды (*Cypris* sp. и др.), рыбы (*Lycoptera middendorffii* J. Müller) и растения [*Podozamites minor* Hr., *Podozamites lanceolatus* (L. et H.) f. *minor* Hr., *Xenoxylon latiporosum* (Crammer) Gothan]. В некоторых пропластках песчаника в изобилии мелкие гастроподы (*Hydrobia* sp.). В верхней части некоторые прослой и стяжения мергелей фосфатизированы (до 20% P_2O_5). Мощность около 65 м.

3. С е п х и н д и н с к и е с л о и. Черные сланцеватые аргиллиты с прослоями песков и линзами конгломератов. Много углистых растительных остатков и конкреций

пирита. Ряд тонких прослоев (24 прослоя суммарной мощностью 2,5 м), плоских линз и конкреций, крепких, темносерых глинистых сидеритов значительно фосфатизированных (от 1—2 до 15% P_2O_5). Единичные *Estheria* sp. Мощность около 100 м.

4. Песчано-аргиллитовая пачка. Переслаивание серых и желто-серых аркозовых песков и черных сланцеватых аргиллитов, содержащих углистые растительные остатки. В верхней части пески преобладают. Значительное количество конкреций фосфатизированных сидеритов и фосфоритов, связанных между собой постепенными переходами (от 1,0 до 29,0% P_2O_5), караваяобразные стяжения песчаников с сидеритовым и фосфатно-сидеритовым цементом (P_2O_5 от 0,8 до 9,0%). Встречен обломок кости динозавра, *Estheria middendorffii* Jones и остатки растений, по В. Д. Принада, *Pityostrobus vitimensis* sp. nov., *Carpolithus* sp. (ex. gr. *C. cinctus* Nath.). *Equisetites* sp. Мощность около 200 м.

5. Верхняя пачка залегает на размытой поверхности предыдущей, литологически с ней очень сходна. Видимая мощность—несколько метров.

Б. А. Иванов описанные пачки считал фаціальными эквивалентами одного и того же горизонта, мы по ряду соображений помещаем их в колонку одну над другой, хотя непосредственное налегание констатировано лишь для пачек 1—2 и 4—5.

Зазинская свита как на основании литологических признаков, так и на основании характера органических остатков несомненно отлагалась в пресноводном озерном бассейне и является аналогом Тургинского горизонта, широко распространенного в Забайкалье, Монголии и Китае. Возраст Зазинской свиты так же, как и Тургинского горизонта, следует считать нижнемеловым.

Содержание P_2O_5 в главнейших породах Зазинской свиты не отличается от обычного для осадочных пород. Аргиллиты и битуминозные сланцы содержат от 0,05 до 0,20% P_2O_5 , в среднем 0,11%, пески—от нуля до 0,03%, в среднем 0,01% P_2O_5 . Значительно фосфатизированными оказались все прослои и конкреции глинистых сидеритов, а также некоторые стяжения мергелей и песчаников с сидеритовым цементом. Наибольшее значение имеют сидериты и тесно связанные с ними фосфориты.

Сидериты представляют собой крепкие однородные темносерые породы с высоким удельным весом. Макроскопически сидериты, содержащие 1—2% и 10—12% P_2O_5 , не различимы. Более богатые фосфором разновидности переходные к фосфоритам, отличаются меньшим удельным весом, более мягкие, иногда имеют мергелевидный или опоковидный облик, изредка намечается слоистость их. Залегают фосфатизированные сидериты в виде тонких (до 0,3 м мощностью), иногда линзообразных прослоев среди аргиллитов, а также в виде овальных конкреций размерами от 4×9 см до 60×120 см, чаще около 15×30 см. Конкреции встречаются не только в аргиллитах, но и в песках. Собственно фосфориты, содержащие свыше 17% P_2O_5 , встречаются редко, в виде конкреций или тонких (1—2 см мощностью) прослоев темнубурого или черного цвета. Иногда гальки фосфоритов зацементированы внутри караваяобразных стяжений песчаников.

Просмотр шлифов показывает, что сидериты и неразрывно связанные с ними фосфориты представляют собой тонкую смесь аморфного фосфата кальция, микрозернистого сидерита и глинистого материала. Комбинация этих трех компонентов в разных пропорциях определяет все разнообразие фосфатно-сидеритовых пород. Кроме указанных составляющих, наблюдается (не всегда) присутствие кальцита в виде крупных, лапчатой формы, зерен. Как постоянный спутник, входит органическое вещество (углистые обрывки растений главным образом), реже отмечается обломочный песчаный материал.

В сидеритах фосфат и глинистое вещество рассеяны в основной сидеритовой массе и при содержании до 5—10% P_2O_5 фосфат под микроскопом не различим. Реже наблюдаются хлопьевидные сгустки аморфного, не действующего на поляризованный свет фосфата, пронизанные тончайшими кристалликами сидерита. Хлопья фосфата иногда несут на себе следы смятия, зерна кварца и обрывки растений вдавлены в фосфат. Более фосфати-

зированные разности отличаются в шлифах преобладанием фосфата над сидеритом. Собственно фосфориты представляют собой однородную смесь аморфного фосфата и глинистого вещества, в которой рассеяны кристаллики сидерита.

Никаких структур замещения, указывающих на метасоматическое происхождение фосфатно-сидеритовых пород, не наблюдается.

Химические анализы сидеритов и фосфоритов Зазинской свиты

№№ образцов	Краткая характеристика	Химический состав в %											CaO P ₂ O ₅
		H ₂ O	Нер. ост.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	CO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	FeS ₂	
195	Глинистый сидерит	0.66	11.09	3.60	2.18	40.03	4.31	0.54	29.52	2.24	0.25	0.12	1.92
44	То же	1.81	22.35	—	1.92	26.46	10.49	0.87	18.11	6.31	0.00	0.14	1.66
146	» »	—	29.93	4.33	19.42		17.04	—	12.57	8.47	—	—	2.01
115	» »	—	28.30	3.49	13.27		22.24	—	7.88	15.34	—	—	1.45
163	Бурый фосфорит	2.99	23.74	6.02	1.34	2.61	31.56	0.65	2.01	22.00	0.20	0.00	1.43
161	Черный »	1.98	20.91	4.20	0.65	2.85	33.48	0.52	2.43	23.79	0.22	0.00	1.41
73	Опоковидный »	0.89	2.26	1.04	3.21		45.00	0.34	4.48	29.09	1.63	0.84	1.54

Химические анализы сидеритов и фосфоритов показывают, что фосфат в них связан с окисью кальция. Пропорционально увеличению процента P₂O₅ растет и процент CaO. Отношение CaO к P₂O₅ показывает, что всегда имеется избыток CaO по сравнению с апатитом, для которого это отношение равно 1,32. Повидимому, избыток CaO (от 0,9 до 5,8% против необходимого для связывания P₂O₅ в апатитовую молекулу) находится в форме кальцита, констатированного в ряде шлифов, а также входит в состав силикатной части породы. С силикатной же частью, видимо, связаны Al₂O₃, MgO, а также некоторое количество FeO, остающееся после связывания CO₂ в сидерит.

Из приведенного материала видно, что фосфатизированные сидериты и фосфориты образовались в пресноводном озерном бассейне. Образование их происходило периодически, видимо, в результате химического осаждения коллоидного фосфата кальция и карбоната железа совместно с глинистой мутью. Возможно, часть конкреций, а также караваи песчаников с сидеритовым и фосфатно-сидеритовым цементом возникли позднее в процессе диагенеза.

Эти выводы противоречат общепринятым взглядам на генезис фосфоритов и заставляют пересмотреть мнение о невозможности образования фосфоритов в иных условиях, кроме морских.

С нашей точки зрения, совместное осаждение фосфата кальция и сидерита в пресноводных озерах вполне допустимо. Необходимыми условиями для этого являются: 1) достаточная концентрация нужных компонентов (PO₄^{'''}, CO₃^{''}, Fe[·], Ca[·]); 2) щелочная реакция среды, при которой фосфат кальция является устойчивым, а также возможно существование и сидерита; 3) восстановительная среда, предохраняющая закисное железо сидерита от окисления.

Обилие органического вещества, пирита и прослоев битуминозных сланцев в отложениях Зазинской свиты указывают, что в Зазинском бассейне господствовали восстановительные условия. О реакции среды в Зазинском озере можно судить по аналогии с современными сапропелевыми озерами, в которых pH обычно имеет щелочное значение (в пресных озерах от 7,2 до 8,2, в соленых, типа Алакуля, до 9,4—9,6). Нужные концентрации PO₄,

CO_2 , Fe и Ca в придонных или иловых водах пресных озер, повидимому, также возможны. Существенной частью плотного остатка пресных вод обычно является бикарбонат кальция, содержание которого иногда бывает достаточным для образования значительных толщ озерной извести. В условиях разложения больших масс органического вещества концентрация углекислоты в придонных и иловых водах также могла достигать значительных величин. Обилие растительных остатков указывает, что окружающие бассейн берега были покрыты пышной растительностью. При гниении растений образовывалось значительное количество кислых продуктов разложения, дающих с железом комплексные соединения, в виде которых железо обычно и транспортируется поверхностными водами. О количестве железа, поступающего таким образом в бассейны, можно судить по примеру современных озер, в которых часто накапливаются мощные толщи железных руд. Нельзя не учитывать и железо, освобождающееся под действием CO_2 при разрушении железистых минералов, поступающих на дно озер в составе обломочного материала.

Источник P_2O_5 , необходимого для образования фосфоритов, мы видим в сносе с берегов. В результате энергичной эрозии окружавших Зазинский бассейн гранитных и базальтовых массивов в озеро могли поступать значительные количества P_2O_5 как в виде растворов, так и в виде фосфатных минералов, входящих в состав аркозовых песков, а также в виде органических соединений растительного и животного происхождения.

Фосфатизированные сидериты в отложениях Зазинской свиты не являются минералогической редкостью и образуют сравнительно крупные скопления. Так, в Сепхиндинских слоях, мощностью около 100 м, зарегистрировано 24 фосфатизированных прослоя суммарной мощностью 2,5 м. В пересчете на квадратный метр площади, занятой этими отложениями, прослои дают 7500 кг руды с средним содержанием 8,2% P_2O_5 и 25% металлического железа или свыше 600 кг/м² P_2O_5 . Подобная руда при современном состоянии техники пригодна для переработки на феррофосфор с последующим получением качественной стали и фосфористых шлаков, используемых как удобрение. Однако рассеянность фосфатизированных прослоев в значительной толще пустых пород и отдаленность Еравнинского района от промышленных центров и железных дорог заставляют признать Зазинские и Витимские месторождения непромышленными.

Учитывая условия образования Зазинской свиты, мы считаем возможным встретить фосфатизированные сидериты и в других отложениях. Наибольший интерес с этой точки зрения представляют угленосные свиты, в которых сидериты пользуются широким распространением и залегают иногда мощными пластами (в Руре отдельные слои сидеритов достигают 2,5 м, в Кузбассе 1,0 м мощности). В отношении фосфатизации сидеритов угленосных свит известно очень мало и имеются только отрывочные указания. Так, в Руре с сидеритами часто связаны фосфоритовые конкреции; в Донбассе отмечается повышенная фосфатизация сидеритовых почек, в Кузбассе сильно фосфатизированы пустые породы угольных пластов (4,08% P_2O_5).

Было бы желательно провести опробование сидеритов угленосных свит на содержание P_2O_5 с целью отыскания промышленных месторождений комплексных железо-фосфатных руд. Наиболее актуальное значение это имеет для востока СССР (Кузбасс, Забайкалье, ДВК), где до сих пор неизвестно ни одного промышленного месторождения фосфоритов, а пласты и линзы сидерита отмечаются в качестве постоянного спутника угленосных свит.

Научный институт по удобрениям и
инсектофунгицидам
Москва

Поступило
8 V 1940