

ГЕОХИМИЯ

К. С. АНДРИАНОВ и А. И. СМИРНОВ

**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%  $P_2O_5$ ), караваеобразные 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 фациальными 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 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  $4 \times 9$  см до  $60 \times 120$  см, чаще около  $15 \times 30$  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 караваеобразных 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		H <sub>2</sub> O	Нер. ост.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	FeS <sub>2</sub>	
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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> растет и процент CaO. Отношение CaO к P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, а также некоторое количество FeO, остающееся после связывания CO<sub>2</sub> 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 (PO<sub>4</sub><sup>'''</sup>, CO<sub>3</sub><sup>''</sup>, Fe<sup>·</sup>, Ca<sup>·</sup>); 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 PO<sub>4</sub>,

$\text{CO}_2$ , 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  $\text{CO}_2$  при разрушении железистых минералов, поступающих на дно озер в составе обломочного материала.

Источник  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 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  $\text{P}_2\text{O}_5$  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%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 25% металлического железа или свыше 600 кг/м<sup>2</sup>  $\text{P}_2\text{O}_5$ . 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%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Было бы желательно провести опробование сидеритов угленосных свит на содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  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