

Д. П. СЕРДЮЧЕНКО

**АРХЕЙСКИЕ ТУРМАЛИНОВЫЕ И ДРУГИЕ МЕТАОСАДОЧНЫЕ
ГНЕЙСЫ ПРИАЗОВЬЯ В СВЯЗИ С ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИМИ
УСЛОВИЯМИ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 5 IX 1975)

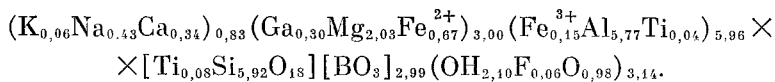
Для биотитовых и биотитсодержащих парагнейсов, входящих в состав очень протяженной (между реками Кальчик и Буг) тетерево-бугской метаосадочной серии украинского архея (около 3 млрд лет) очень обычна ассоциация магнезиально-железистой слюды и графита; их пластинки, разбросанные в кварц-олигоклаз-микроклиновом агрегате, в основном согласны со сланцеватостью породы, часто параллельно сростаются между собой, а местами — и с неправильными зернами пирита; связь графита и пирита очень тесная, и они нередко образуют один в другом включения. Если количество графита резко или постепенно возрастает, то порода приобретает значение графитовой руды; при уменьшении роли графита она переходит в графитсодержащие или почти совсем лишенные графита биотитовые гнейсы.

Кроме этого фациального типа, очень характерен также парагенезис биотита и графита с моноклинным пироксеном и гранатом. В графитовых месторождениях Побужья, Волыни и Приазовья пироксеновый гнейс с андезин-лабрадорным плагиоклазом и нередко с примесью граната практически всегда является спутником, а соответственно и поисковым признаком графита; местами наблюдаются постепенные или резкие переходы от пироксен-биотитовой к пироксен-графитовой его разновидности, когда пластинки биотита явно уступают свое место чешуйкам графита⁽³⁾. Подобным образом в этой второй метаморфической фации темно-серые биотит-графитовые гнейсы с вкраплениями розового альмандина обнаруживают переходы в светло-серые графит-гранатные и гранатные, в которых количество биотита сильно падает или же он совсем исчезает.

Кристаллические сланцы этих двух фациальных типов тесно связаны взаимопереходами и переслаиванием с близкими по составу метакоаллит-бокситовыми гнейсами третьей метаморфической фации — силлиманитовыми или силлиманит-корундовыми; в них, кроме кварца и полевых шпатов, среди которых часто господствует калиевый в связи с процессами наложенной микроклинизации, в переменных количествах всегда есть биотит и графит, гранат и кордиерит (нередко замещающий силлиманит), иногда сульфиды железа. В этих высокоглиноземистых породах в районе Мариупольских железорудных месторождений очень ограниченное, спорадическое развитие имеет турмалин (дравит). Количество его в прослоях такого состава, например на Юрьевском участке, составляет всего 1–1,5%, достигая местами 5%, т. е. это — второстепенный или даже аксессуарный минерал, образующий, как и во многих парасланцах других регионов, сингенетичные идиоморфные дитригональные «столбики» или полигональные зернышки и сростки размером до 1,5×0,5 мм (табл. 1).

Минерал одноосный, отрицательный, с сильным плеохроизмом: $N_0=1,652$, светлый желтовато-зеленый; $N_e=1,631$, темный бутылочно-зеленый.

В соответствии с эмпирической формулой турмалина (^{11, 10}), подтвержденной и рентгено-структурным анализом (^{2, 9}), Na(Mg, Fe²⁺)₃·Al₆[Si₆O₁₈][BO₃]₃(OH)₄ расчет состава исследуемого драгита мы произвели на 29 кислородов (вначале на «сухое» вещество, с последующим определением формульных количеств «летучих» по полученному для катионов коэффициенту-делителю):



В этом драгите очевиден изовалентный и гетеровалентный, но эквивалентный изоморфизм катионов и анионов: Ca→2Na,— вследствие чего часть соединительных Na-катионов отсутствует, подобно частично пустующим позициям К в некоторых слюдах; Ca→Mg,— как передко и в амфиболах; Fe²⁺→Mg, Fe³⁺→Al; Ti ведет себя, по-видимому, амфотерно, частично занимая позиции Al_{VI} и Si_{IV}, но здесь остается неясной его валентность, у некоторых шерлов, слюд, авгитов, титаномagnetитов (⁶) и других минералов варьирующая — Ti⁴⁺ и Ti³⁺. Большой дефицит в минерале +H₂O и F[O→2(OH, F)] легко объясняется «сухостью» и высокой температурой среды турмалинообразования, происходившего в условиях гранулитовой фации метаморфизма*.

На отдельных участках Приазовья и в других районах распространения тетерево-бугской свиты в тесной связи с графитоносными породами находятся значительные или мощные многослойные высокожелезистые пачки из пироксен-магнетитовых (с гранатом) рудных кварцитов и парапироксенитов (^{46, 5}). Как и другие члены метаосадочной формации, они унаследовали свой состав от слоистых материнских осадков (³), которые образовались в результате размыва, дифференциации и переотложения древнейших кор выветривания, главным образом на плутоно-вулканических (базальтоидных, отчасти гранитоидных и др.) породах раннеархейского субстрата. Кроме магнетита и кварца, существенную или главную роль в этих железистых толщах играют не только моноклинный (содержащий до 75 мол. % геденбергита), но и ромбический (содержащий до 88 мол. % ферросилита) пироксены, местами развиты фаялитсодержащие, практически безмагнетитовые гранат-двупироксеновые сланцы (эвлизиты) или фаялит-пироксеновые кварциты.

* Для других турмалинов, с сопряженными катионно-анионными замещениями («ион за ион») типа CaO→Na(OH) или AlO→Mg(OH), необходимы расчеты на 31 (O, OH, F) или на 150 ионов в элементарной ячейке, но в нашем случае, вопреки подтверждающей такой изоморфизм норме, они дали различные и притом неудовлетворительные результаты: Si>6.

Т а б л и ц а 1
Состав драгита и метаосадочного турмалиносодержащего гнейса из Приазовья

Компонент	1 (вес. %)	2	
		вес. %	молек. кол.
SiO ₂	53,51	36,43	607
TiO ₂	0,55	0,98	12
B ₂ O ₃	0,53	10,67	153
Al ₂ O ₃	15,79	30,16	296
Fe ₂ O ₃	1,49	1,34	8
FeO	4,32	4,92	68
MnO	0,06	0,02	—
MgO	3,26	8,38	208
CaO	7,97	3,67	66
Na ₂ O	0,92	1,38	22
K ₂ O	5,06	0,34	3
F	0,14	0,11	6
Cl	0,12	—	—
S	1,36	—	—
P ₂ O ₅	0,22	—	—
C (графит)	2,08	—	—
+H ₂ O	1,99	1,95	108
-H ₂ O	0,49	0,05	—
Сумма	99,86	100,40	

П р и м е ч а н и е. 1 — турмалиносодержащий графит-гранат-силлиманит-кордиерит-микроклин-биотитовый гнейс с пиритом (скв. № 33 Юрьевского участка); 2 — драгит, выделенный из этого же гнейса (обр. Г-1/1968 из коллекции Д. П. Сердюченко и А. В. Глебова). Анализ выполнен в химической лаборатории института в 1969 г.: 1 — Г. Е. Черепицкой, 2 — В. М. Швец. Определялись V₂O₅ и BaO — не обнаружены.

Все эти богатые железом породы четвертой метаморфической фации соседствуют или переслаиваются с графитовыми, в том числе биотит-микроклиновыми сланцами и гнейсами и с полевошпатовыми кварцитами, но в них самих графита обычно мало или его совсем нет, так как углерод в процессах диагенеза (⁷) и метаморфизма был израсходован на редукцию железа (полную в эвлизитах и частичную в магнетитовых кварцитах). Как правило, в них нет К-полевого шпата (микроклина) и коричневого (первичного) биотита, кроме редкой примеси вторичной зеленой (метасоматической) слюдки, т. е. роль К в них резко снижалась, вплоть до полного исчезновения.

Таким образом, наиболее постоянным межфаціальным минералом для всей графитоносно-железородно-высокоглиноземистой серии Приазовья — Побужья является графит (углерод): последний практически всегда «присутствует» — в виде чешуйчатого или тонкодисперсного минерала или реально проявляется в редуцированных железистых продуктах. Необходимая для графитообразования, главным образом растительная, биомасса (бактерии, простейшие водоросли и др.) была, по-видимому, также и концентратором К (биогенного в связи с процессами обмена вещества и сорбированного): этим, очевидно, объясняется геохимический парагенезис К—С—N в углеродистых и углеродисто-глинистых почвах, илах и элювиально-делювиальных отложениях древнейших кор выветривания (¹⁴). Этот, а местами и эвапоритовый К в последующую метаморфическую стадию участвовал, по-видимому, в инфильтрационно-метасоматических процессах микроклинизации.

Отложения материнских осадочных пород тетерево-бугской свиты на Украине в тектоно-магматическом и генетическом отношении были тесно связаны с поверхностно и близ поверхности залегавшими плутоно-вулканическими комплексами, представлявшими собой исходный материал для развития на них и на сопряженных граувакковых накоплениях мощных железисто-глиноземно-кремниевых кор выветривания. В палеоклиматическом аспекте это было время жаркого и влажного тропического или субтропического климата, очень благоприятного для бурного развития простейшей флоры и фауны. В связи с этим сформировались хотя и прерывистые, но довольно протяженные и мощные пластообразные (стратифицированные) отложения углеродистых (и углеводородистых) пород, в составе которых, судя по продуктам их глубокого метаморфизма, доля минерального илистого и псаммито-псефитового материала была очень велика (более 50—70%). В ряду твердых биогенных углеродистых концентраций — это один из наиболее ранних, архейский тип (Украина, Мадагаскар, Индия, Шри Ланка, древнейшие толщи Бразильского и Канадского щитов и др.), предшествовавший широко распространенным протерозойским графитистым сланцам (Кривой Рог, Кайвы, Тиман, Хинган и др.), значительно или сильно обогащенным Ti и B, и далее — палеозойским и мезо-кайнозойским этапам угленакопления.

Анализ состава и условий образования турмалинсодержащих стратифицированных сланцев из разных метаморфических фаций и различных регионов позволяет сделать определенный вывод, что источником B (как и многих других компонентов) были их материнские породы осадочного (местами с примесью вулканогенного материала) происхождения, обычно генетически связанные с засолением глинисто-мергелистых пород и вообще с процессами эвапоритизации. Последующие анатектические и палингенные процессы нередко являлись поставщиком «магмы» для инъекционных внедрений гранитоидов и вызывали, в том числе в архейских толщах Приазовья, местные или обширные метасоматические перемещения минерального вещества, и в частности собирательную перекристаллизацию осадочно-метаморфического рассеянного турмалина (например, в виде крупных и даже гигантских кристаллов, главным образом в эндоконтактной зоне пегматитовых жил). В ряде случаев такой мета-

осадочный турмалин участвует как породообразующий минерал в составе различных контаминированных изверженных пород (^{3, 5}).

Несмотря на широко известную в метаосадочных толщах земной коры пространственную и генетическую связь органогенного углерода, глинозема, окислов Fe и В, только графит, железистые силикаты и магнетит, а также силлиманит и плагиоклазы парагнейсов (помимо карбонатных и силикатно-карбонатных пород) являются типичными или распространенными минералами в архейской осадочной серии Приазовья и во всей субширотной полосе развития пород тетерево-бугской свиты; турмалин же (как и метаморфогенный породообразующий скаполит или пластообразные метаосадочные слюдиты) встречается здесь довольно редко. Это связано со слабым развитием в данном регионе в жаркое нижнеархейское время прибрежно-лагунного ландшафта с отшнурованными и реликтовыми бассейнами и заливами, с плоскими прибрежными равнинами, периодически заполняемыми морской водой и потом высыхающими (подобно современному «сабха»-процессу в прибрежных зонах Персидского залива (¹³)), чем определялись в архее Приазовья лишь ограниченные возможности для локального засоления маломощных илисто-мергелистых осадков, доходившего до стадии выпадения солей или сорбционного накопления бора.

Вместе с тем (в некоторой степени — альтернативно изложенному) слабое проявление в Приазовье, например, скаполитовых метаэвапоритовых пород может быть частично объяснено и условиями захоронения, степенью герметизации древнейших соленосных и засоленных мергелистых илов и глин: при их метаморфизме кристаллизация плагиоклаза — скаполита часто является собой единый процесс с участием карбонатов, растворимых солей, Cl, CO₂ и других «летучих» (^{4а, 12}), что соответствует многим опытам (⁸) по искусственному получению и плагиоклазов, и скаполитов. Но последние (в относительно закрытой системе) включают в свой состав и летучие вещества, накопившиеся к концу процесса, а первые кристаллизуются только в его начале или вплоть до самого окончания, не сменяясь стадией регрессивного скаполитообразования — из-за удаления летучих через трещины или окружающие пористые слои.

Однако на территории Русской платформы и Украинского щита процессы эвапоритизации на следующем, протерозойском этапе были очень широко развиты, на что указывают стратифицированные толщи Криворожья и КМА, богатые метаосадочными турмалиновыми, альбитсодержащими и щелочно-амфиболовыми сланцами, пространственно и генетически связанными местами с обширными зонами щелочного, преимущественно натриевого метасоматоза.

Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
21 VII 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. П. Барсанов, М. Е. Яковлева, Тр. Мин. музея АН СССР, т. 15, 39 (1964).
² Н. В. Белов, а) Мин. сб., Львов, № 16, 35 (1962); б) Мин. сб., Львов, № 22, в. 1, 3 (1968).
³ Д. П. Сердюченко, Старокрымский графитопосный район, М., 1935, стр. 120.
⁴ Д. П. Сердюченко, а) В сб.: Вопр. минералогии осадочных образований, в. 3—4, Львов, 1956, стр. 486; б) Тр. Научн. сов. по геол. докембрия, I сессия, Л., 1974, стр. 250.
⁵ Д. П. Сердюченко, А. В. Глебов, Н. В. Брусницына, В сб. Памяти А. Е. Ферсмана, М., «Наука», 1975, стр. 220.
⁶ Д. П. Сердюченко, А. Г. Жабин, В. А. Молева, Тр. Мин. музея АН СССР, в. 23, 94 (1974).
⁷ Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 12 (1953).
⁸ П. Н. Чирвинский, Искусств. получ. минер. в XIX столетии, Киев, 1903.
⁹ T. Ito, R. Sadanaga, Acta crystallogr., v. 4, 385 (1951).
¹⁰ W. Kunitz, Chem. Erde, v. 4, 208 (1929).
¹¹ F. Machatschki, Zs. Kristallogr., B. 70, 211 (1929); B. 71, 45 (1929).
¹² D. P. Serdyuchenko, Lithos, Oslo, 1975, p. 1.
¹³ A. R. Renfro, Econ. Geol., v. 69, № 1, 33 (1974).
¹⁴ J. Hudig, Zs. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, B. 105, H. 3, 212 (1964).