

М. М. ВЕСЕЛОВСКАЯ

**О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ МИНЕРАЛОВ ПОРОД
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

(Представлено академиком В. С. Соболевым 6 VIII 1973)

Дорифейские образования центральной части Русской платформы представляют собой сложный комплекс метаморфических и интрузивных пород различного происхождения и возраста, измененных наложенными на них вторичными процессами. Они слагают несколько структурных этажей (снизу вверх): архейский* — «плаггиогнейсы основания»; нижнепротерозойский — верхнеархейский (?); нижнепротерозойский и среднепротерозойский (ятулий и иотний).

Среди суперкрустальных образований центральной части Русской платформы четко выделяются два подразделения: архей и нижний протерозой и как бы промежуточное — нижний протерозой — верхний архей (?). Среднепротерозойские образования встречены единичными скважинами.

В последнее время изучение минералов докембрийских и других метаморфических пород приобретает все большее значение. Особенно существенным вкладом является серия работ, возглавляемая акад. В. С. Соболевым (монографические исследования отдельных минералов: граната⁽¹²⁾, биотита⁽¹³⁾, амфибола⁽¹⁰⁾ и др.), а также работы Д. А. Великославинского⁽¹⁻³⁾ и других. Исследование породообразующих минералов докембрия центральных районов Русской платформы не производилось, что является серьезным пробелом при изучении метаморфических пород. Это происходило отчасти потому, что керны пород докембрия в большей или меньшей степени изменены процессами древнего выветривания и количество неизменной породы недостаточно для выделения минералов. В последнее время нами получены химические анализы породообразующих минералов, пород кристаллического фундамента центральных районов Русской платформы (табл. 1).

Среди пород кристаллического фундамента центральной части Русской платформы преобладают архейские метаморфически измененные первичноосадочные, вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования. Они представлены биотитовыми, биотит-амфиболовыми плаггиогнейсами, амфиболитами, гранат-силлиманит-кордиерит-биотитовыми плаггиогнейсами и в единичных случаях (что характерно для центральных районов) гиперстеновыми плаггиогнейсами Московско-Токмовского комплекса. Абсолютный возраст гранитов, прорывающих их, 2440 млн лет. Породы эти метаморфизованы в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций регионального метаморфизма. Это подтверждается парагенезисами минералов, данными химических анализов и оптическими константами, характеризующими эти минералы (см. табл. 1 и 2).

* По данным абсолютной геохронологии, все плаггиогнейсы Русской платформы имеют абсолютный возраст менее 2600 млн лет — верхний рубеж архея по шкале 1964 г., но в настоящей работе плаггиогнейсы (широко распространенные на Русской платформе и в других местах) отнесены к архею, а метаморфические кварцево-биотитовые сланцы к нижнему протерозою.

Химический состав минералов (вес. %) *

Таблица 1

№ обр.	Место взятия	Порода	Минерал	Парагенезис	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	S	Cl	F	H ₂ O+	H ₂ O-	Σ
Архей, Московско-Токмовский комплекс — аналог других плагиогнейсов основания Русской платформы																						
300/70	Дьяконово, св. № 1, гл. 3142—3145,4 м	Гранат-биотитовые плагиогнейсы	Биотит	Гр + Би + Пл (с антипертит. вростками) + Кв + КШШ	39,90	2,62	17,24	2,62	15,01	0,27	10,20	1,06	0,51	5,85	—	—	0,10	—	0,28	4,48	0,20	99,72
400a	Горький, св. № 2, гл. 1687—1713 м	Гранат-силлиманит-биотитовые плагиогнейсы	Гранат	Гр + Сил + Кв + Пл (№ 33—34) + КШШ	42,31	Нет	20,88	1,29	26,44	0,76	5,98	0,94	0,25	0,45	—	—	—	—	0	0	—	99,30
401	Горький, св. № 2, гл. 1710—1761 м	Жила в гранат-силлиманит-биотитовых плагиогнейсах	Биотит *	То же	41,55	2,72	19,73	3,64	12,02	0,27	8,48	1,43	0,57	6,43	0,05	—	0,08	0,04	Сл.	3,06	0,12	99,63
					41,72	2,44	18,85	1,43	11,96	0,06	9,98	Нет	0,44	8,01	—	—	—	—	—	0,76	4,06	0
3281	Поречная св. № 1, гл. 1451—1458 м	Амфиболовые плагиогнейсы	Роговая обманка	Кв + Рог + Пл (№ 31—34) + Би + Ми ± Ди	46,18	1,30	11,14	3,34	11,78	0,19	8,98	10,46	1,69	1,62	0,38	—	—	—	Сл.	1,16	0,37	98,22
328a	То же	То же	Биотит	То же	37,40	14,19	14,37	1,77	16,30	0,11	11,17	2,57	0,36	8,52	0,19	—	—	0,08	Сл.	—	—	98,46
Нижний протерозой — верхний архей (?), новаровско-инжавинский комплекс — аналог гимольской серии Фенноскандии и михайловской КМА																						
8087в	Котельнич, св. № 1, гл. 1909—1911 м	Биотит-амфиболовые гнейсовидные сланцы с гранатом **	Гранат	Би + Гр + Пл (№ 26—28 до 38—40) + Кв + Ми + Орт + Рог	36,94	0,68	19,44	2,69	23,85	2,11	2,36	10,65	0,34	0,16	—	—	—	—	0	—	0	98,22
8087a	То же	То же	Роговая обманка	То же	44,30	1,90	12,76	4,18	11,29	0,28	8,01	11,28	1,94	1,58	0,28	—	0,05	0	Сл.	0,75	0	98,58
8087	» »	» »	Биотит	» »	37,67	3,66	14,85	2,45	16,52	0,21	10,09	3,91	0,56	6,95	0,18	—	—	—	—	—	0	98,46
Нижний протерозой — аналоги курской [серии КМА и воровьевкинской северо-восточного склона Воронежской антеклизы																						
1719	Ростов, св. № 1, гл. 2474,1—2474,2 м	Кварцево-полевошпатовые биотитовые сланцы	Биотит	Би + Кв + КШШ + Альб ± Мус ± Гр	51,00	1,26	20,08	2,69	8,47	0,08	4,43	1,23	1,28	4,62	—	—	—	—	0,11	5,10	0	100,30

* Аналитики: В. Ф. Долгов, Н. И. Степанова, О. Г. Ушапова. Прочерк означает отсутствие определений.

** По (1) эти образования отнесены к архею.

Нижнепротерозойские образования, аналоги курской серии, представлены главным образом метаморфическими сланцами (4-7). В центральных районах это преимущественно первично-осадочные глинистые образования, превращенные в кварцево-кварцево-полевошпатово-биотитовые сланцы (альбит, олигоклаз, калиевый полевой шпат с муаровым угасанием, биотит с $n_m = 1,635 \pm 0,004$); нередко встречается актинолит-тремолит-биотитовые и турмалин-биотитовые сланцы. Абсолютный возраст (вторично - микроклинизированных) подобных сланцев в центральной части Русской платформы 1740 млн лет. Они изменены в условиях биотитовой субфации фации зеленых сланцев регионального метаморфизма, что подтверждается парагенезисом минералов. В работе приводится еще только единственный анализ биотита из кварц-полевошпатовых сланцев Ростова. На диаграмме Д. А. Великославинского (4) значение его сдвинуто вверх в сторону k_a по сравнению с другими анализами биотитов, образовавшихся в условиях фаций зеленых сланцев регионального метаморфизма.

Промежуточные образования нижнепротерозойского - верхнеархейского возраста центральных районов Русской платформы относятся к поваровско-инжавинскому комплексу - аналогу гимольской серии Феноскандии и михайловской КМА. Парагенезисы минералов указывают на принадлежность этих образований (представленных гнейсовидными сланцами и тонкозернистыми амфиболитами) к фации эпидотовых амфиболитов. Для этих пород характерно присутствие разнообразных амфиболов и амфибо-

Коэффициенты кристаллохимических формул, значение общей железистости, оптические свойства минералов

Таблица 2

№ оп.	Минерал	Si	Al ^{IV}	Al ^{IV}	Ti	Fe ⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	НО	F*	Z в. кол.	F, %	n_{gt}	n_{m1}	n_{p1}
100a	Гранат**	3,00	1,89	1,43	0,15	0,38	1,48	0,02	2,03	1,69	0,50	0,31	1,08	—	2 780	48,4	1,663 ± 0,003	—	1,650 - 1,667
100	Биотит	3,01	0,99	0,69	0,20	0,73	0,62	0,88	0,92	0,11	0,08	0,33	1,48	—	25 997	72,5	1,625 ± 0,004	1,765	1,562 ± 0,002
101	Биотит	2,99	1,01	0,58	0,44	0,08	0,72	0,004	1,08	0,06	0,03	0,83	0,17	—	27 544	50,7	1,662 ± 0,004	1,662 ± 0,004	1,662 ± 0,002
300/70	Биотит	2,98	1,02	0,42	0,12	0,31	0,92	1,11	1,11	0,08	0,07	0,54	1,94	—	27 835	50,7	1,663 ± 0,004	1,663 ± 0,004	1,562 ± 0,002
3281	Роговая обманка	6,99	0,86	1,43	0,15	0,38	1,48	0,02	2,03	1,69	0,50	0,31	1,08	—	2 780	48,4	1,663 ± 0,003	—	1,650 - 1,667
3281a	Биотит	3,03	0,97	0,23	0,22	0,10	1,06	0,01	1,32	0,22	0,06	0,88	—	—	24 600	47,1	1,644 - 0,649	1,644 - 1,649	1,596 ± 0,004
8087b	Гранат	2,96	1,84	1,26	0,04	0,16	1,60	0,14	0,28	0,92	0,04	0,02	0,65	—	24 861	8,50	1,680 ± 0,006	—	1,674 ± 0,004
8087a	Роговая обманка	6,75	1,03	1,26	0,22	0,48	1,44	0,04	1,82	1,84	0,57	0,31	0,85	—	3 010	51,8	1,680 ± 0,006	—	1,674 ± 0,004
8087c	Биотит	2,94	1,06	0,30	0,23	0,45	1,10	0,02	1,20	0,33	0,08	0,69	0,85	—	25 603	51,5	1,660 ± 0,002	1,660 ± 0,002	1,650 ± 0,004
1719	Биотит	3,43	0,57	1,02	0,06	0,14	0,48	0,004	0,40	0,69	0,17	0,40	1,98	0,02	29 656	58,5	1,635 ± 0,004	1,635 ± 0,004	1,571 ± 0,003

* Во всех минералах, кроме гранатов, где нет количественных определений фтора, он обнаружен качественно.

** В анализе граната присутствует избыток кремния (0,25). Возможно, избыток кремнезема получился в связи с примесью частиц от ступки.

*** Вода не определена.

ла активослит-тремолитового ряда и обыкновенной роговой обманки и разнообразных минералов группы эпидота (включая ортит) и изменение состава плагиоклаза от альбита до андезина. Данные химических анализов минералов из пород разреза Котельнича не подтверждают того, что породы этого комплекса изменены в условиях фации эпидотовых амфиболитов, а относятся к более высоким ступеням метаморфизма. В приразломной зоне в районе Котельнича, видимо, наблюдается изменение условий (усиление P и увеличение T).

В основу принятого в настоящее время стратиграфического подразделения положено три принципа: 1) выделение крупных комплексов в различной степени метаморфизованных и принадлежащих к различным структурным этажам первично-осадочных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород; 2) подразделение пород на основе данных абсолютного возраста; 3) формационный анализ (⁷). Все же главным образом сопоставление указанных пород кристаллического фундамента центральной части Русской платформы производилось путем сравнения их по степени (регионального) метаморфизма. Предполагалось, что в одних и тех же тектонических условиях в пределах одного и того же структурного этажа степень перекристаллизации пород должна быть одинакова (за исключением частных случаев). В каждом структурном этаже однообразные первично-осадочные, вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования метаморфизованы в условиях одной или двух фаций регионального метаморфизма, например гранулитовой и амфиболитовой в архее, зеленосланцевой в нижнем протерозое (табл. 1 и 2)*. Эти данные не противоречат идеям работы (¹⁴). Формирование и преобразование пород различных структурных этажей разделено эпохами диастрофизма и часто весьма значительными перерывами, и степень метаморфизма пород изменяется скачкообразно.

Фактор времени и специфических физико-химических условий определенных отрезков времени обычно мало учитывается. Изучение пород кристаллического фундамента по кернам скважин имеет ряд недостатков по сравнению с изучением пород докембрия из карьеров и обнажений, но изучение пород докембрия по кернам глубоких скважин дает возможность уловить перспективу в вертикальном направлении, так как по разрезам скважин восстанавливается геологическая история и особенно заметен фактор времени.

Всесоюзный научно-исследовательский
геолого-разведочный нефтяной институт
Москва

Поступило
1 VII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. А. Великославинский, Сборн. регион. матем. докембр. формаций СССР, «Наука», 1965. ² Д. А. Великославинский, Междунардн. геол. конгр. XXIII сессия, пробл. 4, «Наука», 1968. ³ Д. А. Великославинский, Сравнительная характеристика регионального метаморфизма умеренных и низких давлений, «Наука», 1972. ⁴ М. М. Веселовская, Изв. АН СССР, сер. геол., № 7 (1963). ⁵ М. М. Веселовская, Сов. геол., № 7 (1966). ⁶ М. М. Веселовская, ДАН, т. 200, № 3 (1971). ⁷ М. М. Веселовская, Геология СССР, т. 4, 1971. ⁸ Н. Л. Добрецов, В. В. Ревердатто и др., Фации регионального метаморфизма СССР, «Наука», 1966. ⁹ Н. Л. Добрецов, В. С. Соболев, В. В. Хлестов, Фации регионального метаморфизма умеренных давлений, 1972. ¹⁰ Е. А. Костюк, Статистический анализ и парагенетические типы амфиболов метаморфических пород, «Наука», 1970. ¹¹ А. И. Педашенко, Кристаллический фундамент средней части Русской платформы, 1959. ¹² Н. В. Соболев, Парагенетические типы гранатов, «Наука», 1964. ¹³ Е. Н. Ушакова, Биотиты метаморфических пород, «Наука», 1969. ¹⁴ H. J. Zwart, J. Corvalan et al., Geol. News Letter, № 2 (1967).

* Проявления пород фации зеленых сланцев наиболее разнообразны по геологическим условиям (⁹), но специфические черты минералов пород, образовавшихся в разное время и в разных условиях, еще не выяснены.