

О ЛИТОГЕНЕЗЕ ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ПОРОД ДОКЕМБРИЯ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

В.И. Сиротин, И.П. Лебедев

Воронежский государственный университет

Приведены химические составы раннепротерозойских и архейских глиноземистых пород - метапелитов, ретроспективный анализ которых с помощью генетических диаграмм свидетельствуют о достаточно определенных условиях литогенеза в раннем докембрии Воронежского кристаллического массива. Обращено внимание на высокую концентрацию калия в исходных глинистых отложениях и проявления эвапоритовых условий раннепротерозойского литогенеза в курское время.

Введение

Глиноземистые породы докембрия ВКМ представлены раннепротерозойскими и архейскими метаморфическими породами класса метапелитов бедных СаО. По содержанию оксида алюминия удобно различать три группы метапелитов: малоглиноземистые (9-16 вес%), глиноземистые (16-20%) и высокоглиноземистые (20-32% вес %). В настоящей статье, для краткости, все разности метапелитов с содержанием оксида алюминия более 16 вес% отнесены к глиноземистым, поскольку высокоглиноземистые разности не имеют в регионе самостоятельного поля развития.

Глиноземистые метаморфические породы пользуются широким распространением как по латерали (в современном эрозионном срезе докембрия региона), так и на всех уровнях стратиграфического разреза докембрийских образований. Весьма широк и диапазон условий их метаморфизма – от низкотемпературных ступеней фации зеленых сланцев до условий гранулитовой фации включительно [1,2].

Ретроспекция условий литогенеза глиноземистых пород - метапелитов докембрия имеет не только в теоретическое значение, но важна и с практической стороны в той мере, в какой литогенез определяет металлогеническую специализацию отложений; кроме этого глиноземистые метаморфические породы в условиях ВКМ представляют собой главные бокситоматеринские образования [3], а также являются важнейшей рудовмещающей средой локализации метаморфогенных руд золота, платиноидов, полиметаллических руд [4]. Ретроспективный анализ вопросов литогенеза метаморфических пород целесообразно вести от слабометаморфизованных разностей к высокометаморфизованным в рамках принятой схемы стратиграфического расчленения метаморфических образований ВКМ [5].

Вещественный состав и распространение

В пределах региона, в целом, наименее метаморфизованы раннепротерозойские глиноземистые метапелиты оскольской, курской и воронцовской серий. Посткурсские метапелиты оскольской серии ограничены в своем распространении грабен-синклинальными структурами (Белгородской, Тим-

Ястребовской, Михайловско-Новоялтинской, Рыльской, Волотовской и др.). Они представлены кварц-серицит-хлоритовыми, кварц-серицитовыми, кварц-биотитовыми сланцами, часто углеродистыми; реже отмечены гранат-биотитовые разности. По внешнему облику и по степени метаморфизма сланцы оскольской серии сходны с пространственно сближенными сланцами курской серии, образуя важную в металлогеническом отношении ассоциацию бокситоматеринских пород Висловского и других месторождений бокситов визейского возраста [3]. Химические составы (таблица) также обнаруживают в общем случае значительное сходство. Наиболее существенным отличием метапелитов оскольской серии является аномально высокое содержание марганца в углеродистых разностях метапелитов, а также тот факт, что метапелиты оскольской серии в целом характеризуются относительно незначительным содержанием оксидов алюминия.

Глиноземистые отложения коробковской свиты курской серии, наблюдаемые в переслаивании с железистыми кварцитами наиболее изучены в минералого-петрографическом отношении. Мощность отдельных слоев измеряется от первых метров до многих десятков метров, кроме того, они образуют в железистых кварцитах тончайшие прослои. В целом мощность второй и четвертой пачек межрудных сланцев составляет 200 и 300 метров соответственно [6]. Б.Д.Клагиш [7] выделила шесть минералогенетических типов сланцев, четыре из которых являются глиноземистыми (таблица). Первый тип характеризуется кварц-серицитовым (или мусковитовым) составом, второй и третий – биотит-мусковитовым и мусковит-биотитовым соответственно, четвертый – кварц-биотитовый. Важно отметить, что переходы между всеми выделенными типами, в отношении валового химического состава, постепенные. Следует обратить внимание на относительно высокие содержания калия как показателя внутриконтинентального режима бассейна седиментации в курское время. При этом калий зафиксирован не только в слюдах, но и в калиевом полевошпате. Весьма показательным в этом плане является Панковский участок КМА, в пределах которого калишпат встречается в карбонатных и железистых породах продуктивной толщи коробковской свиты. Максимальные содержания калишпата (до 15%)

Таблица

Химический состав метapelитов докембрия ВКМ (числитель – среднее, знаменатель – пределы значений)

| Возраст | PR _{1vc} | PR _{1os} | PR _{1kr} | PR _{1kr} по Б.Д.Клагитш [7] | | | | PR _{1st} | AR ₂ | AR _{1^{br}} |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--------|---------|--------|-------------------|-----------------|------------------------------|
| | | | | Тип I | Тип II | Тип III | Тип IV | | | |
| Число проб | N=42 | N=14 | N=20 | Тип I | Тип II | Тип III | Тип IV | N=23 | N=10 | N=33 |
| | 57,35 | 55,25 | 60,40 | 57,63 | 61,09 | 57,57 | 58,44 | 57,94 | 56,23 | 56,71 |
| SiO ₂ | 49,20-63,46 | 45,60-64,15 | 48,85-65,56 | | | | | 48,22-67,97 | 41,48-71,03 | 47,99-62,08 |
| | 0,84 | 0,79 | 0,65 | 1,05 | 0,54 | 0,61 | 0,55 | 0,66 | 0,82 | 0,77 |
| TiO ₂ | 0,38-1,27 | 0,44-1,10 | 0,34-1,05 | | | | | 0,34-0,95 | 0,21-1,71 | 0,52-1,10 |
| | 18,03 | 18,39 | 18,86 | 23,68 | 19,10 | 17,99 | 14,82 | 20,16 | 20,82 | 21,88 |
| Al ₂ O ₃ | 17,11-22,21 | 16,97-20,41 | 16,02-23,68 | | | | | 16,96-27,78 | 17,13-28,35 | 16,62-28,81 |
| | 1,73 | 4,18 | 3,69 | 1,33 | 2,04 | 2,60 | 2,45 | 1,96 | 1,74 | 2,33 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,69-2,84 | 0,90-15,76 | 1,33-8,71 | | | | | 0,11-4,87 | 0,48-3,92 | 0,05-7,10 |
| | 6,52 | 5,03 | 3,58 | 1,99 | 3,35 | 5,12 | 6,12 | 3,49 | 6,19 | 5,46 |
| FeO | 4,12-10,23 | 0,89-8,88 | 1,00-13,38 | | | | | 0,90-9,34 | 1,22-11,06 | 2,75-8,86 |
| | 0,06 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| MnO | 0,03-0,014 | 0,02-0,34 | 0,01-0,09 | | | | | 0,02-0,09 | 0,02-0,11 | 0,03-0,23 |
| | 3,73 | 3,22 | 1,99 | 1,49 | 2,42 | 3,55 | 3,64 | 3,34 | 2,36 | 2,62 |
| MgO | 2,27-4,91 | 0,94-5,64 | 0,53-3,64 | | | | | 0,76-6,74 | 1,00-6,90 | 1,01-5,32 |
| | 1,97 | 2,92 | 0,56 | 0,22 | 0,32 | 0,72 | 1,99 | 1,31 | 1,27 | 1,32 |
| CaO | 0,74-2,97 | 0,74-7,46 | 0,12-2,70 | | | | | 0,12-4,67 | 0,13-3,47 | 0,31-2,82 |
| | 2,17 | 1,40 | 0,34 | 0,76 | 0,82 | 0,70 | 0,70 | 0,89 | 1,35 | 1,46 |
| Na ₂ O | 0,41-3,40 | 0,10-4,70 | 0,10-0,82 | | | | | 0,22-3,05 | 0,30-3,90 | 0,15-3,32 |
| | 4,13 | 4,11 | 5,08 | 6,36 | 5,30 | 4,80 | 4,13 | 6,39 | 4,06 | 3,82 |
| K ₂ O | 2,40-5,92 | 0,94-7,78 | 3,02-6,56 | | | | | 2,85-10,65 | 2,20-7,52 | 2,25-4,80 |
| | 0,22 | 0,28 | 0,06 | 0,12 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,11 |
| P ₂ O ₅ | 0,01-0,37 | 0,12-0,77 | 0,10-0,17 | | | | | 0,02-0,40 | 0,02-0,47 | 0,02-0,39 |
| | 0,29 | Н.о. | Н.о. | (0,91) | (1,42) | (1,35) | (0,90) | 0,08 | 0,13 | 0,05 |
| S _{общ} (SO ₃) | 0,02-3,73 | | | | | | | 0,02-0,56 | 0,02-0,40 | 0,01-0,28 |
| | 3,20 | 3,72 | 2,86 | 1,55 | 1,32 | 1,87 | 1,53 | 3,09 | 3,43 | 3,17 |
| П.п.п. | 1,63-4,92 | 2,22-8,22 | 0,67-4,95 | | | | | 0,83-6,02 | 2,91-4,87 | 1,11-8,12 |
| | 100,24 | 99,62 | 99,46 | 97,77 | 98,76 | 98,61 | 98,81 | 99,62 | 98,87 | 99,61 |

наблюдается в разностях полосчатых кварцитов, содержащих кроме карбоната, заметное количество зеленой слюды – ферристильпномелана. Образования калишпата имеют форму округлых орбикул в тонкокристаллическом слюдистом или карбонатном агрегате. Четкая приуроченность калишпата к прослоям определенного состава, характерные орбикулярные формы его образования при отсутствии признаков калиевого метасоматоза позволяют сделать вывод об аутигенности калишпата в составе слабо метаморфизованных отложений курской серии. Поскольку вышеописанные находки единичны, можно предполагать специфические условия литогенеза, приведшие к высокой концентрации калия в первичном осадке.

Глиноземистые метаморфизованные отложения стойленской и игнатеевской свит курской серии, подстилающие железистые кварциты коробковской свиты целесообразно рассмотреть самостоятельно. Они представлены, главным образом, существенно слюдистыми кварц-биотитовыми, кварц-хлорит-серицитовыми, кварц-серицитовыми или кварц-мусковитовыми сланцами, часто углеродсодержащими, нередко с гранатом, реже со ставролитом, андалузитом. Химический состав (таблица) характеризуется значительными вариациями содержаний практически всех петрогенных элементов при стабильно высоком содержании калия. Последний содержится не только в слюдах, но нередко и в калиевом полевоом шпате генезис которого остается неясным.

Самостоятельное пространственное и геолого-структурное положение занимают раннепротерозойские глиноземистые породы, наблюдаемые в разрезах воронцовской серии. Последняя, являясь вмещающей средой никеленосных интрузий, занимает восточную часть ВКМ, выделяемую в качестве самостоятельной Хоперской структурно-формационной зоны, отделенной от геоблока КМА Лосевско-Усманской шовной зоной [8]. Воронцовская серия занимает Калач-Эртильскую подзону, вытянутую с северо-запада на юго-восток на 500-600 км (возможно более) при ширине 100-150 км. Несмотря на значительную площадь развития и весьма широкий диапазон условий метаморфизма – от фации зеленых сланцев до амфиболитовой включительно [9,10], метапелиты характеризуются весьма однородным химическим составом (см. таблицу) на всех уровнях стратиграфического разреза [11]. Минеральный состав также весьма однообразен. Резко доминируют биотитовые сланцы, подчиненным развитием пользуются серицит-биотитовые и мусковит-биотитовые разности. Типично метаморфогенные минералы – гранат, андалузит, ставролит, силлиманит содержатся в соответствующих разностях в количестве 2-5%, не изменяя заметно валового химического состава пород. В целом метапелиты воронцовской серии заметно отличаются петрохимически от одновозрастных метапелитов курской серии геоблока КМА, прежде всего относительно низ-

кой железистостью, но более высоким содержанием натрия.

Глиноземистые метапелиты позднеархейского периода распространены только в пределах геоблока КМА. Они представлены элювиальными и перетолженными метаморфизованными продуктами выветривания раннеархейских пород и позднеархейских метавулканитов александровской свиты михайловской серии. В стратиграфических схемах докембрия они включены в состав лебединской свиты михайловской серии, перекрывающей метавулканиты александровской свиты. Минеральный состав метапелитов достаточно разнообразен. Преобладают биотитовые, гранат-биотитовые, мусковит-биотитовые, мусковитовые, ставролитовые, ставролит-андалузитовые сланцы; редко можно обнаружить хлоритоидные сланцы. Химический состав (см. таблицу) характеризуется значительными вариациями содержаний практически всех петрогенных элементов. В целом следует отметить низкое содержание натрия относительно калия; обращает также внимание относительно высокое содержание железа.

Распространенность глиноземистых метапелитов лебединской свиты михайловской серии весьма значительная. Они встречаются в разрезах буровых скважин практически повсеместно в пределах железорудного бассейна КМА, главным образом в качестве пород, подстилающих курскую серию отложений. Не исключено, что подобные образования сохранились от эрозии и на площадях отсутствия отложений курской серии. Косвенно об этом свидетельствуют данные (устное сообщение А.А.Смирнова) по распределению участков относительно пониженного электросопротивления на площадях развития высокоомных пород гнейсово-мигматитового комплекса архея.

Наиболее древними представляются глиноземистые породы, известные в составе брянской ассоциации обоянского гнейсово-мигматитового комплекса раннего архея. Они представлены гнейсами: биотитовыми, силлиманит-биотитовыми, гранат-биотитовыми, реже кордиерит-биотитовыми, графит-силлиманит-биотитовыми, ассоциирующими, как правило, с лейкократовыми плагиогнейсами, реже кварцитовидными гнейсами. Интересно, что в минеральном составе глиноземистых гнейсов присутствует магнетит, иногда до 5%. Наличие последнего объясняется разложением биотита с образованием силлиманита, кордиерита, магнетита, калиевого полевого шпата в условиях высокотемпературного регионального метаморфизма (до гранулитовой фации включительно) [12, 13]. Химический состав описываемых пород (см. таблицу) характеризуется, как правило, высоким содержанием глинозема. Известно, что парагенезис глиноземистых, графитовых и кварцитовидных гнейсов пользуется довольно широким распространением в пределах всех докембрийских щитов и платформ [14], представляя кондалитовую формацию раннего архея. В пределах

ВКМ распространение формации определяется участками наибольшего уровня эрозионного среза докембрия, главным образом, на территории западной части и в центральной части геоблока КМА, а также встречены в ряде отдельных скважин на севере, юге и востоке названного геоблока.

Ретроспективный анализ

Литологическая ретроспекция глиноземистых метапелитов докембрия опирается главным образом на петрохимические методы при условии изохимического характера метаморфизма исходных отложений в отношении петрогенных элементов. При этом представляется важным учитывать унаследованный характер преобразования первичной осадочной минеральной ассоциации в метаморфический парагенезис, благодаря которому наблюдается разнообразие минерального состава метапелитов (сланцев) низких ступеней метаморфизма. Детальное исследование бокситоматеринских глиноземистых сланцев курской и оскольской серий в пределах Белгородского рудного района [3] обнаруживает значительную сложность решения вопросов первичного минерального состава – (главного признака условий литогенеза) докембрийских пелитов даже в условиях их слабого метаморфизма. Используя метод анализа диаграмм «состав-парагенезис» (рис.1, ряд 2) приходим к выводу, что первичный состав глинистых осадков курского времени был преимущественно каолинит-гидрослюдистым. Он характеризуется относительно высокой железистостью, высокими значениями отношения К/Mg и низкими содержаниями натрия и кальция. Однако диаграмма «состав-парагенезис» указывает на гидрослюдистый состав только в случае допущения, что калий и магний входили в состав слюд или хлоритов, привнесенных в бассейн седиментации из областей сноса, что мало вероятно, так как осадки прошли стадию диагенеза, а глинистые породы – катагенеза и метагенеза, а железисто-кремнисто-сланцевая формация, включающая рассматриваемые образования, характеризуется в целом высокой степенью осадочной дифференциации исходных отложений [15]. Следовательно, состав исходного осадка не может трактоваться однозначно. Слюды изученных нами сланцев курской серии, в соответствии с кристаллохимической и генетической классификацией А.Г.Коссовской [16], относятся к группе алюминиевых слюд и гидрослюд, к подгруппе мусковитов метаморфических пород и подгруппе иллитов $2M_1$, измененных глубинным катагенезом-метагенезом. Принадлежность слюды только к одному политипу ($2M_1$), узкий диапазон зарядов в тетраэдрических и октаэдрических слоях, а также железистость исключают возможность ее неосадочного (например, гидротермального) происхождения.

Дифрактометрический анализ по базальному рефлексу часто фиксирует в бокситоматеринских сланцах примесь минералов каолинитовой группы ($001=7,03-7,15\text{Å}$). Находки каолинита в невыветре-

лых метапелитах курской серии указывают на весьма зрелый состав ранепротерозойских осадков. В чистом виде каолинит проанализировать не удалось, по отдельным рефлексам можно предполагать примесь хлорита, диккита или накрита, что, однако, не противоречит выводу о высокой зрелости первичных осадков курского времени. Известно, что эти минералы образуются в позднекатагеническую и метагеническую стадии в результате преобразования структуры каолинита.

Особенностью состава глиноземистых сланцев курской серии является относительно высокое содержание оксида кремния (см. таблицу, рис.1), что объясняется постоянным присутствием кварца. Последний представлен кварцем двух генетических типов: 1) терригенным алевритовой размерности, определяемым под обычным петрографическим микроскопом и 2) неопределимым под микроскопом, видимом лишь в электронном микроскопе в интерстициях чешуек слюды. Содержание терригенного кварца оценивается в пределах 2-15%, в среднем 5-7%. Химическое определение свободного оксида кремния показало его общее содержание 30-35%. Следовательно, кварц второго типа (скорее всего, первично коллоидный кремнезем) в глиноземистых метапелитах постоянно содержится в количестве 20-25%. За вычетом кварцевого кремнезема – серицит оказывается высокоглиноземистой, ее состав близок к составу теоретического мусковита. Если исходить из терригенной модели образования первичного осадка и изохимического характера метаморфизма, можно утверждать, что состав первичного осадка был «зрелым» кварц-каолинитовым или кварц-каолинит-гидрослюдистым с примесью оксидов и гидрооксидов железа, а возможно и алюминия, что указывает на высокую зрелость кор выветривания и свидетельствует о гумидном климате и повышенной влажности областей сноса курского времени. С другой стороны допустимо предположение о хемогенно-коллоидном происхождении осадка, о чем можно судить по отсутствию терригенных акцессорных минералов в метапелитах курской серии [17], по форме выделения кремнезема в микрокристаллическом слюдистом матриксе. В таком случае свободный глинозем мог «срабатываться» при метаморфизме, переходя в решетки слоистых силикатов – серицита, биотита или хлорита. Как следует из анализа диаграмм «состав-парагенезис» (рис. 1), I-III типы метапелитов Б.Д.Клагинш соответствуют существенно гидрослюдистому составу глин. Наиболее распространенный IV тип (биотитовые метапелиты) занимают промежуточное положение, отвечая гидрослюдисто-гидробиотитовому первичному парагенезису. Во всех типах пелитов отношение железа к магнию сохраняется в довольно узких пределах. В связи с этим можно полагать, что первичные глины курской серии представляли собой закономерный ряд осадочных пород, минеральный состав которых определялся соотношением глинозема и магнезиально-железистых компонентов, поступава-

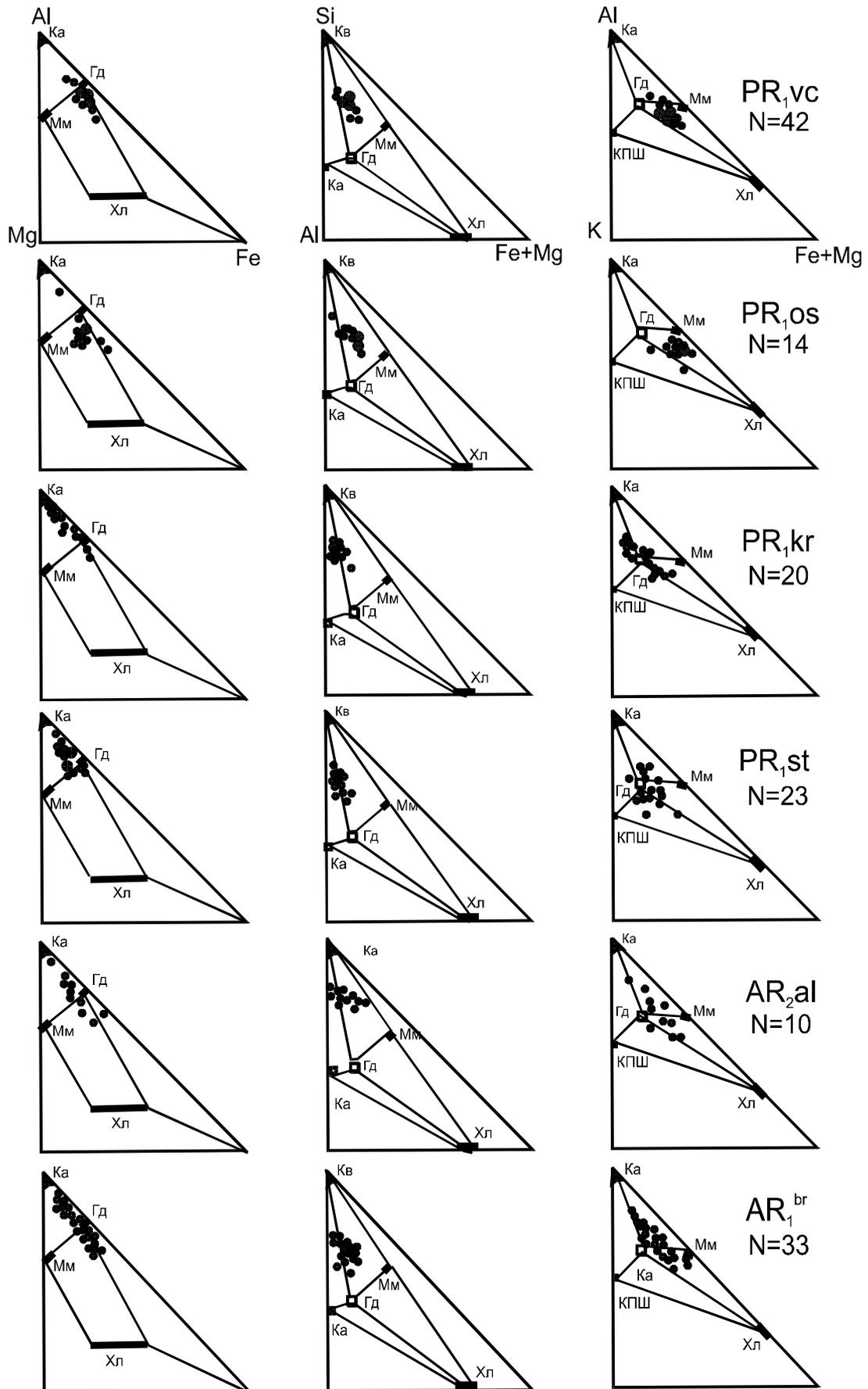


Рис. 1. Проекция составов глиноземистых метapelитов докембрия ВКМ

ших в бассейн седиментации в свободном друг от друга состоянии. Согласно установленным Страховым общим закономерностям литогенеза [18], наиболее глиноземистые разности отлагались ближе всего от береговой линии бассейна седиментации, тогда как магнезиально-железистые характеризуют удаленные фации седиментогенеза. Показателем внутриконтинентального режима бассейна седиментации пелитов в курское время является относительно высокое содержание в них калия. Последний концентрируется не только в слюдах, но и в калиевом полевоом шпате. В отдельных слоях метапелитов в шлифах изредка можно видеть образования калишпата размером до 0,3 мм. Дифрактометрический анализ фиксирует и более тонкие (около 0,005 мм) образования калиевого полевоого шпата. Предположение о метасоматическом генезисе последнего в таких случаях представляется менее вероятным, чем допущение терригенной природы или образования за счет аутигенных компонентов, оказавшихся «избыточными» относительно кристаллохимической емкости решеток слоистых алюмосиликатов. Физико-химические условия появления аутигенного калиевого полевоого шпата в метапелитах курского времени остаются неопределенными. Возможно, специфичность докембрийских условий литогенеза обеспечивала его появление еще на стадии катагенеза или метагенеза отложений.

В связи с вышесказанным не менее важным является вопрос о природе высоконатриевых минералов – амфиболов и пироксенов в составе пород коробковской свиты курской серии. Как известно [19] они характерны практически для всех раннепротерозойских железистых кварцитов мира. В пределах КМА эгириин и рибекит были обнаружены в первые же годы разведки железорудных месторождений. Н.И.Свитальский [20] один из первых привел доказательства того, что их образование было предопределено первичным составом железистых осадков. Однако вскоре эти воззрения были забыты в связи с популярностью идей метасоматической гранитизации пород докембрия. Однако, в 60-х годах прошлого века А.А.Глаголев [21], детально исследовав Старооскольский железорудный район КМА, пришел к выводу, что эгириновые и щелочно-амфиболовые кварциты нельзя отнести к категории метасоматических горных пород. Позднее нами было установлено принципиальное отличие флюидного режима кристаллизации эгириина и щелочных амфиболов в условиях фации зеленых сланцев [22] от флюидного режима процессов гранитизации. Оно заключается в существенном преобладании CO_2 в составе законсервированных флюидов железистых кварцитов, особенно эгириносодержащих, образующих тонкие прослои. Источником CO_2 и натрия могли служить первичные содовые минералы, образование которых возможно в результате локально проявлявшегося эффекта выпаривания мелководного (лагунного) бассейна седиментации (известно, что натриевые амфиболы и пироксены распростра-

нены не по всему разрезу коробковской свиты и не на всей площади ее развития).

Исходя из вышеизложенного, условия накопления глиноземистых и железистых пород коробковской свиты курского времени раннего протерозоя можно определить как морские внутриконтинентальные с периодической сменой морского и мелководного лагунного режимов литогенеза. Следовательно, подтверждаются представления о том, что отложения курской серии представляют собой отложения древнего осадочного чехла, перекрывающего кристаллический фундамент архея [23].

Глиноземистые отложения докоробковского времени, рассматриваемые в составе игнатеевской (карбонатно-метаграувакковая формация) и стойленской (метааркозово-сланцевая формация) свит курской серии характеризуются наиболее пестрым составом, что наглядно отражено в разбросе проективных точек на диаграммах «состав-парагенезис» (рис. 1). На этом основании можно предполагать как разнородность состава материнских пород на площадях сноса, так и полиминеральность состава первичных глинистых отложений общей особенностью которых является высокая концентрация калия (см. таблицу, рис.1), что свидетельствует либо о специфике выветривания на суше, либо о его недостаточной интенсивности в указанном интервале раннепротерозойского времени. Косвенно об условиях выветривания можно судить по соотношению титана и алюминия. Согласно исследованиям Е.П.Акульшиной [24] в глинистых продуктах выветривания в гумидных климатических условиях отношение оксида алюминия к оксиду титана устанавливается на минимальном уровне – меньше 20, а в аридных не опускается ниже 30. Значения от 20 до 30 соответствуют переходным климатическим условиям. В нашем случае для оценки климатических условий наиболее подходят метаморфизованные элювиальные продукты выветривания, представленные ставролитовыми сланцами – глиноземистыми метапелитами лебединской свиты, залегающими на метавулканитах александровской свиты с постепенным переходом. Метавулканиты (амфиболиты) александровской свиты обладают изначально высокими содержаниями титана, поэтому характеризуются низкими значениями отношения $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$. Низкие значения сохраняются и в слабо измененных выветриванием метабазах, тогда как в конечных продуктах выветривания, представленных ставролитовыми сланцами, это отношение соответствует аридным условиям выветривания. Анализ значений отношения $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ (рис.2) позволяет заключить, что некоторая информативность данного критерия сохраняется даже в приложении к переотложенным глиноземистым породам докембрия. Так, такое же высокое отношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ сохраняется и в перекрывающих лебединскую свиту глиноземистых метапелитах игнатеевской и стойленской свит курского времени литогенеза. Резко отличается характер распределения значений этого отношения в гли-

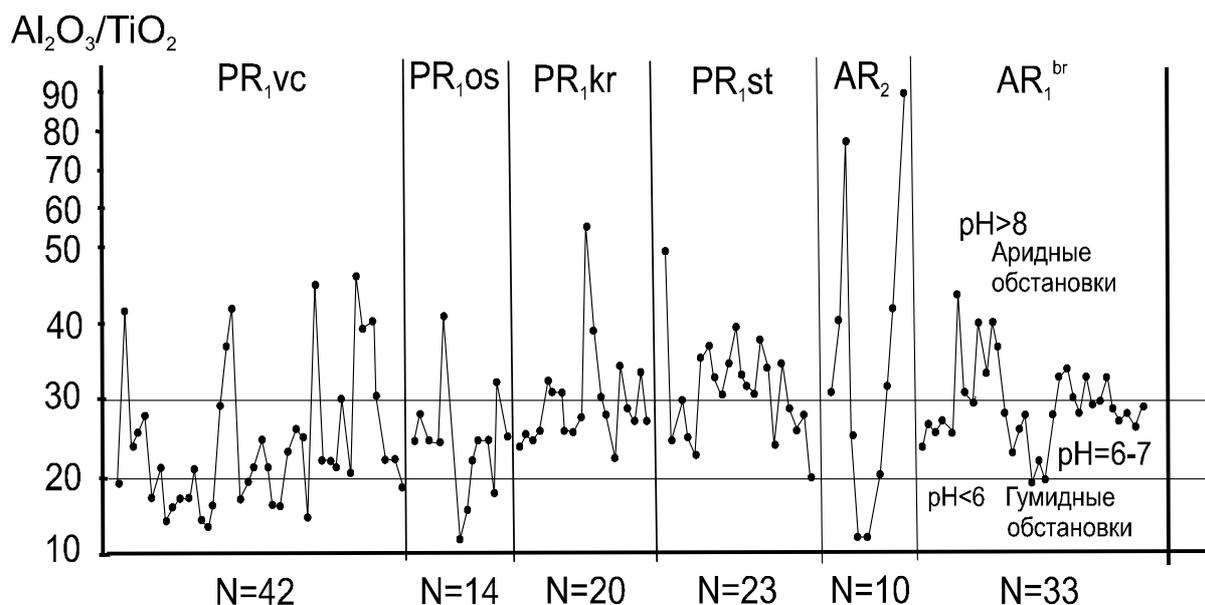


Рис. 2. Вариации значений отношения Al_2O_3/TiO_2 в метапелитах ВКМ

ноземистых метапелитах воронцовской серии, накопленных одновременно с отложениями курской серии, но занимающих самостоятельное структурное положение. При весьма устойчивом значении содержания оксида алюминия (см. таблицу) значения содержания оксида титана варьируют от 0,19 до 1,45 вес.%, чем обусловлены широкие вариации значений отношения Al_2O_3/TiO_2 (рис. 2). Подобная независимость содержания титана от содержания алюминия свидетельствует, очевидно, о высокой скорости эрозии площадей сноса и соответственно слабой степени выветривания пород - источников сноса.

Метапелиты воронцовской серии заметно отличаются по петрохимическим параметрам от метапелитов курской серии, прежде всего, пониженной железистостью при более высоком содержании натрия (см. таблицу). Анализ с помощью диаграмм «состав-парагенезис» (рис.1) показывает, что пелиты воронцовской серии до их метаморфизма были сложены преимущественно гидрослюдами. Вероятно, калий находился в глинистых осадках изначально, с момента их образования. Фиксация калия в решетках глинистых минералов, вероятно, завершилась еще на стадиях седиментогенеза, так как не обнаружено зависимости содержания калия в слюдах от степени метаморфизма изучаемых пород. В связи с этим монтмориллонит, если и присутствовал в осадках, не мог быть устойчивым из-за высокого потенциала калия. Мала вероятность присутствия и каолинита из-за относительно низкой глиноземистости пелитовых отложений, материал для формирования которых испытал сравнительно слабое выветривание [9] на площадях сноса.

Таким образом, можно полагать, что устойчивыми глинистыми минералами в пелитовых отложениях воронцовской серии были гидрослюды подобные гидробиотиту и гидромусковиту при ограниченной устойчивости железо-магнезиальных

хлоритов и монтмориллонита. В ходе последующего метаморфизма происходило преобразование гидрослюд соответственно в биотит и мусковит. Вывод об унаследованном характере преобразования первично осадочных слоистых силикатов в метаморфический парагенезис слюд представляется важным для понимания причин разнообразия минерального состава метапелитов в изофациальных условиях регионального метаморфизма.

Наиболее сложным представляется вопрос об условиях литогенеза в архее, особенно в раннем. В связи с высокой степенью их метаморфизма и наложенными процессами ультраметаморфизма, гранитизации, возможны искажения соотношений даже самых инертных петрогенных элементов. В связи с этим более важное значение приобретает анализ наблюдаемого парагенезиса метаморфических пород. Например, глиноземистые гнейсы в разрезах брянской ассоциации обоянского комплекса наблюдаются, как правило, в парагенезисе с кварцитовидными, реже графитовыми разностями. К особенностям внутреннего строения разрезов относится грубое, редко частое переслаивание. Видимая мощность отдельных слоев (по керну скважин) достигает 10 – 40 и более метров. Преобладающее большинство составов перечисленных выше гнейсов проецируется в поля первично осадочных пород высокой степени осадочной дифференциации [25]. Относительно высокие содержания железа и калия при относительно пониженном содержании магния (см. таблицу) позволяют относить глиноземистые метапелиты брянской ассоциации обоянского комплекса к специфическим отложениям раннего архея. На диаграммах «состав – парагенезис» (рис. 1) их составы соответствуют, главным образом, составам мономинеральных гидрослюдистых глин с примесью каолинита. Отношение Al_2O_3/TiO_2 (рис.2) недостаточно устойчивое, соответствует преимущест-

венно аридным и семиаридным климатическим обстановкам на площадях сноса, однако, допустимо и предположение о независимом поступлении титана и алюминия при формировании глинистых отложений. Более информативными представляются данные о содержаниях редкоземельных элементов. На основании пока еще единичных анализов, приведенных нами ранее [25], можно полагать, что гнейсы брянской ассоциации первично представляли собой осадочные отложения, сформированные в условиях литогенеза на континентальном блоке. Анализ распределения редкоземельных элементов позволяет заключить, что глиноземистые отложения брянской ассоциации сформированы при участии зрелых кор выветривания, поставивших эти продукты в бассейны седиментации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полищук В.Д., Полищук В.И. Метаморфизм пород докембрия КМА // Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. – М., 1976. -С. 164-172.
2. Зайцев Ю.С., Иванов А.В., Лебедев И.П. Метаморфические комплексы раннего докембрия Воронежского кристаллического массива // Метаморфические комплексы фундамента Русской плиты. –Л., 1978. -С. 115-130.
3. Сиротин В.И. Закономерности визейского бокситообразования (на примере КМА и других провинций Русской платформы): Дис. ... докт. геол.-минерал. наук. - Воронеж, 1988. – 286с.
4. Чернышов Н.М. Металлогения раннего докембрия Воронежского кристаллического массива. // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. –1996. -№ 1. –С. 5-20.
5. Корреляционная схема стратиграфии и магматизма раннего докембрия ВКМ. Ред. Б.М.Петров, Н.М.Чернышов. Утверждена решением РМСК 03. 05. -М., 2001.
6. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. Т. 1, кн. 1. -М., 1970. – 439с.
7. Клагин Б.Д. Курская серия // Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. Т. 1, кн. 1. –М., 1970. -С. 315-372.
8. Чернышов Н.М., Лосицкий В.И., Молотков С.П., Кривцов И.И. И др. Структурно-тектоническое районирование Воронежского кристаллического массива (по геологическим и геофизическим данным) // Современные проблемы геологии: Матер. юбилейной науч. сессии геологического факультета ВГУ. – Воронеж, 1998. –С. 5-7.
9. Лебедев И.П. Реконструкция первичной природы и условий прогрессивного регионального метаморфизма раннепротерозойских образований воронцовской серии (юго-восток Воронежского кристаллического массива): Дис. ... кандидат. геол.-минерал. наук. -Воронеж, 1977. – 247с.
10. Савко К.А., Герасимов В.Ю. Петрология и геоспидрометрия метаморфических пород востока Воронежского кристаллического массива. Воронеж, 2002. – 131с.
11. Лебедев И.П., Молотков С.П., Кривцов И.И., Лосицкий В.И. Структурно-геологические особенности воронцовской серии Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия геологическая. –1999. -№ 7. -С. 25-31
12. Курская магнитная аномалия. Эволюция и геодинамика метаморфизма // Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Метаморфизм. - Киев, 1989. -С.86-103.
13. Савко К.А. Гранулиты Воронежского кристаллического массива: петрология и эволюция метаморфизма. - Воронеж, 1999. – 130с.
14. Салоп Л.И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. М., 1973. – 310 с.
15. Плаксенко Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. -Воронеж, 1966. – 263с.
16. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Слоистые силикаты в земной коре. Сообщ. 1. Классификация // Литология и полезные ископаемые. -1984.-№6. -С. 3-23.
17. Плаксенко Н.А., Щеголев И.Н., Ильяш В.В. Сравнение комплексов акцессорных минералов литологических формаций архея и нижнего протерозоя Курской магнитной аномалии // Литогенез в докембрии и фанерозе Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1975. -С. 3-22.
18. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т.1. - М., 1960. --212 с.
19. Минералы. Справочник. Тю III, вып. 3. -М., 1981.- 398с.
20. Свительский Н.И. Железные руды КМА. - Воронеж, 1938. –94 с.
21. Глаголев А.А. Метаморфизм докембрийских пород КМА. -М., 1966. – 158с.
22. Лебедев И.П., Чистяков В.П. О природе эгирина в железистых кварцитах КМА // Изв. вузов. Геол. и разведка. –1986. -№8. -С. 29-34.
23. Холин В.М., Лебедев И.П., Стрик Ю.Н. О геодинамике формирования и развития Тим-Ястребовской структуры КМА // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. –1998. -№ 5. –С. 51-59.
24. Акульшина Е.П. Методика определения условий выветривания, осадконакопления и постседиментационных преобразований по глинистым минералам // Глинистые минералы как показатели условий литогенеза. - Новосибирск, 1976. -С. 9-38.
25. Сиротин В.И., Лебедев И.П. О литогенезе в ранней истории Земли (по данным сравнительной планетологии и раннего архея Воронежского кристаллического массива) // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. –2001. - № 12. -С. 19-37.