

УДК 551.12:552.4:71(470.32)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОСАДОЧНОЙ ГЕОЛОГИИ ДОКЕМБРИЯ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

В.И. Сиротин, И.П. Лебедев

Воронежский государственный университет

В свете современного научного направления – осадочной геологии докембрия, заложенного академиком А.В. Сидоренко, рассматривается методология и методика исследований осадочно-метаморфических образований докембрия. В их основе лежит познание процессов преобразования осадочных пород в метаморфические – стадийный анализ литогенеза, метаморфизма. Обращено внимание на раннее зарождение седиментогенеза в истории Земли, на его участие в формировании земной коры с эогея (с 4, 35 млрд. лет назад). Формулируется ряд актуальных задач изучения осадочной геологии докембрия Воронежского кристаллического массива – центральной структуры Русской плиты (соотношение главных генетических групп пород в докембрии ВКМ, роль биогенного фактора, проблемы калия, эвапоритового литогенеза, количества перерывов и кор выветривания и др.). Подчеркивается необходимость использования данных сравнительной планетологии для познания условий самого раннего литогенеза в истории Земли.

Выдающийся выпускник (1941 год) геологического факультета Воронежского госуниверситета академик А.В. Сидоренко заложил в начале 60-х годов прошлого века основы нового научного направления в геологии – осадочная геология докембрия и сформулировал ее основные насущные проблемы [1-3]. Эти проблемы, несмотря на заметные успехи в изучении докембрия, не стали менее актуальными и в начале XXI века, как в методологическом и гносеологическом отношении, так и с точки зрения их практической, в том числе минерагенической, значимости.

Как известно, в последние 50 лет менялся концептуальный подход к ранней истории Земли (4.55-4.00 млрд. лет назад). Представление об изначально огненно-жидкой Земле, основанное на гипотезе Лапласа, в 50-е годы XX века сменилось идеей об изначально холодной Земле и последующем ее разогреве под влиянием теплоты радиоактивных элементов (гипотеза О.Ю. Шмидта, Г. Юри и др.) Одако уже в конце 70-х годов прошлого века родилась новая парадигма – о быстром, галопирующем наборе массы Земли, ее разогреве в процессе роста, частичном плавлении и дифференциации ее недр еще до окончания аккумуляции. В соответствии с этой парадигмой все более обоснованным представляется зарождение седиментогенеза «с самого начала» - с 4.45 млрд. лет назад. Так называемая «темная история» Земли (4.55-4.00 млрд. лет назад) постепенно стала «просвечиваться» и сужаться до 4.20 млрд. лет (по возрасту древнейших осадочных пород Западной Австралии). В настоящее время есть достаточные основания для того, чтобы еще более удревить зарождение седиментогенеза (и более широко гипергенеза и литогенеза) до рубежа 4.40 млрд. лет назад: обнаружен и исследован земной материал из местечка Джек Хиллс (Западная Австралия) с возрастом древнее 4.2 млрд. лет назад [4]. По ксенолитам и обломкам циркона был определен самый пока древний их возраст – 4.404 млрд. лет назад. Из определения изотопов кислорода из этих цирконов следует важнейший вывод о том, что по-

верхность Земли к этому рубежу была достаточно охлажденной – температура воды была заметно ниже 200⁰ С, что означает в условиях высоких значений атмосферных давлений присутствие ее на поверхности Земли в жидкой фазе. Эти данные по физическому состоянию воды находятся в полном соответствии с данными сравнительной планетологии – о быстром, галопирующем наборе массы Земли (до 99,90%) в течение первых 50-100 млн. лет, о «горячей Земле» в интервале 4.55-4.40 млрд. лет, относительно охлажденной Земле (с 4.40 до 4.20 млрд. лет назад), об интенсивной «тяжелой» бомбардировке Земли (как и всех внутренних планет Солнечной системы) крупными метеоритными телами в интервале 4.20 – 3.80 млрд. лет назад. Таким образом, самая ранняя история Земли (4.55-4.45 млрд. лет назад) – это история ее дифференциации на ядро, мантию и земную кору, причем, с позиций новой парадигмы, есть достаточные основания считать, что земная кора «с самого начала» была не только магматической, а осадочно-магматической геосферой.

Главным методом научного направления, заложенного А.В. Сидоренко, является глубокое изучение процессов преобразования осадочных образований в метаморфические горные породы, корректный «перевод» наблюдаемых метаморфических пород в неметаморфизованные осадочные (или магматические) эквиваленты.

Объектом исследования, таким образом, должен явиться весь комплекс генетических типов осадочных пород, известных на фанерозойском этапе (а не только обломочных, что принижало роль седиментогенеза в ранней истории Земли). В поле зрения литолога – докембриста попадает весь широкий спектр процессов, имеющих отношение к рождению и "бытию" осадочной породы, начиная с процессов выветривания, переноса вещества, седиментогенеза и литогенеза и, наконец, метаморфизма. Важнейшее значение приобретает разработка генетической классификации метаморфических горных пород с учетом их первичной осадочной природы, восста-

новления фациальной и более широко – палеогеографической и палеогеодинамической обстановок формирования осадочных пород, и, наконец, процессов рудогенеза, связанных с различными стадиями формирования и "бытия" осадочной породы. Одной из важнейших проблем осадочной геологии докембрия А.В.Сидоренко и его ученики [5, 6 и др.] считали оценку роли биогенного фактора в формировании осадочных пород, начиная с раннего архея, что имеет первостепенное значение как для теоретической и практической геологии, так и для всего естествознания.

На геологическом факультете Воронежского государственного университета идеи А.В.Сидоренко активно поддерживал его учитель и друг профессор М.С.Точилин – основатель и научный руководитель Проблемной лаборатории геологии и минерального сырья ЦЧЭР. Особое значение М.С.Точилин придавал задачам изучения преобразований исходных пород на минеральном уровне, оценки роли вулканогенных процессов в формировании докембрийских стратифицированных пород земной коры [7-9].

Между тем природа ранней (до 4,2 млрд. лет назад) земной коры, ее эволюция до сих пор почти исключительно рассматриваются с позиций магматизма и метаморфизма, по-прежнему преобладают магматические, метаморфические или магмо-метаморфические модели (А.П.Виноградов, Полдерват, Грин, Тейлор, Холланд, Лутц, Рингвуд и др.[10-12]). Значение литогенеза в ранней истории земной коры остается недостаточно оцененной и освещенной. Только в последние десятилетия наметились положительные сдвиги в отношении оценки роли литогенеза в работах В.А.Рудника, Э.В.Соботовича, В.А.Тенякова, О.М.Розена, В.З.Негруца, И.А. Бергмана и др. [12-16].

В свете вышесказанного весьма актуальной представляется задача исследований докембрия Воронежского кристаллического массива (ВКМ) - центральной структуры Русской плиты, в пределах которого находится уникальная по запасам докембрийская железорудная провинция. Выяснение роли литогенеза в самой ранней истории становления континентальной земной коры региона ставит литологов-докембристов перед задачей, в конечном итоге, создания комплексной осадочно-магмато-метаморфической модели, формирования сиалической земной коры в доархейское и раннеархейское время.

К числу наиболее важных и актуальных вопросов осадочной геологии докембрия ВКМ относятся следующие:

1. Количественное соотношение терригенных, вулканогенных, хемогенных и биогенных пород в разрезах раннего и позднего архея региона.

2. Роль биогенного фактора в накоплении карбонатных, углеродистых и железистых отложений в раннем докембрии.

3. Масштабы проявлений эвапоритового литогенеза, в первую очередь на территории железорудной провинции КМА.

4. Механизм накопления калия в супракристалльных, первично осадочных породах региона и источники его поступления при гранитизации.

5. Генетическая природа источников накопления минералов тяжелой фракции (в первую очередь циркона, баддеилита, монацита, ксенотима) в осадочно-метаморфических толщах докембрия.

6. Климатические условия формирования докембрийских кор выветривания.

7. Крупные перерывы в седиментогенезе и формирование докембрийских кор выветривания, стадийный анализ литогенеза.

8. Степень схождения и различия выявленных характеристик формирования осадочных отложений раннего докембрия и фанерозоя.

9. Условия самого раннего седиментогенеза (с учетом данных сравнительной планетологии).

Петрографо-петрохимический анализ первичной природы гнейсово-мигматитовых образований обоянского комплекса раннего архея ВКМ (изотопный возраст по циркону 3178 +39 млн. лет [17]) и выделение изолитогенных рядов позволили в первом приближении определить [18, 19], что 59% пород субстрата соответствуют грауваккам, 21% вулканитам основного состава и 20% пород субстрата гнейсово-мигматитового комплекса соответствуют первичным пелитам. Важнейшими суперкристалльными формациями в составе обоянского комплекса являются: графит-кондалитовая, кальцифировая, железисто-кремнисто-гнейсовая (брянская ассоциация); метаграувакковая ритмитовая серогнейсовая (россошанская ассоциация); метаграувакковая грубообломочная гранодиорит-гнейсовая (донская ассоциация) [19, 20].

Таким образом, ультраметаморфические гранитоиды ВКМ формировались преимущественно за счет пород апограуваккового ряда. Вопреки распространенным представлениям о формировании автохтонных гранитоидов по метабазитам [21, 22] апобазитовый ряд оказался в целом не определяющим. Следовательно, массовой ультраметаморфической переработки больших по площадям распространения и объему масс ортопород метабазитового ряда в пределах ВКМ не происходило. Первично обломочные седиментогенные образования, обладая самой высокой флюидопроницаемостью, были энергетически более выгодными для протекания последующих процессов ультраметаморфизма и гранитизации.

Вместе с тем роль вулканогенных процессов в накоплении докембрийских отложений региона остается во многом неопределенной как в отношении, базитового, так и риолитового типов. Необходимы как традиционные, так и современные, прежде всего, прецезионные методы исследования (например, содержания индикаторных элементов-примесей, в том числе редкоземельных) предполагаемых первично вулканогенных метаморфических пород (так называемых отросланцев, ортоамфиболитов и т.п.).

В актуальных вопросах познания условий докембрийского литогенеза условия накопления карбонатных и эвапоритовых отложений имеют особую значимость. Это было осознано еще в начале 70-х годов прошедшего века [5, 23]. В докембрии ВКМ они широко развиты в разрезах раннего протерозоя, установлены и в составе архейских отложений, однако фациальные условия их литогенеза, роль биогенного фактора в карбонатонакоплении все еще не вышли из предварительной стадии предположений. Для обоснованных выводов необходим тщательный анализ структурно-текстурных особенностей строения карбонатных пород с целью выявления первичных биогенных форм, исследования соотношений изотопов углерода и кислорода как показателей их источников и климатических условий накопления аутигенных карбонатов (поиски последних представляют собой необходимое условие корректности решения задач изотопного анализа).

Вопросы галогенеза и эвапоритового литогенеза в докембрии региона также пока практически только обозначены [24, 25]. Между тем недооценка их роли чревата просчетами при разработке генетических моделей петрогенезиса и рудообразования, так как продукты эвапоритового литогенеза могут быть источниками, в первую очередь, щелочных металлов и анионных комплексов метаморфогенных флюидных систем. В пределах ВКМ наиболее вероятными производными эвапоритового литогенеза представляются щелочноамфиболовые и эгириновые железистые кварциты [24], закономерности распространения которых в разрезах коробковской свиты КМА до сих пор остаются предметом дискуссий. Не исключена вероятность эвапоритовых фаций литогенеза и в посткоробковское время накопления отложений роговой свиты раннего протерозоя. На это указывают единичные находки сульфатов и повышенных содержаний бария в пределах Тим-Ястребовской структуры. Следует обратить внимание на возможность континентального эвапоритового литогенеза (конкреционнно-цементационных образований в слоях кластических пород) в докембрии восточной части ВКМ.

Ретроспекция масштабов, частоты и условий формирования докембрийских кор выветривания, условий литогенеза высокоглиноземистых и глиноземистых пород имеет не только теоретическое значение, но важна и с практической стороны в той мере, в какой литогенез определяет металлогенетическую специализацию отложений; кроме этого глиноземистые, в частности углеродистые, метаморфические породы в условиях ВКМ являются важнейшей рудовмещающей средой локализации метаморфогенных руд золота, полиметаллических руд, платиноидов, а также представляют собой главные бокситоматеринские образования КМА [26-29].

Одним из самых интригующих представляет вопрос о природе калия и механизмах его накопления в супракрустальных породах докембрия. В настоящее время аутигенный КПШ возникает в слу-

чае высокой активности калия в окружающей среде (кристаллизация КПШ с галитом в оз. Госуит, Вайоминг. США; массовое развитие КПШ – промежуточный ортоклаз-санидин в залежах калийных солей Верхнекамского месторождения и в верхней части соляно-мергельной толщи [30]).

В пределах Панковского железорудного участка КМА (Старооскольский рудный район) аутигенный калиевый полевой шпат встречается в слабо метаморфизованных (фация зеленых сланцев) карбонатных и железистых слоях продуктивной толщи коробковской свиты [31]. В карбонатных и железистых слоях содержание калишпата весьма изменчиво – от единичных знаков до 25%, чаще всего 2-5%. Подобные находки аутигенного калишпата в докембрийских образованиях ВКМ не единичны. Это дает основание полагать, что традиционной модели его привноса гранитизирующими сквозьмагматическими флюидами [32] может оказаться альтернатива – накопление калия гипергенными процессами посредством механизма докембрийского рециклинга.

Генетическая диагностика минералов тяжелой фракции (циркона, баддеилита, ильменита, монацита, ксенотима и др.) имеет важное значение для целей познания вопросов генезиса глубоко метаморфизованных пород докембрия. Сегодня наметилось три основных направления в использовании наиболее изученного из них - циркона: в петрологии, геохронологии и литолого-стратиграфических реконструкциях. Типоморфизм, типохимизм и онтогенез цирконов с успехом применяются для целей корреляции разрезов и изучения первичной природы метаморфизованных пород ВКМ [33, 34].

В заключении следует сказать, что своевременное решение актуальных вопросов осадочной геологии докембрия представляется успешным лишь на основе системного подхода к ретроспективному анализу метаморфических формаций Воронежского кристаллического массива с использованием современных и новейших методов получения генетической информации, включая достижения сравнительной планетологии, что откроет реальные возможности решения как смежных фундаментальных вопросов геологии докембрия (стратиграфии, геодинамики и др.), так и расширения перспектив роста минерально-сырьевой базы России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоренко А.В. Проблемы осадочной геологии докембрия // Сов. геология. –1963. -№4. – С. 3-23.
2. Сидоренко А.В. Осадочная геология докембрия, состояние и задачи // Литология и осадочная геология докембрия: Тез. докл. X Всесоюзного литологического совещ. –М., 1973. -С. 4-7.
3. Сидоренко А.В. Осадочная геология докембрия – состояние науки, проблемы и задачи // Проблемы осадочной геологии докембрия. Кн. 1. -М., 1975. -С.5-15.
4. John W. Valley, William H. Peck, Elizabeth M. King, Simon A. Wilde. A cool early Earth // Geology. – 2002. - V.30, №4. -P. 351-354.

5. Сидоренко А.В., Розен О.М. Карбонатные и хемогенные отложения докембрия: основные итоги и перспективы исследований // Карбонатонакопление и проблема эвапоритов в докембрии: Тез. Докл. Всесоюзного семинара. Проект 91. Металлогения докембрия. -Ростов, 1978. -С.5-9.
6. Св. А. Сидоренко Органическое вещество и докембрийский литогенез // Литология и осадочная геология докембрия: Тез. докл. X Всесоюзного литологического совещ. -М., 1973. -С. 23 – 24.
7. Точилин М.С. Осадочные сидериты докембрия и их геологическое значение // Геологический журн. АН УССР. -1955. -Т.15, вып. 2. -С. 33-39.
8. Точилин М.С. Происхождение железистых кварцитов. - М., 1963. - 168 с.
9. Точилин М.С. Металлогения щитов и задачи изучения докембрия Воронежской антеклизы // Тр. Третьего совещ. по проблемам изучения Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1966. -С. 13-16.
10. Виноградов А.П. Происхождение оболочек Земли // Вестн. АН СССР. -1962. -№9. -С. 16-29.
11. Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли. -М., 1974. - 184 с.
12. Рудник В.А., Собонович Э.В. Ранняя история Земли. - Л., 1984. - 350 с.
13. Теняков В.А. Докембрий Земли и новые проблемы сравнительной планетологии // Карбонатонакопление и проблема эвапоритов в докембрии: Тез. Докл. Всесоюз. семинара. Проект 91. Металлогения докембрия. -Ростов, 1978. -С.9-11.
14. Розен О.М. Петрохимия как источник информации о минеральном составе осадочных пород // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 2: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. -М., 2000. -С.166-171.
15. Негруца В.З., Негруца Т.Ф. Литология докембрия: достижения, перспективы // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 2: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. -М., 2000. -С. 70-75.
16. Бергман И.А. Принципы и методы расшифровки докембрийской природы рудного вещества докембрийских железисто-кремнистых формаций // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 1: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. -М., 2000. -С.95-99.
17. Артеменко Г.В. Геохронология Среднеприднепровской, Приазовской и Курской гранит-зеленокаменных областей: Дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. - Тез. докл. X Всесоюзного литологического совещ.- Киев, 1998. - 435с.
18. Лебедев И.П. К вопросу о геологической природе глубинных неоднородностей земной коры Воронежского кристаллического массива и истории их формирования в раннем докембрии // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Тр. Междунар. конфер. - Воронеж, 1998. -С. 308-315.
19. Лебедев И.П. Суперкрупные формации, метаморфизм и геодинамические процессы в докембрии ВКМ // Проблемы геодинамики и минерагении Восточно-Европейской платформы: Матер. Междунар. научн. конфер. -Воронеж, 2002. -С.158-161.
20. 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.
21. Наливкина Э.Б. Офиолитовые ассоциации раннего докембрия // Докембрий. -М., 1980. -С.28-33.
22. Полушук В.Д., Полищук В.И. Метаморфические комплексы фундамента бассейна Курской магнитной аномалии // Метаморфические комплексы фундамента Русской плиты. -Л., 1978. - С. 131-135.
23. Сердюченко Д.П. Соленосные осадочные породы в докембрийских толщах Земли и их скаполитсодержащие метаморфические производные // Геология докембрия: Докл. сов. геол. на XXIV сессии МГК. Проблема 1. -Л., 1972. -С. 31-41.
24. Лебедев И.П., Чистяков В.П. О природе эгирина в железистых кварцитах КМА // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1986. -№8. -С. 29-34.
25. Сиротин В.И., Лебедев И.П. К проблеме литогенеза в ранней истории Земли // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 2: Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. -М., 2000. -С.230-235.
26. Сиротин В.И., Лебедев И.П. Докембрийский литогенез бокситоматеринских пород Воронежского кристаллического массива // Докембрии Северной Евразии: Тез. Междунар. совещ. -СПб, 1997. -С.301-302.
27. Сиротин В.И., Лебедев И.П. О литогенезе глиноземистых пород докембрия Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. - 2004. - №1. -С. 30-37.
28. Зелинская А.Н., Шатров В.А., Сиротин В.И. Палеофациальные условия образования сланцев курской серии КМА (по результатам изучения распределения REE) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1999. -№7. -С. 39-44.
29. Лебедев И.П., Сиротин В.И. О литогенезе в раннем докембрии Воронежского кристаллического массива // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 1. Матер. к I Всеросс. литологическому совещ. -М., 2000. -С.153-157.
30. А.А. Годовиков. Минералогия. -М., 1983. -С.411-412.
31. Щеголев И.Н., Ильяш В.В., Лебедев И.П., Сметанин А.И. Геология Приоскольского месторождения КМА. Деп. в ВИНТИ. 27.01.1988, №822-1388. -120с.
32. Коржинский Д.С. Проблемы петрографии магматических пород, связанные со сквозьмагматическими растворами и гранитизацией // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. -М., 1953. -С. 220-234.
33. Плаксенко Н.А., Ильяш В.В., Лебедев И.П., Щеголев И.Н. Использование аксессуарных минералов для литолого-стратиграфического расчленения метаморфических пород воронцовской серии ВКМ // Вопросы геологии КМА. Вып. 2. -Воронеж, 1978. -С. 97-105.
34. Ильяш В.В. К методике использования химического состава цирконов в петрологии метаморфических пород // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол.- 1999. Вып. 7. -С. 128-133.