



ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

УДК 551.263:553.493-034.822:533.643(470.323)

НОВЫЙ ТИП УРАН-РЕДКОЗЕМЕЛЬНО- БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПЛАСТОВЫХ КОСТНЫХ ФОСФОРИТАХ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА В КРОВЛЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

Член-корр. РАН Н.М. Чернышов, С.П. Молотков

Воронежский государственный университет

При проведении исследований золото-платиноносности железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА в рамках программы «Платина России» и проектов РФФИ и ФЦП «Интеграция» получен оригинальный геолого-аналитический материал, подтверждающий наличие в пределах КМА нового типа уран-редкоземельного золото-платиноидного оруденения. Впервые приводится геолого-структурное и возрастное положение, состав органогенно-фосфатных образований, особенности распределения в них ЭПГ, Au и РЗЭ.

Введение

Золотоносность фосфоритов на Воронежской антеклизе изучалась рядом исследователей. Их итогом было выявление ряда мелких рудопроявлений [1, 2], а среди коллекторов, сорбирующих золото, на Русской платформе отмечались ископаемые фаунистические остатки, желваковые фосфориты мезозоя и третичного возраста [1-6]. Платиноносность желваковых фосфоритов в песках сеноманского возраста на одном из объектов в Центральной части Русской платформы в последние годы охарактеризована в статье Г.И. Авдониной с соавторами [6]. Благороднометалльная специализация (Au-Pd-Pt-Ag) в костных фосфоритах разреза девонских отложений впервые аналитически установлена В.Н. Бабанцевым (2002 г.) при выполнении геологических работ ОАО «Михайловский ГОК». В Прибалтике в костных горизонтах буртниецкого времени живецкого яруса Л.А. Лярской [7] отмечено (без количественных данных) присутствие во всех остатках панцирных рыб повышенных содержаний радиоактивных и редких земель.

Известно [8], что ураноносные органогенно-фосфатные образования (костные остатки рыб) имеют ограниченные площади развития на большинстве континентов и приурочены к глинистым толщам склонов локальных поднятий древних платформ. Концентрация урана в костных залежах достигает первых сотых долей процента, образуя, таким образом, разномасштабные рудоносные горизонты. Месторождения известны в США (Флориде [8]) и в

Китае [9]. Следует подчеркнуть, что в массовых захоронениях ископаемых панцирных рыб девона (граничных отложений живецкого и франского ярусов среднего и верхнего девона) наиболее широко распространены костные остатки астеролепид и других семейств отряда антиархов [7]. Во внутриконтинентальных морях платформ при наличии в осадках органофосфатного вещества в скоплениях ихтиодетрита уже в первичном седиментационном акте наряду с накоплениями пятиокиси фосфора происходит редукция сульфатного иона с переходом в среде с устойчивой восстановительностью в сульфидную серу с кристаллизацией на стадии диагенеза породы дисульфидов и сульфидов железа (мельникит-пирит-марказит) [10].

Геолого-литологические особенности палеозойских фосфоритов, их полиэлементная минерализация и рудноформационная специализация на фосфор, редкие земли, благородные металлы (Au, Ag, ЭПГ) и уран на Воронежской антеклизе приводятся впервые.

Геолого-структурное и возрастное положение рудоносной толщи костных фосфоритов

Захоронение ископаемых рыб девона на территории Русской платформы вскрыто карьером Михайловского месторождения железных руд (г. Железногорск Курской области), оно тяготеет к типу Олд ред, образовавшихся в прибрежно-морских осадках мелководного бассейна вблизи зон каледон-

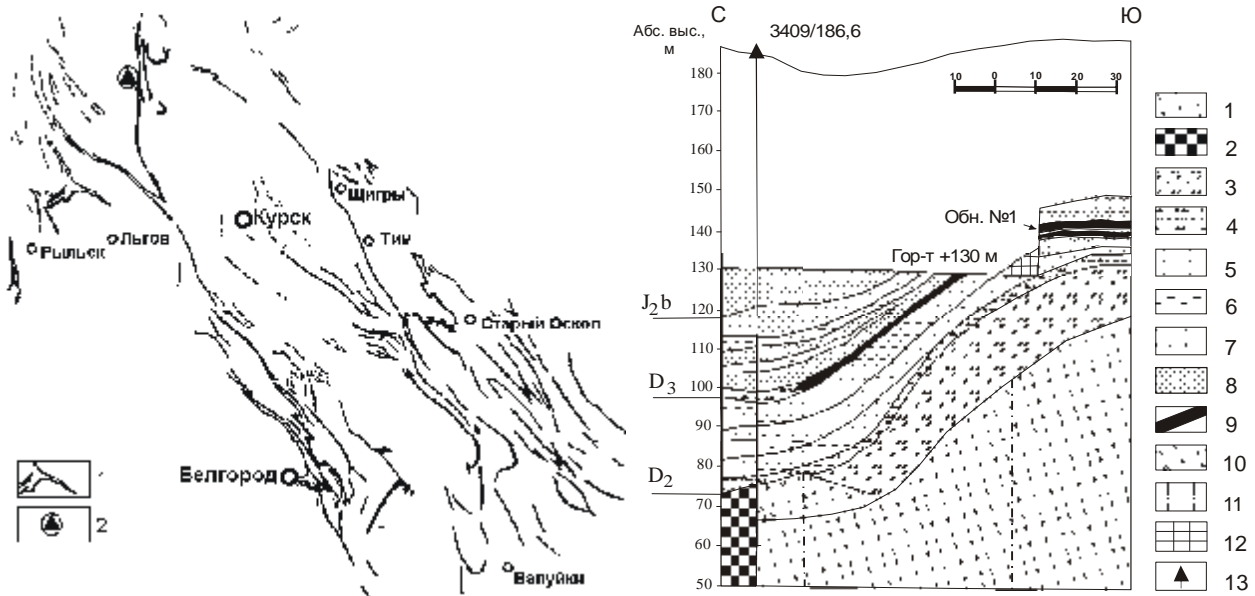


Рис. 1. Положение в структуре КМА Михайловского месторождения (а) и схематический геологический разрез его юго-восточного фланга с обнажением верхнедевонских фосфоритов: а) 1 - железистые кварциты (железисто-кремнисто-сланцевая формация нижнего карелия), 2 - Михайловское месторождение; б) 1 - курская серия, коробковская свита, нижняя, сланцевая подсвита ($K_1^1kr_2$), черные углеродистые кварц-хлорит-серпичитовые сланцы с прослоями кварцитов; 2 - коробковская свита, нижняя железорудная подсвита, четвертая пачка ($K_1^1kr_1^4$), магнетитовые и гематит-магнетитовые кварциты, краснополосчатые гематитовые кварциты; 3 - переотложенные мартитовые руды; 4 - седиментационные брекчии с глинисто-алевристым цементом, ожелезненные; 5 - аргиллиты песчаные с прослоями алевролитов; 6 - аргиллиты; 7 - алевролиты, глинистые алевролиты; 8 - алевропесчаники, алевролиты; 9 - фосфориты с костным детритом панцирных рыб, цемент песчано-гравийной, глинисто-карбонатный, в обломках встречаются аргиллиты; 10 - ожелезнение пород; 11 - тектонические нарушения; 12 - осыпь карьера; 13 - разведочная скважина

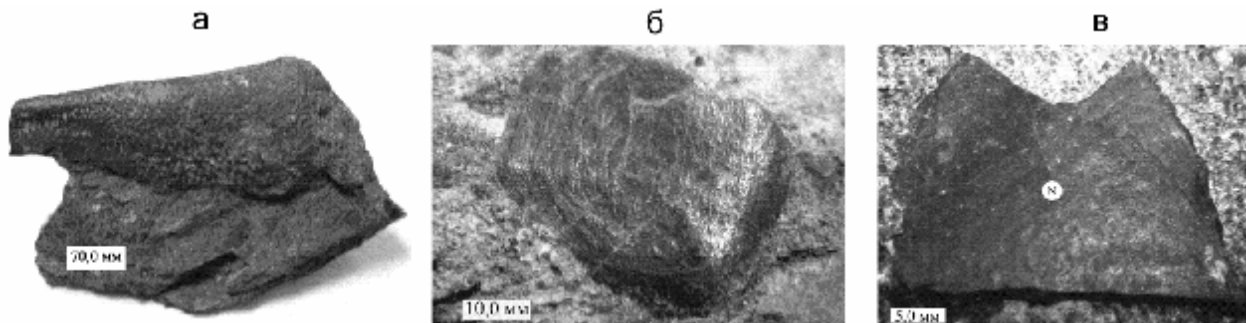


Рис. 2. Фрагменты хвостовой части (вид сбоку) (а); чешуя ее хвостового отдела (б); фрагмент (N-nuchale) костной черепной крыши (в) *Asterolepis ortana* Eichwald

ской активизации рифтогенной структуры нижнего карелия (рис.1).

В разрезе преобладают глинисто-карбонатные алеврито-песчаные осадки и реже кварц-карбонатно-фосфатные разновидности до гравелито-песчаников с обильным или редким детритом ископаемых панцирных рыб различной степени сохранности. Пласты осадочных костных фосфоритов (см. рис. 1) мощностью от 0,4-0,6 м до 0,8-1,0 м, разделенных алевритистыми и глинистыми осадками прослежены в обнажениях карьера и в скважинах на расстояние более 200 м (см. рис. 1 б). Отдельные фрагменты скелетов ихтиофауны являются диагностируемыми. Это сегменты панцирей черепной крыши, плавников, туловищей рыб отряда антиархов, среди которых преобладает семейство *Asterolepis ornate* Eich-

wald (рис. 2), подчиненно встречаются обломки костей кистепёрых рыб.

Установление в нижнешигровских отложениях Липецкой области и в низах саргаевского горизонта Курской области вида *Asterolepis radiate* является возрастным аналогом аматского подгоризонта нижнефранского подъяруса верхнего девона Прибалтики [7]. Все известные в северном полушарии астеролепиды приурочены к среднему и верхнему девону, но наибольшее количество их видов отмечено [7] в пограничных средне-верхнедевонских отложениях. Расцвет рода *Asterolepis* приходится на начало франского яруса.

Исследуемые полиэлементные рудные фосфориты с широким развитием в их составе детрита панцирных рыб семейства *Asterolepis ornate* Eich-

wald позволяет авторам предварительно отнести их по возрасту к саргаевской свите (D_{3sg}) основания среднего подъяруса верхнефранского яруса девонской системы. Следует отметить, что с этим временем совпадают этапы каледонской тектонической активизации на Воронежской антеклизе и проявленный в начале франского времени интенсивный трапповый вулканизм.

Подавляющее большинство костных остатков рыб залегают горизонтально, чаще спиной или полусферой обломков вверх. Остатки кистепёрых рыб диагенетически сплющены сравнительно чаще и больше. Встречающиеся обломки челюстей и зубы кистеперых рыб залегают хаотично. Цвет остатков рыб чаще бурый, до черного, реже светло-серый и белый. Отмечается наличие окатанных и полуокатанных обломков костей и панцирей. Часто встречаются кости с высокой степенью трещиноватости и выветрелости. Нередко в цементе, но чаще в разрушенной губчатой ткани костей рыб, микроскопически наблюдаются выделения сульфидов (до 1-5%). Встречаются прослои песчано-гравийных фосфоритов, содержащие линзы с костями рыб хорошей сохранности. Обычно они перемежаются с прослоями костной брекчии с окатанным детритом скелетов рыб и иногда неокатанными обломками и мелкой (до 1,5 см) галькой аргиллитов. Эти образования, очевидно, характерны для зон действия прибойной волны в условиях мелководья. Иногда на поверхности отдельных горизонтов фосфоритов можно видеть трещины усыхания и развитие гидроокисных корочек, что указывает на периоды кратковременного вскрытия дна бассейна. Кости рыб в это время подвергались выветриванию и при повторном погружении в воду частичному или полному разрушению.

Отмеченные черты осадконакопления и переывов указывают на нестабильный режим тектонических колебаний, при которых в моменты регрессии ухудшались условия существования организмов, нарушался газовый обмен, менялась солность воды, гидродинамика, обрывалась связь между отдельными зонами бассейна, осушались участки дна. Увеличение тектонических подвижек определяло изменение гидрорежима рек, ухудшались условия жизни рыб, изменялась кормовая база, гидрохимические особенности воды, скорости течения, рельеф дна водоемов. Все это определяло массовую гибель рыб и накопление их остатков. Вероятно, эта обстановка сопровождалась и флюидными эндогенными процессами, определившими в благоприятной седиментационной и диагенетической среде органофосфатных осадков накопление рудогенных элементов, включая редкоземельную, благороднометалльную и радиоактивную их ассоциации. В песчано-гравийных фосфоритах вокруг костей рыб наблюдаются участки яркой бурой или вишневой окраски. Изменение окраски породы вызвано присутствием органических веществ в погребенных остатках рыб. Интенсивность окраски зависит от содержания органи-

ческих веществ и скорости захоронения. Обычная объемность костей и высокая степень фоссилизации в песчаниках и гравелитах свидетельствуют о большой скорости образования тафоценозов, значительном содержании органического вещества в остатках рыб в момент захоронения, определившего более раннюю стадию их минерализации, чем вмещающих пород.

Минералого-петрографический состав рудовмещающих пород

Рудовмещающие породы представляют собой крупно- и мелкозернистый песчаник (до конглогравелита), имеют крайне невыдержанную слоистую текстуру, сочетающую окатанные и угловатые обломки детрита панцирных рыб (размером от долей мм до 5-7 см и более), карбонатно-глинистого и карбонатного материала цемента с наиболее мелкими обломками. Микроскопически в фосфоритах наблюдаются выделения неправильно округлых или овальных зерен слабо раскристаллизованного или микрокристаллического фосфата светлого коричневатого-серого цвета. Нередко коллофаном выполнены полости костной ткани рыб; характерно наличие выделений сгусткового характера псевдоморфоз коллофана и гидроксилпатита по мелким окатанным обломкам костей. Коллофан и гидроксилпатит размещаются в пустотах костной ткани, часть их полностью загрязнены глинисто-кварцевым или железистым пелитоморфным веществом с примесью темно-коричневых органических микровключений. Обычно примесей больше в зернах фосфата среди микрообломков цементирующей массы породы. В пустотах костной ткани и примесей меньше и слабее проявлена раскристаллизация фосфата. В диагенетических пустотах фосфоритов встречаются натечные шаровидные (до 1-2 мм) выделения фосфатного вещества, нередко ассоциирующие с кристаллическими агрегатами (до 1-3 мм) пирита. Вокруг крупных костных обломков нередко наблюдаются каемки побурения за счет гидроокислов железа, где отмечается сыпь более раскристаллизованного пирита. В обломках наряду с преобладающим детритом панцирных рыб встречаются аргиллиты (до 1,8 см), зерна (до 1,5-2,5 мм) кварца. Цемент карбонатный в отдельных участках базально-поровый. Фосфатное вещество ассоциирует с окатанными, угловато-окатанными и неокатанными обломками костей рыб. Цвет буровато-желтый, зеленовато-желтый. В скрещенных николах фосфатные зерна изотропные, сложенные чаще аморфным фосфатом коллофанового ряда, в отдельных зернах отмечена раскристаллизация до микрозернистой структуры.

Большинство сульфидов (мельниковита, пирита, марказита) концентрируется в обломках костей панцирных рыб. Наиболее ранней генерацией являются выделения мельниковита, наблюдаемого в виде шариков-сгустков (диаметром 0,01-0,03 мм) в фосфатном коллоидном веществе, выполняющих

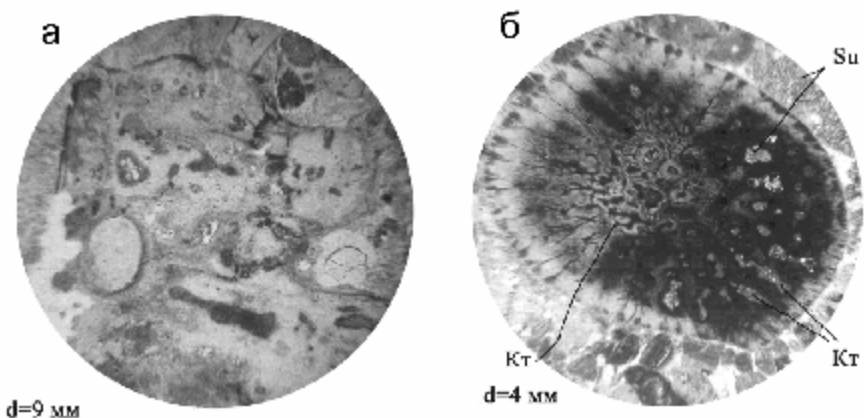


Рис. 3. Фосфорит с детритом панцирных рыб (а) и распределение сульфидов (Sn) в их костной (Кт) ткани (б)

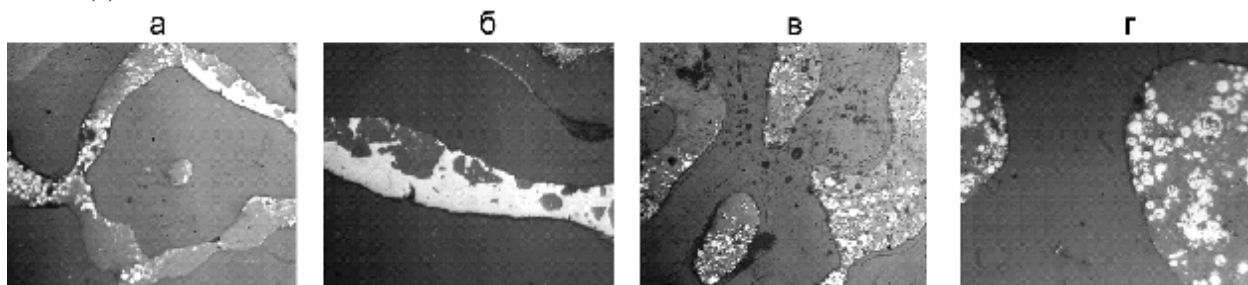


Рис. 4. Формы распределения сульфидов в костных тканях рыб (полированный шлиф): а) пирит I и II генерации (белая) в костной ткани, замещенной коллофаном (увел. в 30 раз); б) светлое однородное поле в центре - пирит II генерации, вверху - кайма мельниковита в экзозоне фосфатного выделения (увел. в 50 раз); в) общий характер распределения сульфидов (пирит-мельниковит) в овальных пустотах костной ткани, выполненной коллофаном (увел. в 30 раз); г) овальные выделения пирита и мельниковита (тонкая пыль) в фосфатных сфероидах костной ткани (увел. в 50 раз)

Таблица 1

Химический состав верхнедевонских фосфоритов с детритом панцирных рыб во вскрыше Михайловского железорудного месторождения КМА

№№ п/п	Компоненты (вес. %)											Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Sr	
1	4.24	1.46	37.76	0.70	0.63	38.54	0.25	0.23	15.23	0.87	0.08	100.00
2	7.80	2.28	65.33	0.61	1.31	14.38	<<	0,36	7,27	0,61	0,04	99,99

Примечание: 1 - проба М-Ф-1(А+Б), обн.№1, Ю-В фланг Михайловского месторождения, гор.+130 м; 2 - проба М-Ф-2(А+Б), обн.№2, в 40 м на север от обн.№1, гор.+130 м. Лаборатория ИГЕМ РАН, аналитик С.А. Горбачева

пустоты костной ткани (рис. 3; 4). По периферии овальных фосфатных выделений наблюдаются конформные кольцевые выделения агрегаты (мельниковит-пирита) размером до 0,10-0,15 мм. Более поздней генерацией пирита являются выделения его в прерывистых микропрожилках (мощностью до 0,1-0,12 мм), секущих овально-ячеистую структуру костной фосфатизированной ткани. И, наконец, к самой поздней генерации пирита (иногда в ассоциации с марказитом) относятся агрегаты сульфидов (до 1,2-1,8 мм) в периферийной части костной ткани обломков внутри пустотелой выветрелой и выщелоченной их поверхности. Такие скопления сульфидов граничат с зоной побурения цемента в экзоконтакте обломков костей панцирных рыб.

Особенности химического состава фосфоритов и распределения в них золота, платиноидов, урана и редких земель

Химический анализ двух проб рудовмещающих пород (табл. 1) из двух обнажений уступов раз-

реза Михайловского карьера показал две существенно различающиеся по основным компонентам разновидности: а) ожелезненные бурые фосфориты с высоким содержанием Fe₂O₃ (65,33 мас. %) и сравнительно пониженным – P₂O₅ (7,27 мас. %); б) менее ожелезненные желтовато-серые, обогащенные P₂O₅ (15,23 мас. %), CaO (38,54 мас. %) и значительно обедненные Fe₂O₃ (37,76 мас. %).

Выполняемыми различными методами исследования по распределению элементов платиновой группы, золота и серебра выявили в фосфоритах: а) повышенные концентрации в высокожелезистой разновидности фосфоритов Pd (до 1,7 г/т; табл. 2) и Pt (до 0,15 г/т), а также Au (до 0,22 г/т); б) существенное обогащение умеренноожелезненной их разновидности Ag (до 0,57 г/т) при несколько пониженных концентрациях Pd (0,23 г/т) и отчасти Au (до 0,22 г/т).

Характерной особенностью благороднометаллосодержащих фосфоритов является постоянное преобладание Pd над Pt (Pd/Pt = от 1,3 до 6,4 в

Таблица 2

Содержание благородных металлов в верхнедевонских пластовых фосфоритах с детритом панцирных рыб во вскрыше Михайловского железорудного месторождения КМА

№ п/п	№№ проб		Содержание в г/т						Порода	
			Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Au		Ag
1	М-Ф-1-А	Обн. 1	<0.007 0,02	<0.005 0,073	<0.005 <0.004	= <0.002	= 0,002	0,22 0,008	0,6 0,26	Фосфорит (конглогравелит) детритовый, желтовато-серый
2	М-Ф-1-Б		<0.007 <0.02	<0.005 0,10	<0.005 <0.004	= <0.002	= <0.002	0,048 0,011	0,8 0,46	Фосфорит (конглогравелит) детритовый, серый, участками бурый
3	М-Ф-2-А	Обн. 2	<0.007 <0.002	<0.005 0,23	<0.005 <0.004	= <0.002	= <0.002	0,097 0,017	0,5 0,54	Фосфорит (гравелит) детритовый, бурый
4	М-Ф-2-Б		0,007 <0.002	<0.005 0,064	<0.005 <0.004	= <0.002	= <0.002	0,20 0,009	0,5 0,57	Фосфорит (гравелит) детритовый, бурый
5	2Ф	Обн. № 1	0,15	0,20	-	-	-	0,030	0,565	Фосфоритсодержащий песчаник с крупными обломками (детритом) рыб, участками с повышенным содержанием пирита
6	3Ф		0,009	0,13	-	-	-	0,016	0,114	Крупнообломочный конглогравелит с обломками панцирных рыб, участками с пиритовым цементом
7	4Ф		0,009	0,14	-	-	-	0,031	0,338	То же
8	5Ф		0,013	0,29	-	-	-	0,036	0,326	То же
9	6Ф		0,075	0,68	-	-	-	0,080	0,370	Бурые железняки с обломками панцирных рыб
10	7Ф		0,070	1,70	-	-	-	0,060	0,530	То же
11	8Ф		0,064	0,41	-	-	-	0,059	0,416	Гидрогетит по окисленному пириту из бурых фосфоритов

Примечание: пробы №№ 1-4 проанализированы атомно-абсорбционным методом в лаборатории Кольского НЦ РАН (в знаменателе). Аналитик Филиппычева Л.В. В числителе данные исследований тех же проб химико-спектральным методом в лаборатории спектрального анализа ВНИИОкеангеология (С-Пб.), Аналитик: Нюнина; пробы №№ 5-11 проанализированы пробирным методом в лаборатории ЦНИГРИ. Аналитик А.В.Мандругин (из коллекции ОАО "Михайловский ГОК"). Места отбора проб приведены в табл. 1

маложелезистых до 14,4-23,3 в обогащенных железом разновидностях). Величина отношения Pd к сумме Rh, Ru, Ir и Pt в тех же разновидностях колеблется от 2,3-2,6 и до 6,4-23,0 соответственно. Превышение над другими платиноидами характерно и для Pt (Pt/Rh,Ru,Ir = 1,6-7,0). Подобный характер распределения ЭПГ в фосфоритах почти всецело повторяет особенности поведения платиноидов в самых железистых кварцитах [11, 12].

Распределения РЗЭ (табл. 3 а, б) выявляет отчетливую зависимость их концентраций от содержания P_2O_5 . Фосфориты с повышенным содержанием P_2O_5 характеризуются почти полуторократным обогащением РЗЭ (556,3 г/т) по сравнению с высокожелезистыми, но бедными по P_2O_5 разновидностями (сумма РЗЭ 317,8 г/т). Эти различия отчетливо прослеживаются в величинах кларков концентраций некоторых элементов – Lu (от 3,4 до 1,8), Dy (от 6,2 до 3,2), Eu (от 5,4 до 2,8), La (от 4,8 до 2,8), Nd (от 4,5 до 2,3), Ho (от 4,1 до 3,1), Ce (от 4,6 до 2,8).

Подобный характер распределения присущ и радиоактивным элементам. Наиболее высокие концентрации U (26,36 г/т) встречаются в богатых P_2O_5 фосфоритах; в бедных разновидностях содержание урана в два раза меньше (12,17 г/т). Важно так же отметить резкое преобладание U над Th (U/Th=4,08) в обогащенных P_2O_5 рудовмещающих породах, во втором типе фосфоритов U/Th отношение ниже (оно равно 2,9).

Помимо элементов, определяющих принадлежность руд к новой уран-редкоземельно-золото-платиноидной рудной ассоциации, в их составе присутствуют повышенные концентрации Pb (55,37-67,18 г/т), Zn (до 116,2 г/т), W (в среднем 24,5 г/т).

Некоторые генетические аспекты оруденения

М.Н. Альтгаузен в классификации урансодержащих пород среди 13 типов выделяет фосфориты и глины с фосфатизированными рыбными остатками, рассматривает специфику тектонических и палеогеографических условий накопления рудовмещающих толщ и подчеркивает трудность отличия инфльтрационных и низкотемпературных костно-фосфатных месторождений урана [10, 13]. Причины массовой гибели рыб на значительных площадях не нашли достаточно полного объяснения [10].

Полиэлементные с ураном месторождения в костных фосфоритах, обогащенные пирит-мельниковитом, по мнению большинства исследователей относятся к сингенетическим осадочным [14]. М.Н. Альтгаузен [13] связывает концентрацию урана в рудах со стадией раннего диагенеза, уран входит в состав обломков скелетов, плавников и чешуй рыб, сложенных карбонат-фторапатитом. Урановая смолка изредка ассоциирует с сульфидами железа. Природа источника урана, вероятно, двойственна – на-

Таблица 3

Содержание (г/т) редкоземельных (а), редкометалльных, благородных и других элементов (б) в верхнедевонских пластовых фосфоритах с детритом панцирных рыб групповых проб из обнажений №№ 1,2 юго-восточного фланга Михайловского железорудного карьера (горизонт +130 м)

а			б		
Элемент	М-Ф-1(А+Б)	М-Ф-2(А+Б)	Элемент	М-Ф-1(А+Б)	М-Ф-2(А+Б)
La	88	51.4	Li	6.5	7.66
Ce	211	126	Be	5.64	3.56
Pr	23.4	13.2	Sc	0	0
Nd	105	58.6	Ti	969	661.9
Sm	24.9	13.4	V	230.3	160.9
Eu	6.53	3.374	Cr	12.59	12.36
Gd	29	15.2	Mn	4290	3917
Tb	4.38	2.39	Co	27.84	34.84
Dy	27.8	14.5	Ni	58.89	49.17
Ho	5.32	2.75	Cu	16.23	10.15
Er	15.5	8.6	Zn	116.2	60
Tm	1.97	1.13	Ga	1.82	1.62
Yb	11.8	6.39	Ge	0.91	1.73
Lu	1.69	0.91	Rb	4.47	5.75
			Sr	464.5	263.1
			Y*	134.4	66.08
			Zr*	22.9	16.43
			Nb	2.42	1.83
			Mo	0.66	0.63
			Rh	0.02	0.1
			Pd	0.42	0.18
			Ag	2.77	4.1
			Cd	1.12	0.76
			Sn*	0.69	0.27
			Sb*	0.75	0.45
			Te	0	0
			Cs	0.29	0.32
			Ba	366	373.7
			Hf	1.1	0.83
			Ta	0.33	0.25
			W	24.6	24.5
			Ir	0.04	0.01
			Au	0.1	0.11
			Pb	67.18	55.37
			Bi	0.29	0.45
			Th	5.45	4.25
			U	26.36	12.17

Примечание: Анализы выполнены методом ИСР - Мс (табл.3а) и ИСР (табл. 3б) в лабораториях ИГЕМ. Аналитики: С.А.Горбачева, В.Д.Сидельникова, Л.С.Цимлянская

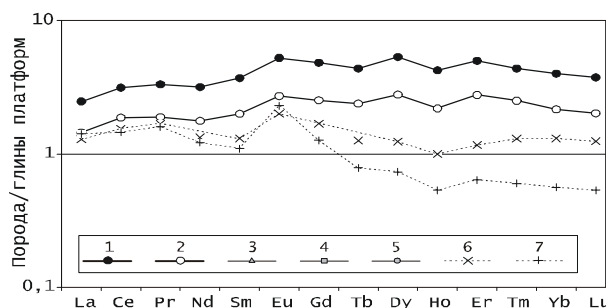
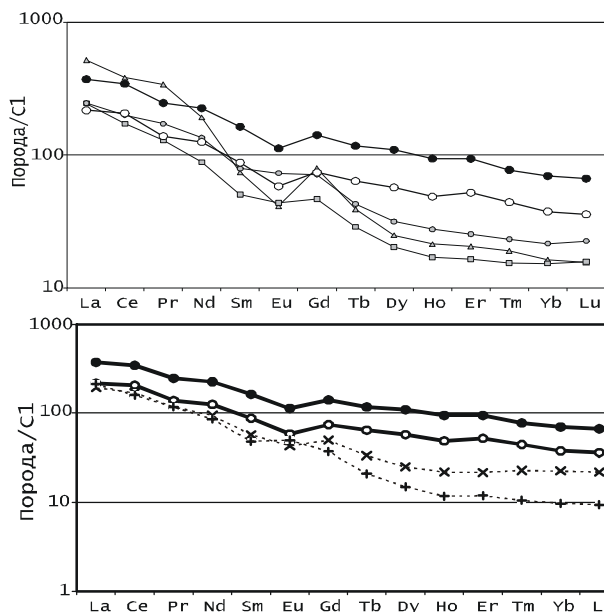


Рис. 5. Характер распределения редкоземельных элементов нормированное к хондриту С1 (Sun and McDonough, 1989) и глинам платформ (Балашов, 1976) в рудоносных фосфоритах девона Михайловского месторождения КМА: фосфориты: 1 – проба М-Ф-1(А+Б); 2 – проба М-Ф-2(А+Б); среднее по ассоциациям обоянской серии [18, 19]: 3 – брянская; 4 – росошанская; 5 – донская; среднее по подсвитам коробковской свиты [20]: 6 – нижняя сланцевая; 7 – верхняя сланцевая

ряду с вековым накоплением в морской воде [10], не исключается обогащение бассейнов вод гидротермальными урансодержащими растворами с концентрированием его в костях рыб после их гибели [13].

На примере исследуемого разреза представляется, что образование пластовых фосфоритов с крайне неравномерной сортировкой терригенного материала и костного детрита, с контрастным сочетанием окатанных мелких обломков костей и крупных фрагментов панцирных рыб, со следами выветривания части костных остатков и их зональной фосфатизацией определяется, в первую очередь, крайне нестабильной тектонической активностью и, как следствие, усложнением морфологии дна мел-

ководного морского бассейна с тенденцией прогрессирующей регрессии в условиях значительно расчлененного рельефа (с перепадом высот до 60-120 м) площадей сноса кристаллического субстрата и осадочных пород палеозоя речной сетью с изменчивым базисом эрозии береговой зоны. О гетерогенной природе источников поступления рудных элементов в известной мере свидетельствуют графики распределения РЗЭ, при этом наиболее близкими оказываются тренды распределения РЗЭ [16, 17] фосфоритов не только к породам архейского основания [19], но, прежде всего, внутрирудным сланцам коробковской свиты курской железорудной серии (рис.5).

Напряженный уровень энергетики физико-географических процессов определял изменение солености вод морского бассейна, мутности воды, сортировки осадков, условий жизни планктона, морской флоры и условий жизни рыб, что приводило их к массовой гибели на коротких временных этапах в ограниченных площадях, иногда отшнурованных бассейнов. Естественно полагать, что такие площади тектонической активности с массовыми захоронениями панцирных рыб характеризовались более благоприятными для проявлений эндогенных флюидно-гидротермальных процессов, определяющих полигенный и полиэлементный состав оруденения в верхнедевонских фосфоритах рассматриваемого типа в разрезе Воронежской антеклизы.

Рудоносные астеролепиды известны также [7] в Великобритании, Шотландии, Бельгии, Прибалтике, на Тимане, в Беларуси, Казахстане, США (штаты Нью-Йорк, Невада), в Западной Гренландии, на о. Шпицберген, в Иране, Китае. В Австралии (Квинсленд, Канинг) астреролепиды установлены [7] только в среднем девоне. Расцвет астреролепидов для северного полушария приурочен к началу позднего девона. Отмеченные регионы мира (кроме Африки и Южной Америки) при наличии определенных структурно-геологических критериев и условий рентабельности добычных горно-рудных работ могут рассматриваться потенциально перспективными для установления палеозойских рудных костонофосфатных пластовых [14] полиэлементных месторождений редких земель, благородных металлов, урана и фосфатов.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 04-05-6488; «Университеты России», грант ур.09.01.005; гранта Минобрзаования России (С-Пб) Е02-9.0-54.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясырев А.П. О золотоносности мезозойских желваковых фосфоритов Русской платформы // ДАН СССР. -1968. - Т. 165, - № 6. - С. 1354-1357.
2. Ясырев А.П., Никитин Н.М. Геохимия золота в осадочных процессах (на примере Русской платформы). -Тула, 1972. - 78 с.
3. Никитин Н.М., Ясырев А.П. О среднем содержании золота в осадочных породах // Геохимия. -1974.- № 8. - С. 1237-1239.
4. Турлычкин В.М., Горенков Н.Л. Фосфориты-адсорбенты золота и восстановители до свободного металлического // Геологический вестник Центральных районов России. -1999. - № 3. - С. 14-17.
5. Мельникова А.В. Золотосодержащие фосфориты Центральной части Русской платформы - своеобразный тип промежуточных коллекторов золота // Природные и техногенные россыпные месторождения и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. -М., 2000. -234 с.
6. Авдонин Г.И., Большигов В.В., Заварзин А.В., Шульгин А.С. О находке платиноидов в фосфоритах Центральной части Русской платформы // Изв. вузов. Геол. и разведка. -2003. - № 5. - С. 88-89.
7. Лярская Л.А. Панцирные рыбы девона Прибалтики. Asterolepidae. -Pura, 1981. - 152 с.
8. Геологический словарь. -М., 1978.- Т.П. - 456 с.
9. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платино-металльные месторождения России. -С.Пб., 2000. - 755 с.
10. Вольфсон Ф.И. Развитие учения о рудных месторождениях в СССР. -М., 1969. - 324 с.
11. Чернышов Н.М., Молотков С.П., Петров С.В., Попкова Н.В. Особенности распределения и формы нахождения платиноидов и золота в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА // Изв. вузов. Геол. и разведка. -2003. - № 5. - С. 24-30.
12. Чернышов Н.М., Изюитко В.М., Петров С.В., Молотков С.П. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА (Центральная Россия) // Докл. АН. Геохимия. - 2003. - Т. 391. - С. 104-107.
13. Альтгаузен Н.М. Уран // Металлы в осадочных толщах. Благородные и редкометалльные элементы. -М., 1966. - 287 с.
14. Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. -С.Пб., 1998. - 352 с.
15. Сауков А.А. Геохимия. -М., 1950. -347 с.
16. Минеев Д.А. Лантаноиды в минералах (статистическое исследование относительной распространенности и распределения). -М., 1969. - 184 с.
17. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. -М., 1976. - 268 с.
18. Шатров В.А., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов и элементов- примесей в железистых кварцитах, корах выветривания и осадочных железных рудах (на примере Лебединского и Михайловского железорудных карьеров КМА) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. - 2001. - № 12. - С. 69-78.
19. 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. Сер. геологическая. - 2000. - № 12. - С. 19-37.
20. Зеленская 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. геологическая. - 1999. - № 7. - С. 39-43.