

ФОСФАТНОСТЬ ПОРОД ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

С. В. Мануковский

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 19 мая 2014 г.

Аннотация: статья посвящена проблемам фосфатной геологии Воронежского кристаллического массива. Рассмотрены эпохи фосфатонакопления, различные генетические типы фосфоритовых месторождений – желваковые, россыпные, микрозернистые. Предложена классификация фосфатопоявлений в докембрии ВКМ. Наиболее перспективны на фосфаты – класс ультраосновных щелочных формаций магматической группы и класс метаморфизованных пород метаморфогенной группы.

Ключевые слова: фосфат, месторождение, петрографические типы, классификация, магматическая и метаморфогенная группы, Воронежский кристаллический массив.

PHOSPHATE BEARING OF ROCKS OF THE VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF

Abstract: the article relates to the problems of phosphate geology of the Voronezh crystalline massif. There were considered the ages of phosphate supplying and different genetic types of the phosphorite deposits - subconcretional, placer, microgranular. There offered the classification of the phosphate manifestations in the Precambrian of the VCM. In terms of phosphate bearing the most perspective are the class of the ultrabase alkaline formations of the magmatic group and the class of metamorphosed rocks of the metamorphogenic group.

Key words: phosphate, deposit, petrographic types, classification, magmatic and metamorphogenic groups, Voronezh crystalline massif.

Введение

Центрально-Черноземный район является важнейшим производителем сельскохозяйственной продукции в России. Главным средством увеличения урожайности полей считается внесение минеральных удобрений. К числу основных относятся фосфорные, выпускаемые в виде суперфосфата и фосфорной муки, потребность в которых с течением времени будет возрастать. В последние годы на 1 га пашни приходится несколько кг P_2O_5 , тогда как в странах с высоким плодородием почв, вносится 150–180 кг. В результате в России десятки миллионов гектаров пахотных земель содержат недостаточное количество подвижного фосфора в почвах. Применение фосфоритовой муки наиболее эффективно на кислых почвах, которые закислены при применении аммиачной воды.

В северо-западной части Воронежской антеклизы в верхнемеловых отложениях сосредоточены три месторождения фосфоритов: Полпинское и Подбужское желвакового типа и Унечское зернистого (россыпного) типа. На базе Полпинского месторождения работает Брянский фосфоритный завод по производству фосмуки, однако этого количества недостаточно даже для Нечерноземья. В центральной части антеклизы известна Щигровская группа месторождений с промышленными запасами. Желваковые фосфориты мела и палеогена встречаются в Тамбовской и Воронежской областях.

Фосфориты Центрально-Черноземного района известны с давних пор и использовались для строительства дорог и фундаментов зданий. Изучением этого

минерального сырья занимались Р. И. Мурчисон, А. И. Энгельгарт, М. И. Сидоренко, П. Н. Чирвинский, Я. В. Самойлов, А. Д. Архангельский и многие другие. В результате исследований установлено широкое распространение меловых фосфоритов, выделены и описаны их петрографические типы, определены минеральный и химический составы.

Минералогию фосфоритов одним из первых исследовал П. Н. Чирвинский (1919 г.), он ввел термин «курскит». Франколит и курскит, как минералы группы фторкарбонатапатитов, изучались Г. И. Бушинским [1, 2] и В. З. Блисковским [3, 4]. Бушинский Г. И. [1] обобщил все имеющиеся данные по фосфоритам Восточно-Европейской платформы. Им приведена классификация фосфоритов, минералогия фосфатного вещества, химсостав различных типов фосфоритов, рассмотрено их происхождение.

Большой вклад в изучение фосфоритоносных Воронежской антеклизы внесли геологи Воронежского госуниверситета: В. И. Беляев, С. В. Мануковский, А. Д. Савко, В. П. Семенов [5–19]. Ими установлено, что фосфатоносные отложения широко распространены в альбском, сеноманском, сантонском и кампанском ярусах и формировались в мелководно- и прибрежно-морских зонах; рассмотрены петрография, минералогия и химизм фосфоритов, условия их образования. Б. М. Гиммельфарб [20] выделил хоперский (контакт мела с палеогеном) уровень фосфоритообразования. Условиям образования фосфоритоносных отложений Воронежской антеклизы посвящены работы В. И. Фоминского [21] и С. Ю. Маленкиной [22].

Выявлена фосфатность и в докембрийских породах ВКМ [23–25, 28, 29]. Она связана и со стратифицированными супракристалльными образованиями и с магматическими комплексами архея-протерозоя; относится к типу мелкозернистых, фосфаты сложены мелкокристаллическим апатитом.

Этапность фосфатонакопления в истории Воронежской антеклизы

Периоды образования и закономерности размещения фосфоритов в изучаемом районе освещались многими исследователями. Наибольший вклад в решение этой проблемы внесли Б. М. Гиммельфарб, А. С. Соколов и др. [20, 26, 27, 31, 32]. Фосфориты Воронежской антеклизы относятся к Восточно-

Европейской провинции платформенных месторождений. Группа осадочных фосфатов составляет 80 % мировой добычи фосфатов.

Фосфориты в виде желваковых конкреций, зерен и галек встречаются в основании многих горизонтов и ярусов осадочного чехла Воронежской антеклизы. Особенно это характерно для пород меловой системы, в меньшей степени – для палеогеновой (табл. 1).

Все месторождения фосфоритов осадочного чехла Воронежской антеклизы относятся к глобальной позднемеловой-эоценовой эпохе. С докембрием ВКМ связано одно месторождение фосфатов, приуроченное к дубравинскому магматическому комплексу верхнего карелия.

Таблица 1

Эпохи фосфатонакопления на Воронежской антеклизе

Стратиграфический уровень	Мощность, фосфоритов, м	Морфология рудной залежи	Петрографический тип фосфоритов	Литотип, содержание P ₂ O ₅	Фация	Область распространения
1	2	3	4	5	6	7
ГЛОБАЛЬНАЯ ПОЗДНЕМЕЛОВАЯ-ЭОЦЕНОВАЯ ЭПОХА ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ						
Киевский	0,1–2,3	Базальный горизонт	Желваки и гальки в песке	Песчано-глинистый, 11–18 %	Мелко-водно-морская	Повсеместно, особенно – юг Воронежской области
Бучакский	0,1–0,9	Базальный слой	Гальки и желваки в песке	Глинистый, песчано-глинистый, 7–14 %	Мелко-водно-морская	Юг Воронежской и Белгородской областей
Каневский	0,1–0,3	Базальный слой	Гальки в песке	Глинистый, 10–16 %	Мелко-водно-морская	Курская и Белгородская области
Сумской	0,2–0,8	Базальный слой	Гальки и желваки в песке	Глинистый, песчано-глинистый, 8–15 %	Мелко-водно-морская	Юго-восток Воронежской области
Раннепалеоценовый	0,1–15,0	Плащеобразная, линзы	Пелит	Охристо-глинистый, глинистый, 5–30 %	Кора выветривания, карст	Курская, Белгородская, юг Воронежской области
Раннекампанский	6,0–7,0	Россыпь	Микроконкреционный	Песчано-глинистый, 7–11 %	Мелко-водно-морская	Юго-запад Брянской области
Сантонский	0,4	Губковый, галечные горизонты	Биоморфозы, желваки, гальки	Песчано-глинистый, кабонатный, не опр.	Мелко-водно-, глубоко-водно-морская	Тамбовская, Белгородская, юг Воронежской области
Сеноманский	до 1,5	Фосфоритовые горизонты, плита	Желваки, гальки, биоморфозы	Песчаный, песчано-глинистый, глинистый, 11–28 %	Прибрежно-, мелко-водно-морская	Брянская, Орловская, Тамбовская, север Курской, Воронежской областей
ДРУГИЕ ЭПОХИ ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ						
Альбский	0,1–1,4	Базальный горизонт, плита	Желваки, гальки	Глинистый, песчано-глинистый, 5–10 %	Прибрежно-, мелко-водно-морская	Тамбовская область
Раннемеловой	0,4	Базальный горизонт	Гальки, биоморфозы	Песчано-глинистый, не опр.	Мелко-водно-морская	Липецкая, Воронежская области, район КМА
Раннеюрский	до 1,0	Базальный горизонт	Гальки, биоморфозы	Глинистый, не опр.	Мелко-водно-морская	Район КМА

1	2	3	4	5	6	7
Поздне-карельский	до 500,0	Карбонатиты, сиениты, габброиды	Микро-зернистый	Апатит; фторапатит; до 15 %	Магматический комплекс	Курская, Белгородская, Воронежская, Орловская области
	до 140,0	Углеродистые сланцы		Апатит; до 12 %		Осадочно-метаморфический комплекс
Ранне-карельский	до 70,0	Сланцы, метаалевролиты, кварциты		Карбонат-фторапатит; до 21 %	Белгородская, Орловская области	
Поздне-архейский (лопий)	до 11,0	Амфиболиты, гнейсы		Апатит; до 1,4 %		
	до 100,0	Габброиды, плагиомигматиты		Апатит; до 3 %	Белгородская, Курская области	
Ранне-архейский (саамий)	до 40,0	Двуслюдяные гнейсы, плагиогнейсы		Апатит; до 2,3 %	Плутоно-метаморфический комплекс	Белгородская, Орловская области

Фосфаты в докембрийских образованиях ВКМ

Территориально фосфаты обнаружены и описаны в докембрии Курской, Белгородской, Воронежской и Орловской областей. Долгое время проявления фосфатности отмечались лишь в карелии (нижнем протерозое) мегаблока КМА [23–25, 28]. На настоящем этапе изученности фосфатная минерализация выявлена также и на площади двух других структурно-формационных зон геоблока ВКМ – в Лосевской шовной зоне и Хоперском мегаблоке. Ныне установлен и более длительный период фосфатной минерализации: от саамия (раннего архея) до позднего карелия. Абсолютный возраст фосфатных образований

колеблется от 3,3 млрд лет (обоянский плутоно-метаморфический комплекс – *SM ob*), до 1,95 млрд лет (дубравинский интрузивный комплекс – *Ev KR₂d*).

В докембрии ВКМ выявлено 44 проявления фосфора: 31 пункт минерализации, 12 рудопроявлений и одно – Дубравинское месторождение. Подавляющая часть из них (40) находится в пределах мегаблока КМА. Два пункта минерализации отмечаются в западной части Лосевской шовной зоны; один пункт минерализации и одно фосфатопоявление установлены на площади Калач-Эртильского макроблока (рис. 1).



Рис. 1. Схема распространения фосфатной минерализации в докембрийских образованиях ВКМ. Условные обозначения: I – мегаблок КМА, макроблоки: I-1 – Брянский, I-2 – Орловско-Белгородский, I-3 – Ливенско-Ефремовский, I-4 – Севский, I-5 – Сумской, I-6 – Россошанский; грабен-синклинали: 1 – Крупецкая, 2 – Рылская, 3 – Михайловская, 4 – Тим-Ястребовская, 5 – Белгородская, 6 – Волоотовская; II – Лосевская шовная зона; III – Хоперский мегаблок. 1 – грабен-синклинали; 2 – ранг фосфатной минерализации: месторождение, рудопроявление, пункт; границы: 3 – Лосевской шовной зоны: а – с мегаблоком КМА, б – с Хоперским мегаблоком; 4 – макроблоков.

При минерагеническом анализе фосфатности докембрия ВКМ по степени рудной минерализации выделяются три категории (ранга) – месторождение, рудопоявление и пункт минерализации. В **рудопоявлении** должно быть установлено полезное ископаемое, удовлетворяющее по качеству (содержанию) требованиям, предъявляемым к промышленным месторождениям, но запасы его не определены.

К рудопоявлению в данной статье относится пересечение скважины зоны фосфатной минерализации на мощность ≥ 1 м, с минимальным промышленным содержанием (2,6 % P_2O_5), принятым на известном в регионе месторождении (Дубравинском).

Пунктом минерализации фосфатов считается их повышенное содержание относительно общему фону, за который принимается кларк фосфора – 0,093 % (по А. П. Виноградову, 1962). Для фосфора, полезного ископаемого с относительно высоким кларком, его содержание в пунктах минерализации принимается, как пятикратное превышение кларка. В пересчете на фосфорный ангидрид с учетом атомного веса его элементов, минимальное содержание P_2O_5 в пункте ми-

нерализации составляет 1 %. Сводная характеристика всех архей-протерозойских фосфатопоявлений Воронежского кристаллического массива приведена в таблице 2.

Большое количество фосфатных месторождений (в мире их около двух тысяч) и проявлений отражает широкое разнообразие их структурно-формационных позиций, различие в петрографии рудовмещающих пород и минералогии фосфатов, качество и количество запасов. В связи с чем, необходимость, возникающая при систематизации и минерагеническом анализе данных, породила в фосфатной геологии многочисленные классификации [20, 27, 31, 32].

До настоящего времени в научной литературе не было ни обобщающей сводки докембрийских фосфатопоявлений Воронежского кристаллического массива, ни, тем более, попытки их классифицировать. Предлагаемая в работе систематизация проявлений фосфора (табл. 3), учитывая основные принципы генетических классификаций фосфатных месторождений [27, 32], в то же время, корректирует некоторые спорные их положения.

Таблица 3

Классификация фосфатопоявлений в докембрийских образованиях ВКМ

Генетические подразделения			Фосфатносные (рудовмещающие) образования	Возраст		Ранг фосфатной минерализации		
серия	группа	класс				месторождение	номер на схеме (на рис.1)	
			рудопоявление	пункт минерализации				
Эндогенная	Магматическая	ультраосновной щелочной	щелочные пироксениты, апатит-магнетитовые карбонатиты	карелий	поздний	Дубравинское	1	19
							-	1
		средний щелочной	щелочные, амфиболовые сиениты		-	10	8, 27	
					-	-	26	
		основной	габброиды	ранний лопий	-	3	2	
			габбро, габбро-диориты		-	12	21, 28, 29, 30, 31	
кислый	гранит-пегматиты, граносиениты, гранодиориты	поздний карелий	-	-	-			
Метаморфогенная	Метаморфическая	амфиболитовый	амфиболиты, гнейсы	ранний лопий	-	-	23	
			двуслюдяные гнейсы, плагиогнейсы	саамий	-	-	5, 24	
	Метаморфизованная	регионально-метаморфизованный	углеродистые, кварцсерицитовые сланцы, метаалевролиты, пелиты, карбонатные породы	поздний карелий	-	6, 9, 11	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20	
				ранний карелий	-	5	6	
		железистые, слабо-рудные кварциты,	-	-	4, 18, 22			
контактово-метаморфизованный	метагаббро, плагиомигматиты по metabазитам	ранний лопий	-	-	7, 25			
Экзогенная	Выветривания	коровый	кора выветривания по сланцам, метаалевролитам, доломитам, метапесчанникам	ранний карелий-палеозой	-	4, 7, 8	3	

Таблица 2

Сводка фосфатпроявлений в докембрийских образованиях ВКМ

№ п/п	№ схемы	Наименование фосфатопоявления	Скважины, вскрывшие фосфаты	Интервалы вскрытых фосфатов, м	Мощность фосфатопоявления, м	Минерал; содержание P_2O_5 , %	Петрография фосфатоносных пород	Возраст пород	Структурно-формационное положение	Административная область
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МЕСТОРОЖДЕНИЯ										
1		Дубравинское	5439 6209	170–670	500	фторапатит; 0,32–15,0; средн. 4,64	Щелочные пироксениты, апатит-магне-титовые карбонаты	Ев, θ KR ₂ d	Орловско- Белгородский МБ (закр.блок)	Белгородская
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ										
2	1	Ястребовское	6491 6232	354,0–368,6 194,2–215,0	14,6 20,8	апатит; 0,13–3,71	Карбонаты, фениты, альбиты	Ев, θ KR ₂ d	Тим-Ястребовская ГС (грабен- синклиналь)	Курская
3	2	Мелково- Шебекинское	2713 2726 3277	740,6–750,3 718,8–737,7 799,8–858,0	9,7 18,9 58,2	апатит; 3,68; до 2,3; средн. 1,48	Щелочные сиениты, монциты Шебекинского массива	Е ξ KR ₂ δ	Белгородская ГС	
4	3	Хлызовское	6478	245,4–253,4 256,1–269,0	8,0	апатит; 0,2–2,96	Интрузивы габбропироксенитов	v LP ₁ st ξ	Россошанский МБ	Белгородская
5	4	Шляховское	3829	576,3–584,6	8,3	фторапатит; до 2,72	Кора выветривания кварц- гидроксилистых сланцев	KR ₁ ja ³	Белгородская ГС	Белгородская
6	5	б/н	2718	862,4–944,0	81,6; в т. ч.: 16,6	карбонат- фторапатит; до 21,78	Серпичит-кварцевые металлевролиты, сланцы, доломиты	KR ₁ ja ³	Белгородская ГС	
7	6	Тимское	3063 3051; 3052	230,0–647,0	120,0 20,0; 15,0	апатит; 1,5–12,26	Углеродистые сланцы, алевролиты	KR ₂ tm	Тим-Ястребовская ГС	Курская
8	7	Малиновское	3861	557,5–561,5	4,0	фторапатит; до 2,90	Кора выветривания металлевролитов и доломитов	KR ₁ ja ³	Белгородская ГС	Белгородская
9	8	Гостищевское	3064	587,0–639,2	52,2; в т. ч.: 12,5	карбонат- фторапатит; до 22,5	Гидроксилистая кора выветривания микро- сланцев и доломитов	KR ₁ ja ³	Белгородская ГС	
10	9	Центрально- Вологовское	6683	397,8–402,7	4,9	апатит; 9,0	Дайка метаандезито- базальтов	KR ₂ tm	Вологовская ГС	Белгородская
11	10	Воронцовское	20	549,5–579,6	30,1	апатит; 0,42–2,6	Амфиболитовые габброиды	v KR ₂ sm	Орловско-Бел- городский МБ	Орловская
12	11	б/н	3667	184,9–212,2	37,3	апатит; до 4,6	Углеродистые кварц- серпичитовые сланцы, карбонатные породы	KR ₂ tm	Тим-Ястребов-ская ГС	Курская
13	12	б/н	8769	602,5–633,0	30,5	апатит; 1,4–9,2	Грейзенизированные гранит-пегматиты	ru KR ₂ b ₂	Калач-Эртильский МБ	Воронежская

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПУНКТЫ МИНЕРАЛИЗАЦИИ										
14	1	Шиховский	674 3804	583,0 557,0–575,4	1,0 18,4	апатит; 8,64; до 1,4	Амфиболовые сланцы	ξ KR ₂ δ	Белгородская ГС	Белгородская
15	2	Халанский	7548	305,8	1,0	апатит; 1,23	Дайка актинолита	в LP ₁ st ₂	Орловско-Бел- городский МБ	Белгородская
16	3	б/н	3812	542,3–570,0	27,7	апатит; до 1,47	Кора выветривания метаалевролитов, песчаников, сланцев	KR ₁ ja	Белгородская ГС	Белгородская
17	4	б/н	5533	242,0–248,4 298,8–301,0	6,4 2,2	апатит; до 2,3	Силикатно-магнетитовые кварциты	KR ₁ kr	Вологовская ГС	Белгородская
18	5	Северо- Троснянский	3580	389,0–391,2	2,2	апатит; более 2,3	Двуслюдные гнейсы	SM ob	Михайловская ГС	Орловская
19	6	Ново- Ялтинский	3568	350,0–367,8 393,7–410,6	17,8 16,9	апатит; до 2,3	Углеродистые серпичи- товые сланцы	KR ₁ kr	(гравен- синклиналь)	Орловская
20	7	Жидеевский	3733	240,0–339,3	99,3	апатит; до 2,3	Мигматизированные метабазиты	в LP ₁ st ₂		
21	8	б/н	7614	216,3–238,5	22,2	апатит; 0,34–1,07	Массив габброидов	в KR ₂ z ₁	Орловско-Бел- городский МБ	Орловская
22	9	Луневский	4026	164,0–304,5	140,5	апатит; до 3,5				Курская
23	10	б/н	4011	204,7–434,4	более 20	до 2,3				Курская
24	11	Запально- Введенковский	3715 3615 3716	243,4–293,6 406,0–487,3 589,7–647,0	50,2; более 30; 57,3	до 2,3	Углеродистые кварц- серпичитовые сланцы, карбонатные породы	KR ₂ tn	Тим-Ястребовская ГС (гравен- синклиналь)	Курская
25	12	Заломенский	3641	258,7–442,4	83,7	до 4,6				
26	13	Прилепский	3647	165,8–304,0	138,2	до 2,8				
27	14	Кривола- ковский	3654	194,8–213,0	18,2	до 4,6	Углеродистые кварц- серпичитовые сланцы, карбонатные породы	KR ₂ tn	Тим-Ястребовская ГС	Курская
28	15	Зареченский	3656	174,0–220,6	46,6	до 2,8				Курская
29	16	б/н	3681 3682	219,0–361,7 284,0–364,0	142,7 80,0	апатит; до 2,3, до 1,6	Амфибол-карбонатные породы	KR ₂ tn	Тим-Ястребовская ГС	Курская
30	17	б/н	3700	196,6–244,5	47,9	до 2,3	Биотитовые сланцы			
31	18	Запально- Стойленский	836 6045	273,4–275,2 284,1–323,3	1,8 39,2	до 2,3	Железистые кварциты	KR ₁ kr		Белгородская
32	19	б/н	5446 1181	340,2–622,0 239,0–308,8	более 170 69,8	до 2,5	Карбонаты, мета- соматиты, фениты	Ev, θ KR ₂ d	Орловско-Бел- городский МБ	Белгородская
33	20	Востоchno- Безлепкинский	3670	242,4–272,0 469,3–472,4	29,6 3,1	до 1,85	Углеродистые кварц- серпичитовые сланцы	KR ₂ tn	Тим-Ястребовская ГС	Курская
34	21	Синие Липаги	7577	165,0–187,0	22,0	апатит; 1,26–2,1	Граносениты, сенит- дiorиты	γξ KR ₂ p ₁	Лосевская шовная зона	Воронежская

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	22	Стойленский	6052 6055	342,7–354,7 289,2–349,5	12,0 60,3	до 0,9; до 1,15	Магнетитовые и слоборудные кварциты	KR ₁ kr	Тим-Ястребовская ГС	
36	23	б/н	1399	130,0–141,0	11,0	до 1,4	Амфиболиты, гнейсы	LP ₁ al	Орловско-Белгородский МБ (макроблок)	Белгородская
37	24	б/н	6660	148,8–187,9	39,1	до 1,15	Плагиогнейсы мигматизированные	SM ob		
38	25	Преображенский	7525	170,4–195,0	24,6	1,0–2,3	Дайка метагаббро	v LP ₁ st ₂	Лосевская шовная зона	
39	26	Колбинский	8002 8003			апатит; 0,8–1,46	Габбро, габбро-диориты, гранодиориты	v KR ₁ r	Калач-Эртильский МБ	Воронежская
40	27	б/н	8515	320,0–322,0	2,0	апатит; до 2,3	Габбродиориты амфиболитизированные	v KR ₂ e ₁	Россошанский МБ (макроблок)	
41	28	б/н	6385	-	-		Гранодиориты, снетит-диориты	½ KR ₂ P ₁		
42	29	б/н	6395	-	-	апатит; до 1,0				
43	30	б/н	6394	-	-					
44	31	б/н	6392	-	-					

Примечания: б/н – без названия

Так, А. С. Соколов, придерживаясь «хемогенной гипотезы» генезиса фосфоритов (ныне опровергаемой большинством), ошибочно выделял в своей классификации «хемогенный» класс фосфоритов в группах «осадочной» и «выветривания» [27].

Эндогенная серия проявлений фосфора в докембрии ВКМ

Основные фосфатопоявления в докембрийских образованиях Воронежского кристаллического массива, в том числе и единственное месторождение, относятся к эндогенной и метаморфогенной сериям (см. табл. 3). Роль их в степени фосфатной минерализации ВКМ примерно равнозначна: к первой принадлежат – месторождение, 5 (из 12) рудопроявлений, 11 (из 31) пунктов минерализации; ко второй – 4 рудопроявления и 19 пунктов. Эндогенная серия представлена магматической группой рудопроявлений.

Магматическая группа фосфатопоявлений ВКМ включает 4 класса, различающихся петрографическими особенностями рудовмещающих интрузивных комплексов. Наиболее важным в промышленном отношении является **класс ультраосновных щелочных формаций**. К нему относится, прежде всего, Дубравинское месторождение, а также – Ястребовское фосфатопоявление и пункт минерализации 19. В минерогеническом отношении все они связаны (см. табл. 2) с дубравинским комплексом щелочных пироксенитов и карбонатитов верхнего карелия (*Ev, θ KR₂ d*).

Дубравинское месторождение. Продуктивный ультраосновной щелочно-карбонатитовый массив расположен в гнейсах обоянского стратифицированного и мигматитах атаманского интрузивного комплексов на северо-западном фланге Волотовской грабен-синклинали (ГС) в зоне ее центриклинального замыкания (см. рис. 1). Месторождение залегает [25, 29, 30] под отложениями фанерозоя мощностью 170–200 м. В плане рудная зона мощностью около 600 м протягивается на 6–7 км, по падению прослежена на 500 м. Форма рудной зоны в плане дугообразная, серповидная. В центральной и восточной частях зона вытянута в субширотном направлении и круто (70–80°) падает на юго-восток. На западе она разворачивается в субмеридиональном направлении, с более пологим падением на восток.

Вмещающие гнейсы и мигматиты интенсивно фенитизированы. Рудная зона месторождения сложена щелочными пироксенитами и граносиенитами, собственно магнетит-апатитовыми карбонатитами. Выделяются два типа апатитовых руд: более богатые апатит-силикатные и бедные апатит-карбонатные.

Апатит-силикатные руды приурочены к висячему боку продуктивной зоны, к контакту карбонатитов с фенитизированными породами. В среднем минеральный состав руд представлен апатитом (33%), биотитом (22%), магнетитом (12%), пироксеном и амфиболом (12%), карбонатами (7%), пирротинном (3%), сфеном (3%). В ассоциации с магнетитом постоянно отмечаются пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, пентландит. По составу основных компонентов руды магнетит-

апатитовые. Содержание P_2O_5 по пробам составляет 10–15 %, железа в среднем 3,5 %. Апатит-карбонатные руды приурочены к карбонатитам и локализируются в центральной части и лежащем боку рудной зоны. Минеральный состав их таков: карбонаты 61 %, магнетит 14, апатит 12, биотит и флогопит 10, пироксен и амфибол 2 %, вкрапленность пирита, пирротина. Содержание P_2O_5 составляет в среднем 4–6 %, железа в среднем – около 10 %.

Фосфатное вещество в рудах Дубравинского месторождения относится к фтороапатиту. По данным технологических испытаний установлено, что руды являются комплексными и технологичными. Из них при обогащении флотацией получены апатитовый, магнетитовый и слюдяной концентраты. Апатитовый концентрат содержит до 40 % P_2O_5 с извлекаемостью более 90 %. Суммарное количество фосфорного ангидрида на месторождении оценивается в 40 млн т, в том числе, запасов и ресурсов по категориям: C_2+P_1 – 26,6 млн т P_2O_5 ; ресурсов по категориям P_1+P_2 – 13,7 млн т P_2O_5 .

Сложное строение Дубравинского месторождения сформировалось [30] в результате последовательного проявления трех главных интрузивных фаз: первая – щелочно-ультрамафитовая (щелочные пироксениты); вторая – карбонатитовая (карбонатиты, магнетит-апатитовые руды); третья – граносиенитовая (щелочные граниты и сиениты). Фосфатная минерализация происходила на всех этапах, однако, ее максимум связан с собственно карбонатитовой фазой.

Ястребовское рудопроявление находится в северо-восточном крыле Тим-Ястребовской ГС (см. рис. 1). Оно приурочено к тектонической зоне развития пород дубравинского комплекса протяженностью 2 км. Фосфатное проявление связано с щелочными сиенитами, карбонатитами, фенитами, альбититами, которые локализованы вдоль контакта метапесчаников стойленской свиты с плагиогнейсами и амфиболитами обоянского комплекса. Карбонатиты с апатитовой минерализацией слагают до семи рудных тел. Мощность рудной зоны на глубине > 200 м, составляет 15–20 м. Апатит, содержание которого колеблется от 3–5 до 20–30 %, ассоциирует с магнетитом и ильменитом; содержание P_2O_5 – 0,13–3,71 %, в среднем 2,04 %. Фосфатная минерализация сопровождается повышенным содержанием редких земель (Ce, La, Nb, Y). По данным поисковых работ прогнозные ресурсы P_2O_5 по категории P_3 около 3 млн т (на 140 тыс m^2).

Фосфатное проявление магнетит-апатитовых карбонатитов дубравинского комплекса мегаблока КМА могут считаться одними из перспективных геологических объектов в центральной части РФ. На настоящий момент изученности они связаны, в той или иной степени, с Волотовской и Тим-Ястребовской ГС. За пределами ВКМ с ультраосновными щелочными породами и карбонатитами связано известное Ковдорское апатит-магнетитовое месторождение Кольского полуострова.

Для фосфатной минерализации докембрия ВКМ имеют значение также рудопроявления **класса основных формаций**: они отмечаются во всех трех структурно-формационных зонах (СФЗ) геоблока ВКМ (см.

табл. 2, 3). Мегаблок КМА включает *Хмызовское фосфатное проявление* на Россошанском макроблоке (МБ), *Воронежское фосфатное проявление* и два пункта минерализации (Орловско-Белгородский МБ). По одному пункту минерализации находятся в Лосевской шовной зоне (ЛШЗ) и Хоперском мегаблоке (Калач-Эртильский МБ). Минерализация фосфора связана с габброидными комплексами: позднеархейским сергиевским ($v LP_1 sr_2$); раннекарельским рождественским ($v KR_1 r$); позднекарельскими – золотухинским ($v KR_2 z_2$), еланским ($v KR_2 e_1$), смородинским ($v KR_2 sm$).

Фосфатное проявление **класса кислых формаций** отмечаются в трех СФЗ Воронежского кристаллического массива. В Хоперском мегаблоке (Калач-Эртильский МБ) отмечается фосфатное проявление (12) в грейзенизированных гранит-пегматитах позднекарельского бобровского комплекса ($py KR_2 b_2$). Пункты минерализации и в ЛШЗ и в мегаблоке КМА (Россошанский МБ) приурочены к граносиенитам павловского комплекса карелия ($\gamma \xi KR_2 p_1$).

Класс средних щелочных пород представлен *Мелихово-Шебекинским фосфатным проявлением* и Шляховским пунктом, приуроченными к Белгородской грабен-синклинали. Фосфатная минерализация в обоих случаях связана с позднекарельским шебекинским комплексом щелочных и амфиболовых сиенитов, монзонитов ($\xi KR_2 \delta$). Степень фосфатной минерализации в рудопроявлениях и пунктах трех последних классов (основных, средних щелочных и кислых формаций) не высока. Практического (промышленного) значения, на настоящий момент изученности, они не имеют.

Метаморфогенная серия фосфатных проявлений ВКМ

Метаморфогенная серия фосфатных проявлений ВКМ включает 2 группы – метаморфическую и метаморфизованную. Проявления этой серии выявлены в настоящее время только в мегаблоке КМА.

Группа метаморфизованных фосфатных проявлений объединяет проявления двух классов регионально-метаморфизованного и контактово-метаморфизованного. Фосфатные **рудопроявления регионально-метаморфизованного класса** являются наиболее распространенными и перспективными. Все фосфатные проявления и большая часть пунктов минерализации этого класса связаны со свитами оскольской серии – нижнекарельской яковлевской ($KR_1 ja$) и верхнекарельской тимской ($KR_2 tm$). Рудопроявления и пункты минерализации фосфора тимской свиты приурочены к Тим-Ястребовской (*Тимское фосфатное проявление*, 11) и Волотовской (*Центрально-Волотовское фосфатное проявление*) ГС (см. рис. 1); проявление (5) яковлевской свиты – к Белгородской ГС.

Тимское фосфатное проявление связано с толщей углеродистых сланцев, алевролитов и карбонатных пород тимской свиты. Зона минерализации прослеживается до 50 км, при ширине 10 км. Она представлена ритмично-переслаивающимися фосфатными углеродистыми сланцами и безрудными углеродистыми карбонатными породами и алевролитами. В рудной зоне отмечается до 7 фосфатных пачек мощностью от 2

до 35 м, суммарной мощностью 120 м. Среднее содержание P_2O_5 в них 2–4 %. Повышенная концентрация фосфорного ангидрида (10–12 %) выявлена в тонких (от 0,3 до 50 см) прослоях. Фосфаты представлены пеллетами (0,01–0,1 мм) тонкокристаллического апатита [23]. Фосфатоносные породы обогащены редкоземельными и редкометалльными элементами (La, Ce, Nb, Sm, Er, Gd) и марганцем (до 5 %). Фосфатоносность пород тимской свиты в пределах мегаблока КМА проявлена широко: в Рыльской и Волотовской грабен-синклиналях, удаленных друг от друга на 250–300 км.

Фосфатопоявление 5 расположено на юго-западном крыле Белгородской грабен-синклинали, приуроченно к серицит-кварцевым металевролитам, мраморизованным доломитам и серицитовым сланцам яковлевской свиты. Глубина залегания крутопадающих фосфатоносных пород > 800 м, мощность пачки 80 м. В ней выделяется зона мощностью 16 м со средним содержанием P_2O_5 9 %. Повышенная концентрация фосфора выявлена в тонких (до 3–5 мм) прослоях. По содержанию P_2O_5 до 22 % (в скважине 2718) это наиболее богатые фосфатные руды в докембрийских образованиях ВКМ. Установлено [24], что фосфатное вещество имеет первично-осадочный генезис и представлено пеллетами карбонатфтороапатитового состава размером до 0,1 мм.

Фосфатная минерализация в породах карбонатно-терригенной формации карелия отмечается, кроме ВКМ, на Украинском и Балтийском щитах [24, 33]. Таким образом, можно говорить о раннепротерозойской региональной эпохе фосфоритообразования, проявившейся в Восточно-Европейской провинции.

К этому классу относятся также пункты раннепротерозойской фосфатной минерализации в железистых кварцитах коробковской свиты курской серии (Тим-Ястребовская, Волотовская ГС).

Фосфатизация контактово-метаморфизованного класса проявлена в двух пунктах минерализации в позднеархейских метабазитах и метагаббро сергиевского комплекса (Михайловская ГС, Орловско-Белгородский МБ).

Группа метаморфических фосфатоносных пород проявлена тремя пунктами минерализации, относящимися к **амфиболитовому классу**, в архее Михайловской ГС и Орловско-Белгородского МБ. Фосфатизация связана с гнейсами обоянского плутоно-метаморфического комплекса саамия (самые древние породы ВКМ); с амфиболитами и гнейсами александровской серии нижнего лопия.

Экзогенная серия проявлений фосфора в докембрии ВКМ

Экзогенная серия докембрийских фосфатопоявлений представлена одной **группой выветривания**. В группе выветривания, в свою очередь, выделяется также один **класс кор выветривания**. Класс фосфатопоявлений, связанных с корами выветривания включает **Шляховское**, **Малиновское**, **Гостищевское** проявления и 1 пункт минерализации (см. табл. 2, 3).

Все они приурочены к породам яковлевской свиты Белгородской грабен-синклинали.

Гостищевское фосфатопоявление связано с гидрослюдистой зоной коры выветривания кварц-хлорит-серицитовых сланцев яковлевской свиты. Глубина залегания фосфатоносной пачки < 600 м, мощность 50 м. В ней выделяется зона мощностью 12 м со средним содержанием P_2O_5 12 %. В тонких прослоях выявлено содержание P_2O_5 до 22 % (скважина 3064). Фосфатное вещество представлено пеллетами карбонатфтороапатитового состава размером 0,1 мм [24].

Выводы

В пределах ВКМ и Воронежской антеклизы наиболее значимо проявлены две эпохи фосфатонакопления – региональная ранне-протерозойская и глобальная позднемеловая-эоценовая, соответственно.

Выделяются 3 петрографических типа фосфоритов: микрозернистый (в докембрии), желваковый и фосфатоносных россыпей (в мезозое).

Фосфат в микрозернистых фосфоритах представлен апатитом и фтор-карбонатапатитом, в желваковых и россыпных — фторкарбонатапатитом.

В докембрии ВКМ выявлены: 31 пункт минерализации, 12 рудопроявлений и одно – Дубравинское месторождение. Подавляющая часть из них находится в пределах мегаблока КМА. Два пункта минерализации отмечаются в Лосевской шовной зоне; один пункт и одно фосфатопоявление – на площади Калач-Эртильского макроблока. Основные фосфатопоявления ВКМ относятся к эндогенной (одно месторождение, 5 проявлений) и метаморфогенной (4 проявления) сериям.

В магматической группе наиболее важен класс ультраосновных щелочных формаций (Дубравинское м-е, Ястребовское рудопроявление), относящийся к дубравинскому комплексу щелочных пироксенитов и карбонатитов верхнего карелия ($Ev, \theta KR_2 d$).

Содержание P_2O_5 в рудах Дубравинского месторождения в среднем 4–6 %. Суммарное количество фосфорного ангидрида оценивается в 40 млн т. Руды магнетит-апатитовых карбонатитов дубравинского комплекса мегаблока КМА могут считаться одними из перспективных фосфорсодержащих объектов в центральной части РФ.

В метаморфогенной серии наиболее перспективной является группа метаморфизованных фосфатоносных пород. Рудопроявления приурочены к Тим-Ястребовской, Волотовской и Белгородской грабен-синклиналям и связаны со свитами оскольской серии: нижнекарельской яковлевской ($KR_1 ja$) и верхнекарельской тимской ($KR_2 tm$). По содержанию P_2O_5 до 22 % это наиболее богатые фосфатные руды в докембрийских образованиях ВКМ.

Фосфатизация в породах карбонатно-терригенной формации карелия отмечается, кроме ВКМ, на Украинском и Балтийском щитах. Таким образом, можно выделить раннепротерозойскую региональную эпоху фосфоритообразования в Восточно-Европейской провинции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушинский Г. И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины Г. И. Бушинский. – М., 1954. – 307 с.
2. Бушинский Г. И. Формация фосфория / Г. И. Бушинский. – М., 1969. – 110 с.
3. Блисковский В. З. О курските и франколите / В. З. Блисковский // Литология и полезные ископаемые. – 1976. – № 3. – С.75–84.
4. Блисковский В. З. Минералогическая природа фосфатов кальция фосфоритов / В. З. Блисковский // Вещественный состав фосфоритов. – Новосибирск, 1979. – С.16–36.
5. Беляев В. И. Фосфоритность альб-сеноманских отложений северо-восточного склона Воронежской антеклизы: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / В. И. Беляев. – Воронеж, 1970. – 20 с.
6. Беляев В. И. Генезис верхнеальбских фосфоритовых отложений Воронежской антеклизы / В. И. Беляев // Геология, поиски и разведка нерудных полезных ископаемых. – 1974. – Вып. 1. – С.124–135.
7. Беляев В. И. К вопросу о фосфоритности мезокайнозойских отложений центральных районов Воронежской антеклизы / В. И. Беляев // Литология терригенных толщ фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1979. – С.48–53.
8. Мануковский С. В. Литолого-фациальная характеристика и условия образования фосфоритных сеноманских отложений северо-запада Воронежской антеклизы / С. В. Мануковский, Ю. В. Олейник, В. М. Подобный // Геология и неметаллические полезные ископаемые ЦЧЭР. – Воронеж, 1987. – С.27–43.
9. Савко А. Д. Локализация месторождений желваковых фосфоритов на северо-западе Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский // Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разведка. – 1988. – № 4. – С.81–88.
10. Савко А. Д. Основные факторы формирования фосфатных россыпей (на примере нижнекампанских отложений северо-запада Воронежской антеклизы) / А. Д. Савко [и др.] // Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разведка. – 1991. – № 12. – С.43–52.
11. Беляев В. И. Литолого-фациальные и структурно-тектонические особенности формирования фосфоритных отложений Полпинского месторождения / В. И. Беляев, А. Д. Савко, С. В. Мануковский // Литогенез и образование полезных ископаемых фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1992. – С.14–25.
12. Беляев В. И. К вопросу о фосфоритности юрских отложений / В. И. Беляев, В. П. Семенов // Литогенез и образование полезных ископаемых фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1992. – С.151–156.
13. Савко А. Д. Фосфориты Центрально-Чернозёмного района / А. Д. Савко, В. И. Беляев, С. В. Мануковский. – Воронеж, 1994. – 184 с.
14. Мануковский С. В. Литология верхнемеловых фосфоритных отложений северо-запада Воронежской антеклизы: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / С. В. Мануковский. – Воронеж, 1998. – 24 с.
15. Мануковский С. В. К вопросу о бактериально-водородослевой природе некоторых типов фосфатов в желваковых фосфоритах и фосфатных россыпях / С. В. Мануковский, В. И. Беляев // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. : Сер. Геол. – 2000. – №5(10). – С.41–47.
16. Мануковский С. В. Органогенные ультрамикроструктуры в фосфоритах Воронежской антеклизы / С. В. Мануковский // I Международный симпозиум "Биокосные взаимодействия: жизнь и камень". Тез. докл. – СПб., 2002.
17. Школьник Э. Л. Типизация фосфатных желваков и ассоциированных фрагментов мезозоя Восточно-Европейской платформы, их сравнение с современными и некоторыми одно возрастными аналогами (по результатам электронно-микроскопического изучения) / Э. Л. Школьник [и др.] // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 27. – 2004. – 79 с.
18. Мануковский С. В. Микроконкреционные фосфатные россыпи в нижнекампанских отложениях северо-западной части Воронежской антеклизы / С. В. Мануковский // XIV Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Тез. докл. – Новосибирск, 2010.
19. Савко А. Д. Основные факторы формирования месторождений фосфоритов на территории ЦЧЭР / А. Д. Савко, С. В. Мануковский // Международная научная конференция «Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых». Тез. докл. – Симферополь, 2012.
20. Гиммельфарб Б. М. Закономерности размещения месторождений фосфоритов СССР и их генетическая классификация / Б. М. Гиммельфарб. – М., 1965. – 307 с.
21. Фоминский В. И. Стратиграфия и условия формирования фосфоритовых отложений сеномана района Воронежской антеклизы: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / В. И. Фоминский. – М., 1973.
22. Маленкина С. Ю. Геология и условия формирования сеноманских и кампанских фосфатных отложений Воронежской антеклизы: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / С. Ю. Маленкина. – М., 2003.
23. Созинов В. А. О фосфоритности отложений района КМА // Литология и полезные ископаемые / В. А. Созинов, В. А. Казанцев. – 1978. – № 1. – С.148–152.
24. Никитина А. П. Перспективы фосфоритности нижнепротерозойских отложений Белгородского района КМА / А. П. Никитина, А. А. Щипанский // Изв. АН СССР. Сер. геологическая. – 1987. – № 2. – С.113–124.
25. Двойнин В. В. Дубравинское месторождение апатитов КМА – новая минерально-сырьевая база для производства удобрений / В. В. Двойнин, Е. И. Дунай, В. С. Котельников // Нерудное минеральное сырье для нужд сельского хозяйства Нечерноземья. – М., 1987. – С. 129–145.
26. Соколов А. С. Классификация и закономерности размещения месторождений фосфатов / А. С. Соколов // XXVII Междунар. геол. конгр. Тез. докл., т. 15. секц. 15. – М., 1984. – С.48–58.
27. Соколов А. С. Генетическая классификация месторождений фосфатных руд / А. С. Соколов // Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разведка. – 1995. – № 5. – С.59–67.
28. Бочаров В. Л. Апатитосные карбонатиты КМА / В. Л. Бочаров, С. М. Фролов. – Воронеж, 1993. – 123 с.
29. Бочаров В. Л. Новое фосфатно-рудно-редкоземельное месторождение в Центральной России / В. Л. Бочаров // Регион: системы, экономика, управление. – 2011. – № 2 (13). – С. 190–197.
30. Бочаров В. Л. Метасоматиты в апатит-магнетитовых карбонатитах КМА / В. Л. Бочаров // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2012. – Вып. 1. – С. 76–80.
31. Шатский Н. С. Фосфоритные формации и классификация фосфоритовых залежей / Н. С. Шатский // Совещ. по осад. породам. Доклады. – Вып. 2. – М., 1955.
32. Смирнов А. И. Вещественный состав и условия формирования основных типов фосфоритов / А. И. Смирнов // Тр. ГИГХС, 1972. – Вып. 14. – 196 с.
33. Юдин Н. И. Эволюция фосфатонакопления / Н. И. Юдин // Эволюция осадочного рудообразования в истории Земли. – М., 1984. – С. 87–94. осадочного рудообразования в истории Земли. М., 1984. – С. 87-94.

*Воронежский государственный университет
Мануковский С. В., кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
НИИ Геологии ВГУ
E-mail: manukovsky@inbox.ru
Тел.: 8 (473) 222-65-12*

*Voronezh State University
Manukovsky S. V., Candidate of the mineralogical and geological sciences, leading scientific associate of the Science-and-Search institute of Geology
E-mail: manukovsky@inbox.ru
Tel.: 8 (473) 222-65-12*