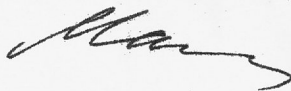


Е. Ю. Барабошкину

На правах рукописи



МАЛЁНКИНА Светлана Юрьевна

**ГЕОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕНОМАНСКИХ И
КАМПАНСКИХ ФОСФАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

Специальность 25.00.01 — Общая и региональная геология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 2003

Работа выполнена в лаборатории структурного анализа
Института литосферы окраинных и внутренних морей РАН

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук

А.В.Ильин

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук

В.С. Вишневецкая

доктор геолого-минералогических наук

Э.Л. Школьник

Ведущая организация: Государственный НИИ горнохимического сырья
(ФГУП ГИГХС, Люберцы)

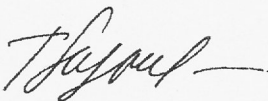
Защита состоится *29.01.2004* в 11 ч. 00 мин.
на заседании диссертационного совета Д 002.056.01
при Институте литосферы окраинных и внутренних морей РАН
по адресу: 119180, Москва, Старомонетный пер., д. 22, ИЛРАН.
Факс (095)9535590; e-mail: office@ilran.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделении геологической литературы
Библиотеки по естественным наукам РАН (Москва, Старомонетный пер., 35)

Автореферат разослан

23 декабря 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук



Г.В. Леднева

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Верхнемеловые отложения чрезвычайно широко распространены в пределах Воронежской антеклизы. Изучение их представляется важным и актуальным, так как к ним приурочена глобальная эпоха максимального фосфатонакопления, проявившаяся в том числе и на Восточно-Европейской платформе, а также другие явления глобального порядка – эвстатические колебания. В свою очередь исследование фосфатоносной части этих отложений приобретает особое значение для восстановления обстановок их формирования, так как общеизвестно палеогеографическое значение фосфоритов как индикатора обстановок осадконакопления. Остается дискуссионным и сам механизм фосфоритообразования, в частности причины, определяющие образование либо зерен, либо желваков, вопросы первичного фосфатогенеза, соотношения биогенных и хемотропных процессов при формировании фосфоритов, роли эукариотных и прокариотных организмов в фосфоритообразовании. Актуальным в практическом отношении также является и проблема расширения российской фосфатной сырьевой базы в связи с её резким сокращением в последние годы.

Основная цель работы – выяснить условия формирования и особенности осадконакопления верхнемеловых фосфатоносных отложений в пределах Воронежской антеклизы, а также наметить основные черты механизма фосфоритообразования. Важным представляется также уточнение общих обстановок осадконакопления в данном бассейне и роли планктона, нектона, бентоса и микробных комплексов в фосфатогенезе.

Задачи исследования:

- Комплексное литологическое изучение состава и строения фосфоритов и вмещающих их отложений верхнего мела региона.
- Фациально-палеогеографический и генетический анализ верхнемеловых фосфатоносных отложений Воронежской антеклизы.
- Установление основных факторов, определявших процесс фосфоритообразования на Воронежской антеклизе.
- Определение главных характеристик этого процесса и их влияние на результаты фосфатонакопления.
- Реконструкция механизма фосфоритообразования в рассматриваемом районе.
- Выявление условий формирования фосфатоносных отложений в сеномане и кампане и уточнение общей палеогеографической ситуации в регионе.

Фактический материал, положенный в основу работы, собран автором во время полевых работ 1992-1996 годов, а также отдельных экскурсий 1996-2001 годов. Исследования проводились на территории Смоленской, Калужской, Брянской, Орловской, Курской, Белгородской, Воронежской и ряда сопредельных областей. Изучались многочисленные, как естественные, так и искусственные обнажения, а также материалы скважин пробуренных ГП “Центргеология”. Всего было отобрано 195 образцов, сделано 68

зарисовок, изучено 319 шлифов и изготовлено 42 макро- и 143 микрофотографии, а также 325 электронных ультрамикрофотографий.

Собственные данные и наблюдения автора дополнены обширнейшим литературным материалом предшественников. Часть данных была любезно предоставлена А.В. Ильным, Д.П. Наидиным, сотрудниками ГП "Центргеология" и Воронежского Университета.

Методы исследования примененные автором:

1. Детальное описание фосфатоносных отложений в полевых условиях, изучение фосфоритов и разрезов вмещающих толщ с фиксацией их в виде зарисовок и фотографий.
2. Определение фосфоритов и фосфатсодержащих пород в полевых условиях (качественная реакция на фосфат).
3. Литологические исследования, сопровождавшиеся отбором материала для дальнейшей камеральной обработки.
4. Конкреционный анализ.
5. Исследование прозрачных шлифов под микроскопом и сыпучих проб под бинокуляром.
6. Компьютерное микросканирование прозрачных шлифов и сыпучих проб выполненное в ГИН РАН на установке AxioLab Zeise.
7. Компьютерное сканирование конкреций.
8. Изучение распределения содержания урана в фосфоритах. Анализ проводился на энергодисперсионном рентгенофлуорисцентном анализаторе TEFA-III (EGG "ORTEC") в лаборатории ИЛРАН.
9. Анализ РЗЭ с помощью атомно-эмиссионной спектрометрии.
10. Изотопно-углеродный и изотопно-кислородный анализ проб. Анализ выполнен в лаборатории Э.М. Галимова ГЕОХИ РАН.
11. Исследование ультрамикроструктур фосфоритов выполнено в ПИН РАН, с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) CamScan-4, и спектрометра энергодисперсионных спектров SBS-50M.
12. Графическая обработка материала.
13. Фациально-палеогеографический и генетический анализ.
14. Сбор и интерпретация данных из многочисленных литературных источников.

Личный вклад автора. Автором были изучены разрезы, сделано детальное описание фосфатоносных отложений, определение фосфоритов и фосфатсодержащих пород в полевых условиях. Исследование разрезов вмещающих толщ сопровождалось отбором образцов, с последующим изучением шлифов в оптическом микроскопе, сыпучих проб под бинокуляром, ультрамикроструктур фосфоритов с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) и энергодисперсионных спектров. Обнаружены и впервые подробно описаны интрузивные сеноманские желваки Воронежской антеклизы. Проведена типизация желваковых фосфоритов Воронежской антеклизы. По соотношению стабильных изотопов

кислорода, впервые для исследуемого района, определены палеотемпературы для различных глубин палеобассейна. Составлен рабочий атлас микро- и ультрамикротографий, а также макрофотографий фосфоритов. Прослежен процесс фосфатизации и определена роль биоса в фосфатогенезе по наблюдениям в СЭМ. Применение фашиально-палеогеографического и генетического анализов позволило реконструировать механизм и условия фосфоритообразования в рассматриваемом районе.

Научная новизна работы.

1. Для реконструкции геологических событий и условий осадконакопления позднего мела Воронежской антеклизы исследованы с помощью электронной микроскопии фосфориты большей части региона. Получен и систематизирован новый фактический фотоматериал, а также комплексные характеристики этих фосфоритов.

2. Выделены литотипы желваковых фосфоритов Воронежской антеклизы.

3. Предложен механизм фосфатогенеза для верхнемеловых фосфатоносных толщ Воронежской антеклизы путем сравнения условий образования нового морфогенетического типа фосфоритов кампана и желвакового типа фосфоритов сеномана.

4. Изучены и подробно описаны инситные сеноманские желваки Воронежской антеклизы.

5. Получены данные определения палеотемператур для различных глубин палеобассейна исследуемого района по соотношению стабильных изотопов кислорода.

6. Проведено сравнение верхнемеловых фосфоритов Воронежской антеклизы фосфоритами Западной Европы, Северо-Западной Африки и Ближнего Востока по генезису, морфологии и ряду других признаков.

Основные защищаемые положения:

1. В сеноманских отложениях фосфориты первоначально формируются за счет избирательной фосфатизации осадка, преимущественно по ходам биотурбитов и другим неровностям микрорельефа осадка, содержащим крупные скопления органики, макроостатки фауны и флоры. Осадок при этом оставался ненарушенным достаточно долгое время, вплоть до полной литификации желваков.

В кампанских отложениях зерна фосфоритов первоначально образуются также за счет избирательной фосфатизации осадка, путем замещения биогенного детрита, мелких копролитов, фрагментов бактериально-водорослевых комплексов фосфатом кальция и его осаждения с помощью бактерий на поверхностях минералов и биодетрита. Осадок при этом оставался ненарушенным не столь долгое время, лишь до некоторого уплотнения первоначальных стяжений.

2. Процесс фосфоритообразования многостадийен и полициклический и зависит от следующих факторов: структурно-геоморфологических, гидродинамических, биологических, палеогеографических, литогенетических. Результаты фосфатонакопления зависят от числа стадий в цикле и количества циклов.

3. Механизм фосфатогенеза в рассматриваемом районе осуществлялся в двух вариантах:

Во-первых, синседиментационным или раннедиагенетическим замещением остатков фауны и флоры, с предварительным диагенетическим перераспределением фосфатного вещества внутри осадка, с образованием крупных фосфатных желваков и их сростков, при длительных периодических относительных ослаблениях гидродинамической активности. При активизации режима происходило дальнейшее механическое обогащение.

Во-вторых, фосфатизацией мелкого биодетрита, нарастанием пленок и оболочек вокруг зерен, при относительно коротких периодических ослаблениях гидродинамической активности, что препятствовало формированию крупных желваков, сдерживало подвижность фосфата и перераспределение его внутри осадка в растворенном виде. В стадию диагенеза происходили лишь литификация, раскристаллизация вещества и образование микроконкреций. Активный гидродинамический режим способствовал шлихованию песков, образуя фосфатоносные россыпи.

4. При формировании фосфатоносных отложений Воронежской антеклизы в сеномане осуществлялся первый вариант, а в кампане – второй.

5. Необходимыми условиями фосфатогенеза в обоих случаях были: эпиконтинентальный бассейн нормальной солености, богатый жизнью, с глубинами не более 50 - 100 м, широко развитыми мелководными фациями и эвстатические колебания уровня моря.

Теоретическое и практическое значение. Примененный в настоящей работе подход к исследованию верхнемеловых отложений с помощью фациально-палеогеографического анализа позволил установить критерии для реконструкции условий осадконакопления в окраинных эпиконтинентальных морях и для уточнения общей палеогеографической ситуации в регионе. Эта информация может быть использована также и для уточнения генетических представлений, поскольку существенно облегчает реконструкцию палеобиоценозов и конкретных седиментогенных обстановок в различных частях бассейна.

Полученные результаты могут быть использованы при проведении различных исследований по данной территории, в том числе при поисках новых сырьевых источников фосфора в России. Принцип механизма фосфатонакопления предложенный в данной работе может быть применен для восстановления условий в сходных и аналогичных осадочных бассейнах.

Апробация работы. Основные идеи и положения предлагаемой работы были представлены на международных совещаниях: "Фосфориты и фосфогенез" (Москва, 1992), "Проблемы фосфатной геологии" (Москва, 1995), "Проблемы фосфатного сырья" (Мелеуз, 1998); Уральских литологических совещаниях (Екатеринбург, 1996-2002); конференциях молодых ученых ИЛРАН и научных чтениях памяти акад. А.Л. Яншина (Москва, 1992-

2003); международном конгрессе "Sedimentology at the dawn of the third millenium" (Аликанте, 1998); юбилейной научной конференции ИЛРАН (Москва, 1999); Всероссийском съезде геологов "Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI в." (Санкт-Петербург, 2000); 31^{-ой} сессии Международного Геологического Конгресса (Рио-де-Жанейро, 2000); международных совещаниях – "International Association of Sedimentologists Regional Meeting" (Дублин, 2000, Давос, 2001); Всероссийских литологических совещаниях (Воронеж, 2000, Москва, 2000-2003); 7-й международной конференции по тектонике плит им. Л.П. Зоненшайна (Москва, 2001); XIV школе морской геологии (Москва, 2001); совещании "Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии" (Москва, 2002); международной конференции "Бактериальная палеонтология" (Москва, 2002); конференции "Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI вв." (Москва, 2002); V и VI международных конференциях "Новые идеи в науках о земле" (Москва, 2001, 2003), XLIX сессии ВПО (Москва, 2003).

Публикации. Непосредственно по теме диссертации автором опубликовано 37 научных работ, из них 19 статей.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 454 наименований; включает 27 таблиц и диаграмм, 45 иллюстраций (из них 10 цветных) и занимает 169 страниц.

Благодарности. Работа выполнена в Лаборатории структурного анализа Института литосферы окраинных морей РАН (ИЛРАН) под руководством доктора геолого-минералогических наук А.В.Ильина (ИЛРАН), а также при поддержке доктора геолого-минералогических наук В.М.Моралева (ИЛРАН), заведующего лабораторией кандидата геолого-минералогических наук – А.С.Балуева и нашего директора – чл.-корр. РАН Богданова Н.А., которым автор выражает свою искреннюю и глубокую признательность. Часть исследований велась в рамках проекта РФФИ "Поздний мел Восточно-Европейского эпиконтинентального бассейна: эвстазия и геологические события" (N 95-05-14624, руководитель – А.В. Ильин). Автор выражает глубочайшую признательность Е.А. Жегалло (ПИН РАН), за неоценимую помощь при проведении исследований на СЭМ, получении ультрамикротомографий и изучении ультрамикроструктур фосфоритов. Особую благодарность автор высказывает сотрудникам ГП "Центргеология" и Воронежского Государственного Университета за многочисленные фактические данные любезно предоставленные для изучения и интерпретации. В процессе работы большое значение имело обсуждение проблем с Розеном О.М. (ГИН РАН), Соколовым А.С. (ГИГХС), Иконниковым Н.Н. (ГП "Центргеология") и Олферьевым А.Г. (ПИН РАН), которым автор признателен за ценные советы, плодотворные дискуссии и критические замечания. Пользуясь случаем, хотелось бы выразить искреннюю признательность Фролову В.Т., Алексееву А.С., Найдину Д.П. (МГУ), и многим другим, постоянной поддержкой и консультациями которых пользовался автор. Большую помощь в работе оказали

сотрудники Лаборатории физико-химических исследований Савичева А.Т.(ИЛРАН), а также группы минералогических исследований Ляховича В.В. (ИЛРАН). Всем перечисленным выше лицам, при поддержке которых состоялась настоящая работа, автор выражает свою глубокую благодарность. Автор также особо признателен Лаврушину В.Ю. (ГИН РАН), Зубареву А.Д. (ИБР РАН) и Ряховскому В.М. (Музей Вернадского) за оказанную помощь при получении и компьютерной обработке изображений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ФОСФАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО МЕЛА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Историю изучения фосфатоносности верхнего мела на Воронежской антеклизе можно условно разделить на пять периодов.

Первый период характеризуется общими, описательными исследованиями не носящими систематического характера. Так называемый "курский самород", описан В. Зуевым в 1787 г. Его химический анализ впервые был выполнен А.И. Ходневым в 1845 г. А.Н. Энгельгарт в 1888 г. разработал первую классификацию фосфоритов. Более поздние исследования подтвердили первоначальное определение "курского саморода" как породы, состоящей из "фосфорнокислой извести и песка". Первое микроскопическое описание "курского саморода", было опубликовано М. Сидоренко в 1894 году (Бушинский, 1954).

Второй период, начавшийся в первых годах XX века, характерен систематическими и хорошо организованными работами. В 1908 году была создана Комиссия по исследованию фосфоритов Московского Сельскохозяйственного института, сыгравшая весьма важную роль в изучении фосфатоносных отложений России. Исследования возглавил Я.В. Самойлов, привлеченный для этой цели А.Д. Архангельского, А.В. Казакова, А.Н. Семихатова, Г.Ф. Мирчинка, Н.С. Шатского, О.К. Ланге и других. Работа Комиссии прекратилась по известным причинам в 1918 году. Результатом работ явились 8 томов трудов (Отчет по..., 1909-1918) и позднее отдельный обобщающий том (Фосфориты СССР, 1927), в которых изложены условия залегания фосфоритов, основные их характеристики.

Третий период начался в первой половине 30-х годов прошлого столетия. Для этого периода было характерно массированное привлечение кадров, мобилизация экономических и сырьевых ресурсов, а также создание мощной научно-производственной базы. Он ознаменовался осуществлением детальных поисково-разведочных работ, поставленных на площадях, выявленных исследованиями Комиссии по фосфоритам.

В 1937-1939 гг. вышли в свет основополагающие работы А.В. Казакова. Дальнейшие детальные структурно-минералогические и петрографические исследования фосфоритовых конкреций Восточно-Европейской платформы, проведенные А.В.

Казаковым (1937-1939), Г.И. Бушинским (1934-1954) и Л.И. Горбуновой (1947-1955) существенно обогатили теорию происхождения фосфоритов.

Четвертый период изучения фосфатоносности верхнего мела на Восточно-Европейской платформе начался примерно с конца 50-х годов. Для этого периода характерно применение новых аналитических и инструментальных методов. Огромную роль в понимании природы меловых отложений территории Воронежской антеклизы сыграло изучение Курской магнитной аномалии. В 50-80 годах значительные результаты в изучении фосфоритоносности мезозоя центральной части Восточно-Европейской платформы были достигнуты ЛОПИ (позднее ИЛСАН), ГУЦР, Воронежским университетом (Савко А.Д., Беляев В.И. и др.), Казанским институтом ВНИИГеолнеруд (М.И. Карпова, В.А. Полянин), БелНИГРИ, ГИГХСом. Так в 60-е годы В.З. Блисковским впервые для Европейской части России был изучен изотопный состав некоторых элементов в минералах фосфоритовых руд, а также подробно рассмотрены минералогическая природа фосфатов кальция фосфоритов и вещественный состав фосфоритов Восточно-Европейской платформы (Блисковский, 1969, 1983). В 70-е годы интересные данные были опубликованы В.И. Фоминским (1973-78) в результате работ по прогнозной оценке месторождений фосфоритов на основе анализа палеогеографии в Курской, Брянской и Орловской областях. В 80-х годах благодаря исследованиям Н.Н. Иконникова, Ю.Н. Брагина, А.Г. Олферьева, О.В. Осауленко и Н.И. Прокофьевой был обнаружен, а затем выявлен и описан с точной возрастной привязкой новый морфогенетический тип фосфатоносных пород нижнекампанского подъяруса верхнего мела (Иконников и др., 1987; Иконников, 1989; Брагин, 1985, 1991; Олферьев и др., 1991).

Пятый, современный период начался во второй половине 80-х годов прошлого века, и непосредственно связан применением цифровых методов обработки данных, компьютерной техники и телекоммуникационных технологий (Internet). Это позволило работать с громадными объемами информации, обмениваться опытом и новостями с отечественными и зарубежными коллегами, получать доступ к мировым банкам данных. Для расшифровки ультрамикроскопической структуры вещества горных пород начали активно применяться электронно-микроскопические методы, с помощью которых удается получить информацию недоступную для оптических микроскопов. Значительный вклад в изучение верхнемеловой фосфатоносности внесли А. В. Ильин и Д.П.Найдин, применившие современные методы и подходы к изучению фосфоритов верхнего мела, что позволило по-новому оценить проблему фосфатогенеза в целом.

Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

В главе подробно рассматривается тектоника и стратиграфия, история развития и геология региона, начиная с докембрийских отложений до современных.

2.1. Тектоническое районирование. Воронежская антеклизма расположена в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы на площади около 540 тыс. км² на территории Центрально-Черноземного района. Ядром антеклизмы является Воронежский кристаллический массив. В современной структуре платформы Воронежский кристаллический массив представляет собой неглубоко погребенный выступ докембрийского фундамента, перекрытый разновозрастными, в том числе и верхнемеловыми, осадочными образованиями, залегающими на глубине от нуля, до одного километра. Антеклизма имеет асимметричное строение; северо-восточный борт пологий, а юго-западный – крутой. Контур антеклизмы принят по глубинным разломам, ограничивающим её от окружающих отрицательных структур (Савко, 2002).

В пределах антеклизмы намечаются и более дробные структурные подразделения: поднятия – своды и впадины – грабены. Наиболее приподнятая часть антеклизмы осложнена Павловским и Щигровским сводом. На юго-западном склоне Воронежской антеклизмы расположена Белгородская моноклинал, расчлененная продольными нарушениями на ряд уступов, ступенобразно погружающихся в направлении Днепровско-Донецкой впадины.

2.2. Стратиграфия. В этом разделе подробно рассматривается стратиграфия исследуемого района, начиная с докембрия, и кончая кайнозойем. Особенно детально рассмотрены верхнемеловые отложения.

Верхний отдел меловой системы (K_2) на рассматриваемой территории содержит все яруса и представлен комплексом пород от мела и мелоподобных мергелей до кремнеземистых мергелей, глин, трепелов, опок, песков и песчаников. На большей части площади отмечаются перерывы в отложениях, выпадение из разреза тех или иных ярусов или горизонтов, сокращение мощностей и полное выклинивание отдельных толщ. Не выдерживается по простиранию также и литологический состав пород. Для верхнемеловых отложений антеклизмы, особенно для верхней их части, характерна значительная фациальная изменчивость, указывающая на различные условия отложения осадков.

Сеноманские отложения (K_2s) широко распространены в пределах Воронежской антеклизмы и отсутствуют лишь к северо-востоку от линии Нарышкино – Колпны – Волово. На территории Брянской, Орловской и в северных частях Курской и Воронежской областей они обнажены в долинах рек и в оврагах, а к югу перекрыты более молодыми образованиями меловой системы. Сеноманские отложения практически полностью представлены терригенной толщей, несогласно налегающей на пески альба, реже более древние образования. Они сложены серыми, с буроватым или зеленоватым оттенком, глауконит-кварцевыми песками, слюдистыми, в той или иной степени глинистыми и известковистыми, содержащими тяжелые минералы, с желваками и гальками фосфоритов, мощностью от 0,5 до 10-15, реже 35 м. Данные отложения стратиграфически подразделяются на 3 подъяруса: нижний (K_2s_1), средний (K_2s_2) и верхний (K_2s_3) или 2 свиты: полпинскую (зона *Gavelinella senomanica*) и дятьковскую (зона *Lingulogavelinella*

globosa) (Олферьев и др., 2001). Литологически свиты разделяются по присутствию в верхней карбоната кальция и постоянным нарастанием его содержания снизу вверх до 50%. Объем сеноманского яруса в пределах Воронежской антеклизы часто неполный, местами отложения верхнего подъяруса в значительной мере или полностью размыты. В смежных районах юго-востока Белоруссии, где сеноман присутствует в полном объеме, верхи его обычно представлены мергельно-меловыми породами. Перекрывается сеноман обычно туронским писчим мелом, изредка сантонскими мергелями. Значительное количество карбоната кальция в сеномане и большая запесоченность низов турона создает впечатление постепенного перехода между сеноманом и тураном. Эта своеобразная порода, носящая местное название “сурка”, является диахронной, и в разных разрезах разные ее части относятся к сеноману и к турану. Практически граница этих двух ярусов устанавливается по смене фауны у подошвы зоны *Praeaetnocatax plenus triangulus*.

Туронские отложения (K_2t) развиты почти на всей территории Воронежской антеклизы, кроме северо-восточной её части и сложены исключительно писчим мелом.

Коньякские отложения (K_2k) известны на всей исследованной площади кроме северо-восточной её части в районе Курска. Они подстилаются туронским мелом, там же, где он размыт, залегают на сеноманских песках и представлены мелом, мергелями, трепелами.

Сантонские отложения (K_2st) широко развиты на территории Воронежской антеклизы. Они отсутствуют лишь к северо-востоку и на междуречье Дон – Воронеж, а на левом берегу р. Ведуги сохранились лишь на самых высоких местах. Они сложены мелом, мергелями, от мелоподобных до кремнеземистых, трепелами, глинами, песками.

Кампанские отложения (K_2km) развиты лишь в пределах южной и западной частей территории Воронежской антеклизы. Перекрываются они на юге маастрихтскими, а на большей части площади своего распространения – палеогеновыми, неогеновыми или четвертичными отложениями. Глауконит-кварцевой песчаной толщей кампанские отложения представлены только в нижнем подъярусе запада Воронежской антеклизы (унечская свита). При этом фосфатоносной является лишь верхняя часть нижнего кампана, мощностью от 3 до 16 м. Эти отложения пространственно приурочены к западному замыканию Воронежской антеклизы (междуречье Десны и Ипути в окрестностях Унечи и Новгород-Северского), южному склону Щигровского свода и западу Белгородской моноклинали. Унечская свита – пески тонко-мелкозернистые, зеленовато-серые, глауконит-кварцевые с титан-циркониевой ассоциацией аксессуарных минералов, фосфатоносные, с фораминиферами комплекса *Cibicidoides aktulagayensis* и нанопланктоном зоны $CC18$. Общая мощность свиты достигает 35-67м. Перекрывается она белым плотным писчим мелом верхнего кампана. За верхнюю границу кампанского яруса принято считать границу зоны *Belemnitella licharewi* (Олферьев и др., 2001).

Маастрихтские отложения (K_2m) присутствуют лишь в юго-западной части исследованной территории. Ярус представлен толщей белого писчего мела и

мелоподобных мергелей, по внешнему виду не отличающихся от кампанских.

2.3. Очерк истории геологического развития. В этом разделе дается описание истории развития региона с архея по кайнозой.

2.4. Месторождения фосфоритов Воронежской антеклизы. В данном разделе приводятся сведения обо всех месторождениях, имеющих экономическое значение.

Глава 3. ОПИСАНИЕ СТРОЕНИЯ РАЗРЕЗОВ ФОСФАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

В этой главе автором выделены и подробно описаны основные типы разрезов сеномана и кампана.

3.1. Разрезы сеномана. Сеноманские отложения представлены глауконит-кварцевыми песками, вмещающими отдельные желваки, слои фосфоритов и фосфоритовую плиту. Г. И. Бушинский (1939) считал, что в полных разрезах присутствуют три слоя фосфоритов – нижний, средний и верхний. Несмотря на общность строения верхнемеловых отложений по всей Воронежской антеклизе, строение конкретных разрезов существенно варьирует. Автором выделено и подробно описано в этом разделе 6 основных типов разрезов сеномана: 1) Наиболее полный разрез, имеющий трехчленное строение, часто с присутствием одной или даже двух плит-хардграундов. Плиты отмечены в среднем или чаще верхнем фосфоритовом слое. Характерна хорошая сортировка вмещающих песков, их резко сокращенная мощность. Этот тип разреза соответствует центральным частям обширных поднятий или сводов типа Брянско-Калужского, Железногорского (Злыдино). 2) Полный трехчленный разрез представленный 3-5 прослоями фосфатных желваков, но без плиты соответствует склонам поднятий, например Брянско-Калужского (Полпино). 3) Неполный разрез без плиты. Выпадает либо нижний, базальный слой, сложенный фосфоритовым галечником, либо верхний (Полужье). 4) Неполный разрез с плитой. Разрез у с. Грязь по р. Сож (склон Оршанской впадины). 5) Экстремальный разрез – в этих случаях присутствует только маломощный фосфатный галечник или конгломерат (плита) “нижнего” и/или “верхнего” слоя. Соответствует наиболее гипсометрически приподнятым частям сводов и краевым частям бассейна (район гранитного карьера у г. Павловска, мощность сеномана здесь 0,2 м). 6) Разрез с отсутствием четко выраженных слоев фосфоритов (Городец и Выгоничи), значительная мощность вмещающей толщи, её плохая сортировка. Соответствует впадинам и центральным частям прогибов.

3.2. Разрезы кампана можно разделить на три типа:

1) Одночленного строения, где фосфатоносной является лишь верхняя часть песков сокращенной мощности 2-8 м (3-16% P_2O_5). Фосфатоносные пески, обогащенные тяжелыми минералами, являются мелководно-морскими россыпями пляжевого типа и образуют полосу вдоль склонов поднятий Унечского и Стародубского (разрез Унеча).

2) Двучленного строения, состоящего из 2 элементарных циклитов, разделенных

перерывом в осадконакоплении. Каждый из них начинается песками, фосфатоносными лишь в своей верхней части, переходящими в песчаный мел и завершается чистым мелом. Характерен для Белгородской моноклинали, расчлененной продольными нарушениями на ряд уступов, ступенеробразно погружающихся в направлении Днепроовско-Донецкой впадины (разрез Роговка). 3) Пески, несколько обогащенные карбонатным материалом, с рассеянными фосфатными зернами. Соответствуют склонам впадин (разрез Туровка).

Таким образом, стронские разрезов наглядно иллюстрирует зависимость процесса фосфатонакопления от структурно-геоморфологических факторов – влияния рельефа на концентрацию фосфоритов, так как их максимальная концентрация приурочена к поднятиям, а минимальная – к впадинам.

Глава 4. ЛИТОЛОГИЯ ФОСФАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

4.1. Литология сеноманских отложений. Отложения сеномана в пределах Воронежской антеклизы в целом однотипны. Различия касаются лишь гранулометрического состава, насыщенности желваками фосфоритов, а также слюдистости, глинистости и известковистости в различных частях территории. На большей части территории, распространены мелко- и среднезернистые пески, однако в юго-восточной и участками в северо-западной и центральной частях развиты более грубозернистые отложения, тогда как на востоке и по направлению к юго-западу наблюдается уменьшение размерности зерен с одновременным добавлением алевритовой, глинистой и слюдиистой составляющих. Известковистость отложений увеличивается вверх по разрезу от 0 до 50%, а по площади возрастает в сторону юго-запада. Они широко распространены в пределах свода и южного крыла Воронежской антеклизы, тогда как в пределах северного крыла размыты и встречаются лишь отдельными островками. Также размыв отмечается для ряда участков в зоне сочленения Воронежской антеклизы и Днепроовско-Донецкой впадины, в районе Павловского свода и Суражского выступа. Отложения вскрываются эрозионной сетью крупных рек и их притоков, а также оврагами.

Нижняя граница литологически устанавливается по отличию состава минералов тяжелой фракции сеномана от состава тяжелой фракции альбских песков. В основании яруса обычно залегает прослой фосфоритового галечника или грубозернистые пески. Подстилаются сеноманские отложения почти повсюду альбскими и лишь в юго-восточном углу, где альб отсутствует, сеноман залегает на более древних образованиях. За пределами территории Воронежской антеклизы (юго-западнее Росоши) сеноман отсутствует, и непосредственно на палеозое залегает турон. Нижнюю часть сеноманского яруса слагают кварц-глауконитовые пески, чрезвычайно похожие на альбские, но более мелкие разнозернистые, иногда в нижней части глинистые. На большей части территории распространены мелкозернистые пески и алевриты. Верхняя часть сеноманского яруса

("сурка") отличается от нижней присутствием и постоянным нарастанием снизу вверх содержания карбонатного материала. Количество его увеличивается настолько, что порода, представляющая вначале слабоизвестковистый песок, в верхней части, у кровли сеномана, содержит до 45-55% пелитоморфного кальцита и представляет собой нечто среднее между песчанистым мелом и слабо сцементированным известковым песчаником. Мощность "сурки" не превышает 2 м. Следствием биотурбации осадка является неравномерное (пятнистое) распределение в ней известковистого материала.

Характерной особенностью сеноманских песков является присутствие фосфоритов по всему разрезу, основной формой нахождения которых является желваковая (конкреционная). Фосфатные желваки или рассеяны в толще песков, или образуют скопления, чаще всего в виде конденсированных прослоев. Размер отдельных конкреций варьирует от 0,5 до 5 см. Содержание желваков в песках колеблется от единичных до 40%, а в желвачных слоях до 90% объема породы. Сгруженные конкреции, в количестве от 40 до 90%, образуют от одного до трех, иногда пяти тонких фосфоритовых прослоев. Сгущаясь, прослои фосфоритов могут срастаться между собой в сплошной слой – плиту, своеобразный конгломерат линзовидной или пластовой формы, сцементированный фосфатным и карбонатно-фосфатным материалом, прослеживающийся на десятки-сотни метров. Мощность фосфоритовой плиты непостоянна, от 5 см до 1 м.

4.2. Литология кампанских отложений. Кампанские отложения представлены глауконит-кварцевой песчаной толщей только в нижнем подъярусе крайнего северо-запада Воронежской антеклизы, фосфатность отмечается лишь в его верхах, мощностью от 3 до 16 м. Литологический состав нижнекампанских отложений меняется от песков и алевритов до песчано-карбонатных пород в зависимости от структурного плана. Так в пределах поднятий развиты песчано-алевритовые породы, во впадинах же наоборот возрастает роль карбонатного материала. Аналогичная зависимость проявляется и на региональном уровне. В юго-восточном направлении, одновременно с мощностью возрастает известковистость и песчаные толщи сменяются песчано-меловыми. Далее на юго-восток песчано-меловые породы полностью замещаются писчим мелом. В юго-западном направлении прослеживается та же тенденция, и при переходе в Днепровско-Донецкую впадину пески замещаются слабофосфатносными мергелями. К западу песчано-алевритовая толща полностью сменяется алевритовой, одновременно более известковистой. При этом фосфатность уменьшается, вплоть до полного исчезновения.

Наиболее фосфатносными являются песчаные отложения с минимальной примесью известкового вещества, распространенные в центральных частях обозначенной территории (преимущественно Брянское поднятие). Обычно это серые, коричневатые и зеленоватые-серые, тонко- и мелкозернистые, как правило, хорошо сортированные, неслоистые глауконит-кварцевые с примесью полевых шпатов (1-13%), иногда слюдистые пески.

Вверх по разрезу они постепенно переходят в пещий мел за счет увеличения известковистости. В песках в изобилии отмечаются ходы биотурбитов, стяжения и мелкие (до 3 см) желвачки коричневых пелитоморфных фосфоритов, фауна белемнитов и устриц различной степени сохранности. Вниз по разрезу пески становятся более тонкозернистыми алевритистыми и глинистыми, при этом фосфатность их падает, и возрастает количество глауконита (до 15-27%). Пески содержат 10-100 кг/м³ (около 5%) тяжелой фракции. Собственно промышленным кондициям (3-16% P₂O₅) отвечают лишь верхние 2-8 м. Одновременно для них же характерно повышенное содержание аксессуарных минералов тяжелой фракции (Иконников, 1989).

Специфической особенностью данных отложений является форма нахождения в них фосфатов. Фосфаты присутствуют здесь в основном в виде зерен, микроагрегатов, биодетрита, ооидов, пленок и оболочек на минералах. Доля фосфатного вещества в зернах размерами от 0,16 до 1,0 мм составляет 80-90%, желвачки встречаются гораздо реже, не образуют конденсированных прослоев и довольно мелкие.

4.3. Морфология и строение фосфоритов сеноманских отложений. В разделе подробно описаны формы нахождения сеноманских фосфоритов: рассеянные зерна (пеллеты), конкреции – желваки и фосфатные плиты. Приведена предложенная автором (Малёнкина, 2002в) типизация желваковых фосфоритов Воронежской антеклизы. По наличию в составе желваков соответствующих фосфатизированных биологических компонентов (сникул губок, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер), первично кремнистых или карбонатных, выделяются три основных группы литотипов: А – Известковисто-кремнистая группа, Б – Кремнистая группа, В – Известковистая группа. Поскольку в фосфоритах, кроме того, присутствуют включения первично фосфатного материала – обломки чешуи, зубов и костей рыб, рептилий, а также фрагменты фосфатизированной древесины и другие компоненты, имеющие породообразующее значение, была выделена группа Г – Прочие. Песчанистые разности, в зависимости от содержания терригенной примеси выделяются либо в подтипы “б” (слабо песчанистые), либо в Д – группу фосфатных песчаников, со своими собственными подтипами.

4.4. Морфология и строение фосфоритов кампанских отложений. В кампане фосфаты находятся в виде зерен, микроагрегатов и оболочек на тяжелых и других минералах, приуроченных к верхам нижнего кампана. Фосфаты в рудном пласте представлены фторкарбонатапатитом и фторкарбонатгидроксилапатитом в оболочечной форме, реже самостоятельными зернами и биокомпонентами (обломками губок, зубами и чешуями рыб, а также фрагментами микробиальных комплексов). По своим петрографическим особенностям, данные фосфатные образования могут быть отнесены к фосфоритам зернистого типа (Иконников и др., 1987; Брагин, 1991). Это резко отличает песчаные отложения кампана от аналогичных толщ сеномана, в которых основной формой нахождения фосфатов является желваковая, наиболее распространенная среди

фосфатоносных отложений Восточно-Европейской платформы.

4.5. Ультрамикроструктуры фосфоритов. Практика литологических исследований показала, что ультрамикроструктуры пород имеют вполне самостоятельное значение, поскольку при больших увеличениях всегда выявляются новые, иногда неожиданные черты строения. Так ультрамикроскопическое строение фосфоритов определяется: формами и размерами выделений фосфатного вещества и степенью его кристалличности; составом, формой и размером нефосфатных примесей; соотношениями между различными по составу и морфологии компонентами породы (в том числе биокомпонентами).

Трудно не заметить, как в сеноманских, так и в кампанских фосфоритах наличие биоморфных структур. Наблюдения автора показали, что верхнемеловые фосфориты в подавляющем большинстве представляют собой фосфатизированные органические остатки. Особого внимания заслуживают заключенные в фосфоритах остатки микропланктона и губок, часто являющихся пороодообразующим компонентом. Сеноманские фосфориты разделяются на кремнистые и известковистые, по наличию в их составе соответствующих фосфатизированных биологических компонентов (спикул губок, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер), первично кремнистых или карбонатных. При детальном изучении кампанских фосфатных зерен в СЭМ также обнаружены остатки губок, радиолярий и фораминифер. Особый интерес представляет присутствие как в сеноманских, так и кампанских фосфоритах Воронежской антеклизы фосфатизированных бактериально-водорослевых комплексов. Так в ряде образцов сеноманских фосфоритов под сканирующим микроскопом можно наблюдать скопления мелких округлых образований 0,5 - 1 мкм, вероятно коккоидных бактерий, некоторые из них с остатками гликокаликса. В других ясно видны полые трубки круглого сечения диаметром 1-5 мкм, являющиеся скорее всего чехлами трихом нитчатых цианобактерий и длинные нитевидные фосфатные структуры, подобные актиномицетам. На поверхности некоторых зерен кварца внутри фосфатного желвака наблюдаются сложнопереpletенные полые трубчатые формы, переменного диаметра 2-5 мкм, возможно представляющие собой псевдоморфозы фосфата по грибам или водорослям.

Аналогичные образования обнаружены автором и в кампанских фосфатных зернах. Нередко все зерно представляет собой цианобактериальный мат, который иногда обволакивается концентрическими фосфатными оболочками. Оболочки некоторых зерен сохраняют свое первичное строение, их концентрические слои сложены скоплением псевдоморфоз по разного типа бактериям и очевидно, что они представляют собой онколит. В других случаях, к сожалению, начинающийся процесс перекристаллизации стирает это, видны лишь многочисленные ряды корок сплошного строения, такие зерна обычно называют оолитами. Иногда центральная часть сохраняет свое коккоидное строение, процесс кристаллизации затрагивает только оболочки. Кроме того, ядром такого онколита может служить не обязательно фосфатное зерно, но и зерна других минералов

(таких как кварц, глауконит и тяжелые минералы) выполняющих роль субстрата на котором поселялись колонии цианобактерий (Малёнкина, 2002в).

Все вышеперечисленное наглядно иллюстрирует роль биоса (планктона, нектона, бентоса и микробиальных комплексов) в фосфатогенезе (Малёнкина, 2002е).

4.6. Минералогическая характеристика верхнемеловых фосфоритов. В составе фосфоритов обособляются следующие группы минералов: аутигенные, аллотигенные, глинистые, а также органика – битумное и углистое вещество. В составе аутигенных минералов автором описаны в порядке значимости их в желваках и пеллетах следующие минералы: фосфаты, силикаты, сульфиды, карбонаты, оксиды и гидроксиды, сульфаты. Аллотигенные минералы образуют среду, в которой развивается конкреция, и их состав рассматривается схематично. Фосфат всех типов представлен рядом фторкарбонатапатита.

4.7. Геохимические особенности верхнемеловых фосфоритов. Геохимия некоторых элементов в фосфоритах и вмещающих породах представляет большой интерес, так как по степени концентрации этих элементов и особенно по характеру их распределения можно судить об условиях формирования, о палеогеографической позиции того или иного месторождения и даже, в известной степени, о возрастной принадлежности фосфоритов (Кабанова, Плотникова, 1973). Автор рассматривает ряд аспектов на примерах урана (Малёнкина, Савичев, 1994), редких земель, стабильных изотопов углерода и кислорода (Малёнкина, 2002д).

Получены новые данные палеотермометрии сеномана для различных глубин изученного палеобассейна. Ранее (Найдин, 1967) были сделаны измерения палеотемператур, но лишь по рострам белемнитов, дающих температуру толщи воды. Используя соотношение изотопов кислорода – $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ можно определить температуру (Фор, 1989). Так как средняя температура приповерхностных слоев воды по кальциту кокколитов получается порядка 30°C , а более глубоких слоев, по арагониту ростров белемнитов – около $14,7^{\circ}\text{C}$, приходится признать весьма вероятным прогрев приповерхностных слоев воды и наличие выраженного термоклина (Малёнкина, 2002б).

Глава 5. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ФОСФАТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

5.1. Фосфатсодержащие фации исследуемого региона

Фосфатсодержащие фации сеномана. На основании исследований автора (Малёнкина, 1995-2003), а также в соответствии с данными Фоминского (1973) и Дрожжевой (1947), представляется возможным выделить в пределах исследуемого района следующие фации сеномана. Фация прибрежно-морских среднезернистых глауконит-кварцевых песков, с гальками фосфоритов, отмечается на самом северо-западе Воронежской антеклизы, а также в юго-восточной ее части, где пески более грубые. Фация прибрежно-морских фосфоритовых галечников встречена лишь на крайнем юго-востоке в

районе г. Павловска. Фация мелководно-морских фосфатоносных средне-мелкозернистых глауконит-кварцевых песков покрывает всю сводовую часть Воронежской антеклизы. Пески вмещают отдельные желваки, слои фосфоритов и фосфоритовую плиту в зависимости от рельефа фундамента и господствовавшего гидродинамического режима. Фация мелководно-морских мелкозернистых слабофосфатоносных глауконит-кварцевых песков отмечается в зоне сочленения сводовой части Воронежской антеклизы с южным её склоном, к юго-западу от линии Дмитриев-Льговский – Добричи. Осадки характеризуются повышенными мощностями и спорадичностью фосфоритов. Фация морских тонко-мелкозернистых глауконит-кварцевых песков более глубоководна, почти бесфосфатна и распространена в южной части склона Воронежской антеклизы и на северном склоне Днепровско-Донецкой впадины, к юго-западу от линии Льгов – Валуйки.

Фосфатсодержащие фации кампана. На основании исследований автора (Малёнкина, 1995-2003), а также учитывая данные предшественников (Савко и др., 2001), представляется возможным выделить в пределах исследуемого района следующие фации кампана. Фация лагунных отложений. Осадки представлены алевритами и песками, сформированными между берегом и баром на крайнем западе региона. Они становятся более мелкозернистыми в сторону середины бассейна. Алевриты также встречены в районе Обояни. Местами встречаются ооиды и обломки раковин иноцерамов. К юго-востоку данная фация сменяется следующей. Фация баровых пляжей и отмелей. Отложения представлены хорошо отсортированными, как правило, мелкозернистыми фосфатоносными песками, которые содержат окатанные обломки фауны (чешуи и зубы рыб, остатки радиолярий и фораминифер) и скопления тяжелых минералов. Эти осадки залегают в виде слоев различной мощности с углами наклона не превышающими 10°, содержание аутигенного глауконита незначительно, что свидетельствует о высокой гидродинамической активности. Может сохраняться тип косой слоистости, однако отложения отмелей обычно неслоистые. Далее к юго-востоку они сменяются следующими. Морская песчано-карбонатная фация представлена песчанистыми мелями и песчанистыми мелоподобными мергелями и сформирована на некотором удалении от берега в сравнительно глубоководных условиях. Морская карбонатная фация представлена мелями и мелоподобными мергелями, сформированными в ещё более глубоководных условиях, дальше от берега и кремнеземистыми мергелями на крайнем юго-востоке региона.

5.2. Условия образования фосфоритов верхнемеловых отложений

Для **сеноманского времени** процесс фосфатогенеза определялся соотношением биопродуктивности бассейна и подавлявшего его интенсивного поступления терригенного материала. При периодических ослаблениях гидродинамического режима создавались благоприятные условия для синседиментационного и/или раннедиагенетического замещения исключительно остатков фауны и флоры, с образованием крупных фосфатных желваков. Из этого следует, что фосфаты могут образовываться чисто хемогенно лишь в

результате постдиагенетических преобразований, то есть вторично. Основным моментом при накоплении фосфоритонесных отложений для сеноманского времени рассматриваемого региона является то, что первоначально сформировавшиеся отложения с рассеянными инзитными желваками фосфоритов не могут быть продуктивными. В последующем они проходят ряд преобразований, приводящих к концентрации фосфоритов и выносу излишков терригенного материала, вследствие чего приобретают характер конденсированного фосфоритового горизонта, а в ряде случаев – фосфоритовой плиты. В целом, все это зависит от следующих факторов: биологических, палеогеографических, литогенетических, структурно-геоморфологических, гидродинамических.

В кампанское время, также как и в сеноманское, фосфатонесные пески отлагались в мелководно-морском водоеме нормальной солености, но на другом расстоянии от берега и с другим режимом гидродинамической активности. Заметные скопления зернистых фосфоритов возникали в прибрежных участках, на склонах поднятий или в зонах течений, где образуются более крупнозернистые осадки по сравнению с выше- и нижележащими. Здесь характерна высокая степень сортировки песчаного материала, отсутствие глинистости, широкое развитие фосфатных оболочек на зернах. Длительного ослабления гидродинамической активности не происходило, поэтому не создавалось условий для диагенетического перераспределения фосфата внутри осадка и образования крупных желваков. Размер желвачков не превышал 3 см. Постоянные перемены вели к смещению поровых вод с наддонным слоем воды, к разрушению крупных стяжений, окатыванию фрагментов и образованию зерен. Активный гидродинамический режим способствовал шпихованию песков, образуя фосфатонесные россыпи (Малёнкина, 1999б).

5.3. Сравнительная характеристика фосфатонесных отложений Воронежской антеклизы с шельфовыми фосфоритами Тетиса. К меловому периоду и раннему палеогену приурочена глобальная эпоха фосфоритообразования, признаваемая почти всеми исследователями. Эта эпоха охватывает интервал геологической истории приблизительно от 125 до 45 млн. лет тому назад, а её продолжительность была почти 80 млн. лет. Наиболее четко она выделяется по огромным ресурсам фосфоритовых руд, сконцентрированных в громадных фосфоритонесных бассейнах, таких как Восточно-Средиземноморский, Египетский, Алжиро-Тунисский, Марокканский, Западно-Сахарский и др., где обнаружено около 59% мировых запасов фосфоритовых руд. Глобальный характер фосфатонакопления в меловое и раннепалеогеновое время фиксируется также и по общей массе фосфора в осадочных толщах этого возраста (Яншин, Жарков, 1986).

Для сеномана сходными с исследуемыми, можно считать верхнемеловые желваковые фосфориты, локализованные на юго-востоке Англии и севере Франции – северный борт Англо-Парижского бассейна. Здесь, как и на Восточно-Европейской платформе, фосфориты связаны с глауконит-кварцевыми песками, которые подстилают верхнемеловую толщу писчего мела. Можно выделить черты сходства и отличия,

совокупность которых обусловила своеобразие процессов фосфогенеза в каждом случае (Малёнкина, 1996б, 1998б).

Для кампана сходными с исследуемыми, будем считать подавляющее большинство промышленных месторождений Северо-Африканского – Восточно-Средиземноморского бассейна (САВСБ). С южным шельфом Тетиса связана крупнейшая на земном шаре Африкано-Аравийская фосфатоносная провинция. Так на территории САВСБ, в северной части Аравийской плиты, известно 15 месторождений зернистых фосфоритов верхнеэоценового возраста со средним содержанием P_2O_5 ~ 26%. В Восточно-Средиземноморском бассейне прослеживаются два стратиграфических уровня промышленной фосфоритоносности: нижний – кампан-маастрихтский и верхний – палеогеновый (точнее палеоцен-нижнеэоценовый). Оба этих горизонта наблюдаются в единичных разрезах мела и палеогена на севере Африки, Саудовской Аравии, на западе Ирака и в Сирии. Нижний горизонт выделяется в Иордании, Израиле и на юге Турции (Meissner *et al.*, 1972). Кампанские фосфориты Воронежской антеклизы по величине концентрации РЗЭ и характеру распределения элементов весьма сходны не только с марокканскими и Восточно-Средиземноморскими (Ильин, 1998), но и с древними вендско-кембрийскими пеллетовыми фосфоритами фанерозоя. Это наряду с другими признаками позволяет говорить о едином механизме формирования пеллетовых (зернистых) фосфоритов, функционировавшем, как минимум, в течение всего фанерозоя (Малёнкина, 1987).

5.4. Общая палеогеографическая обстановка в позднем мелу. Палеоокеан Тетис, несмотря на свое последовательное замыкание, характеризовался активной океанической циркуляцией вод широтного направления. Достаточно крупный бассейн сформировался со стороны Атлантического океана и вдоль северного шельфа Тетиса. Число трансгрессивно-регрессивных фаз этих бассейнов, перемежающихся с регрессивными фазами, достигает 13 (Cooper, 1977). Разномасштабное распределение областей фосфатонакопления можно объяснить разной океанической циркуляцией вод в океане Тетис. Эта циркуляция отличалась не только доминирующим широтным направлением течений с востока на запад, но и устойчивым притоком подповерхностных вод в прибрежную зону.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая все вышеизложенное, можно заключить следующее.

1. В позднем мелу отмечены два эпизода фосфатогенеза: сеноманский и кампанский. Поскольку эти фосфориты, как подтверждают наши исследования (Малёнкина, 1996 – 2003б), в подавляющем большинстве представляют собой фосфатизированные органические остатки, их происхождение носит явно биогенный характер. Фосфат по пищевым цепям усваивался nekтоном, планктоном и бентосом. На это указывает присутствие в фосфоритах костей и зубов позвоночных, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер, губок и бактериально-водорослевых матов. При отмирании

морских организмов, немедленно начиналось бактериальное разложение и замещение органических остатков фосфатом кальция. О быстроте процесса свидетельствует то, что фосфатизированные панцири диатомей, раковины радиолярий и фораминифер и др. очень часто сохраняют мельчайшие детали первичной структуры. То есть замещение кремнезема и карбоната фосфатом происходило в еще нелитифицированном осадке, так как фосфатизировалось нераскристаллизованное вещество.

2. Для сеноманского времени рассматриваемого региона, как показывает анализ фаций наиболее типичной была обстановка мелководного седиментационного бассейна нормальной солености с гидродинамическим режимом переменной активности, видимо за счет эвстатических колебаний. При относительной активности режима, обусловленной волнениями или придонными течениями, происходило отложение средне- и мелкозернистых песков содержащих тяжелые минералы. При периодических относительных ослаблениях гидродинамического режима наблюдалось сокращение поступления терригенного материала, подавлявшего биопродуктивность и фосфатогенез происходила активная биотурбация поверхности осадка. При этом создавались благоприятные условия для синседиментационного или раннедиагенетического замещения остатков фауны и флоры, накапливавшихся преимущественно в ходах биотурбито (Малёнкина, 2003б) и перераспределения фосфатного вещества внутри осадка образованием крупных фосфатных желваков. Осадок при этом оставался ненарушенным достаточно долгое время, на что указывает обогащенность его аутигенным глауконитом. При смене гидродинамического режима на активный прерывался процесс фосфоритообразования, происходило освобождение уже сформированных литифицированных желваков от вмещающих пород, их механическое перераспределение сгужение в прослой (конденсация). При повторном ослаблении режима возобновившейся биогенной седиментации близкорасположенные желваки могли вновь цементироваться фосфатным веществом, образуя сростки, линзы, а местами целые пласти своеобразные конгломераты – фосфоритовые плиты (Малёнкина, 2003в). Периодические изменения гидродинамического режима обеспечили полицикличность процесса фосфоритообразования (сложное строение желваков, состоящих из нескольких генераций). Временами происходило полное прекращение осадконакопления (перерыв), фосфатизация поверхности размыва (*hard ground*) и цементация сгуженных желваков происходящая сверху вниз (ризолиты). Возможно, этот процесс был тесно связан с деятельностью донной биоты, особенно с пленочными бактериально-водорослевыми комплексами. Широко развитые консеквентных (долгоживущих) поднятий площадью сотни кв. км, приуроченные к куполовидным выступам докембрийского фундамента, обусловило формирование высококонденсированных слоев, со сложным строением, увенчанных фосфоритовыми плитами. Здесь сохранялась обстановка мелководности с гидродинамическим режимом переменной активности на значительных площадях в течение длительного времени. Так

обстановка соответствует волновому режиму поднятий, подводных плато, удаленных от берега отмелей и банок (Maleonkina S., 2001). В соседних с ними впадинах формировались лишь рассеянные желваки или их отдельные прослои.

3. В кампанское время, также как и в сеноманское, фосфатоносные пески отлагались в мелководно-морском водоеме нормальной солености, но с другим режимом гидродинамической активности, о чем свидетельствует высокая степень их сортировки, отсутствие глинистости, широкое развитие многослойных фосфатных оболочек на зернах тяжелых минералов, кварца, глауконита и фосфата. Фосфатные зерна, в тех случаях, когда они не сложены биодетритом, нередко целиком представляют собой цианобактериальный мат, который иногда обволакивается концентрическими фосфатными оболочками. Оболочки чаще всего кристалломорфны, но иногда сложены скоплением псевдоморфоз по бактериально-водорослевым комплексам (Малёнкина, 2003в). Ослабления гидродинамической активности, по-видимому, были слишком кратковременными для литификации первоначальных стяжений. Постоянные перемывы вели к разрушению крупных стяжений, окатыванию фрагментов и образованию зерен, смешению поровых вод с наддонным слоем воды, что также препятствовало формированию крупных желваков, сдерживало подвижность фосфата и перераспределение его внутри осадка в растворенном виде. В стадию диагенеза происходили лишь литификация, раскристаллизация вещества и образование микроконкреций. Наблюдалось неоднократное переотложение осадков, вызванное активизацией гидродинамического режима, шлихование и обогащение песков фосфатными зернами и тяжелыми минералами на склонах аккумулятивных форм подводного рельефа (поднятий Унечского и Стародубского и Белгородской моноклинали), а также нарастание нового слоя оболочки вокруг зерен, при ослаблении активности. Такая обстановка соответствует волновому режиму побережья: песчаным пляжам, барам и косам (Maleonkina, 2001). Скромный масштаб процесса формирования фосфатных зерен, вероятно свидетельствует о его кратковременности и неразвитости, возможно в силу неблагоприятных факторов (Малёнкина, 1999б).

4. Кроме того, в этих бассейнах могла возникать обстановка типа "красных приливов", обычным следствием которой является катастрофическое развитие одного или нескольких видов планктона. Вдоль внешней границы литорали, а также на отмелях и банках при этом возникает слой разлагающегося биогенного осадка толщиной до нескольких сантиметров. Бактериальное разложение органического вещества создавало высокие концентрации ионов карбоната и фосфата. К моменту активизации гидродинамического режима в исходном биогенном осадке уже сформированы основные компоненты, необходимые для образования фосфоритов (Малёнкина, 2002е).

5. Под электронным микроскопом видно, что все типы фосфата в сеноманских и кампанских фосфоритах связаны друг с другом переходными разностями и представляют собой результат единого синседиментационного и/или раннедиагенетического процесса

осаждения и последующих преобразований фосфатного вещества (Малёнкина, 2002в).

6. Механизм фосфатонакопления в сеноманских и кампанских отложениях на исследуемой территории, как показано выше, принципиально различен (Малёнкина, 1996б). Ниже он иллюстрирован заключительной таблицей.

	сеноман	кампан
Гидродинамический режим	Переменно активный	Постоянно активный
Место локализации	Поднятия, банки, отмели – вдали от береговой линии.	Пляжи, бары, косы – побережье.
Стадии фосфатонакопления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отложение средне- и мелкозернистых песков, содержащих рассеянный фосфат. 2. Замещение остатков фауны и флоры, накапливающихся преимущественно в ходах биотурбитов, предварительное раннедиагенетическое перераспределение фосфатного вещества внутри осадка, с образованием крупных желваков, при периодических ослаблениях гидродинамической активности. 3. Дальнейшее механическое обогащение при ее усилении. 4. Фосфатизация поверхности осадка, цементация струженных желваков, при полном перерыве осадконакопления. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отложение мелкозернистых песков, содержащих тяжелые минералы и рассеянный фосфат. 2. Фосфатизация мелкого биодетрита, нарастание оболочек вокруг зерен, при коротких периодических ослаблениях гидродинамической активности, что препятствовало формированию крупных желваков, сдерживало подвижность фосфата и перераспределение его внутри осадка в растворенном виде. Диагенез в пределах зерна и образование микроконкреций. 3. Дальнейшее механическое обогащение при активизации.
Процессы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Биогенно-химические процессы фосфатного замещения органических остатков, перераспределения фосфата внутри осадка, литификация, конкрециеобразование, локальная или полная фосфатизация поверхности осадка. 2. механическое перераспределение, частичное разрушение, окатывание и сружение в прослой. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литификация, раскристаллизация и образование микроконкреций. 2. Перемыв, частичное разрушение, окатывание, переотложение, шлихование и обогащение.
Результаты	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассеянные желваки (при однократности процесса). 2. Желваковые и галечные слои (при неоднократности процесса). 3. Плита, при неоднократности процесса и дополнительных условиях: перерыв в осадконакоплении на завершающей стадии и длительность ослабления режима. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассеянные зерна и микроагрегаты. 2. Пляжевые пески или залежи на склонах аккумулятивных форм подводного рельефа.

СПИСОК РАБОТ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Малёнкина С.Ю. Особенности фосфогенеза верхнемеловых песчаных толщ Воронежской антеклизы // Геологические исследования литосферы. Сборник научных трудов. М. Институт литосферы РАН. 1995а. С.6-7.
2. Малёнкина С.Ю. Особенности фосфатонакопления верхнемеловых песков Воронежской антеклизы // Проблемы фосфатной геологии. Сборник научных трудов. М.-Люберцы. 1995б. С. 20-21.
3. Малёнкина С.Ю. Механизм фосфатонакопления в верхнемеловых терригенных осадках // Седиментогенез и литогенез осадочных образований (тез. докл. Урал. лит. сов.). Екатеринбург. 1996. С. 173-175.
4. Малёнкина С.Ю. Седиментогенные обстановки и особенности фосфатонакопления верхнемеловых песков Воронежской антеклизы // Горный вестник. Спецвыпуск. 1996а. С. 61-68.
5. Малёнкина С.Ю. Сеноманские желваковые фосфориты Англо-Парижского бассейна и Восточно-Европейской платформы // Геологические исследования литосферы. Сборник научных трудов. М. Институт литосферы РАН. 1996б. С. 21-24.
6. Малёнкина С.Ю. Седиментогенные обстановки верхнемелового фосфогенеза Воронежской антеклизы // Проблемы фосфатного сырья России. Сборник научных трудов. М.,1998а. С. 58-62.
7. Малёнкина С.Ю. Сравнение сеноманских фосфоритов Англо-Парижского и Средне-Русского бассейнов // Изв. вузов. Геология и разведка. 1998б. N 1. С. 25-34.
8. Малёнкина С.Ю. Верхнемеловые фосфатонесные отложения Воронежской антеклизы // Исследования литосферы. Сборник научных трудов. М., 1999а. С.35-37.
9. Малёнкина С.Ю. Механизм образования верхнемеловых фосфатонесных пород Воронежской антеклизы // Проблемы фосфатного сырья России. Сборник научных трудов. Люберцы, 1999б. С.71-81.
10. Малёнкина С.Ю. Микроструктуры верхнемеловых фосфоритов Воронежской антеклизы // Исследования литосферы. Материалы конференции. Сборник научных трудов. М., 2000а. С.61-63.
11. Малёнкина С.Ю. Особенности верхнемелового фосфогенеза Воронежской антеклизы // Литология и полезные ископаемые Центральной России. Материалы к литологическому совещанию. Воронеж, 2000б. С. 53-54.
12. Малёнкина С.Ю. Генезис верхнемеловых фосфоритов Воронежской антеклизы // Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI в. Кн.2. Тез. док. С-Пб. 2000в. С. 144-145.
13. Малёнкина С.Ю. Микроструктуры верхнемеловых фосфоритов бассейна Воронежской антеклизы // Осадочные бассейны: закономерности строения и эволюции,

минералогия. Материалы совещания. Екатеринбург, 2000г. С.71-73.

14. Маленкина С.Ю. Фосфогенез в верхнемеловом бассейне Воронежской антеклизы // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Материалы совещания. Т.1. М.: Геос. 2000д. С.440-445.

15. Маленкина С.Ю. Новое о фосфогенезе в верхнемеловом осадочном бассейне // V Международная конференция «Новые идеи в науках о земле» / Тезисы докладов М.: 2001а. С.168.

16. Маленкина С.Ю. Позднемеловой фосфогенез Воронежской антеклизы // Геология морей и океанов / Тезисы докладов XIV Международной школы морской геологии. Т. II. Москва 2001б. С. 304-305.

17. Маленкина С.Ю. Фосфогенез в позднемеловом окраинном бассейне Тетиса // 7-я Международная конференция по тектонике плит им. Л.П. Зоненшайна / Тезисы / Научный Мир, М.: 2001в. С. 259-260.

18. Маленкина С.Ю. Фосфогенез в позднемеловом бассейне Воронежской антеклизы // Первое всероссийское совещание – Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии / Тезисы докладов. МГУ. М., 2002а. С. 57-59.

19. Маленкина С.Ю. Палеотемпературы сеномана Воронежской антеклизы // Первое всероссийское совещание – Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии / Тезисы докладов. МГУ. М., 2002б. С. 60-62.

20. Маленкина С.Ю. Биогенные структуры верхнемеловых фосфоритов Воронежской антеклизы // Современные вопросы геологии. М., 2002в. С. 305-309.

21. Маленкина С.Ю. Фосфатизированные бактериально-водорослевые комплексы Воронежской антеклизы // Бактериальная палеонтология. Тезисы конференции. М., ПИН РАН. 2002г. С. 55-56.

22. Маленкина С.Ю. Сеноманские палеотемпературы на Воронежской антеклизе // Терригенные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минералогия. / Материалы совещания. Екатеринбург, 2002д. С. 124-126.

23. Маленкина С.Ю. Роль биоса в позднемеловом фосфогенезе на Воронежской антеклизе // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. / Материалы совещания. Т.1. Тектоника, стратиграфия, литология. М., ГИН РАН. 2002е. С. 193-195.

24. Маленкина С.Ю. Происхождение фосфоритов в позднем мелу на Воронежской антеклизе // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия / Материалы 3-го Всероссийского литологического совещания М., Издательство Московского университета. 2003а. С. 368-371.

25. Маленкина С.Ю. Механизм образования инситных фосфатных желваков верхнего мела Воронежской антеклизы // VI Международная конференция «Новые идеи в науках о земле» / Тезисы докладов М.: 2003б. С.163.

26. Малёнкина С.Ю. Процессы первичного фосфогенеза в сеноманских отложениях Воронежской антеклизы // *Современные вопросы геологии*. – М.: Научный мир, 2003в. С. 229-232.
27. Малёнкина С.Ю. Генезис сеноманских фосфатных плит Воронежской антеклизы // *Современные вопросы геологии*. – М.: Научный мир, 2003в. С. 233-23г.
28. Малёнкина С.Ю. Роль организмов в образовании фосфоритов и фосфатных месторождений // *Палеонтология и природопользование / Тезисы докладов XLIX сессии Палеонтологического общества при РАН*. – Санкт-Петербург, 2003д. С. 125-126.
29. Малёнкина С.Ю., Савичев А.Т. Геохимия урана мезозойских фосфоритов в центральной части Восточно-Европейской платформы // *Изв. вузов. Геология и разведка*. 1994. N 4. С. 54-58.
30. Maleonkina S.Yu. Cenomanian nodular phosphorites of the Anglo-Paris and Mid-Russia basins – a comparison // *Sedimentology at the dawn of the third millenium*. 15th International Sedimentological Congress. Alicante, Spain. April, 1998. Abstracts. P. 528.
31. Maleonkina S. The Upper Cretaceous phosphorites of the Mid-Russia Basin // 31st IGC Abstracts Volume. Rio de Janeiro, Brazil, 2000.
32. Maleonkina S. The Upper Cretaceous Mid-Russia Basin phosphorites // *International Association of Sedimentologists Regional Meeting / Abstract Book*, Dublin, Ireland, 2000. P.113.
33. Maleonkina S.Yu. Phosphogenesis in the Late Cretaceous marginal sea basin of the Tethys // 7th Zonenshain International Conference on Plate Tectonics / Abstracts / Russia, Moscow, 2001, P. 257-258.
34. Maleonkina S. The Upper Cretaceous Mid-Russia Basin phosphorites: composition and genesis // *International Association of Sedimentologists Regional Meeting / Abstracts & programme*, Davos, Switzerland, 2001, P. 137.
35. Maleonkina S.Yu. Phosphatized algal-bacterial assemblages of the Voronezh Anteclyse // *International Conference – Bacterial paleontology*. Abstracts. Moscow, PIN RAS, 2002. p. 56-57.
36. Maleonkina S.Yu. Formation mechanism of the late Cretaceous in situ phosphate nodules from the Voronezh Basin // VI International Conference. «New ideas in Earth Sciences». Abstracts. Moscow 2003a. P. 164.
37. Malconkina S.Yu. Phosphatized algal-bacterial assemblages in Late Cretaceous phosphorites of the Voronezh Anteclyse // *Proceedings of SPIE / Vol. 4939 (2003b)*, p. 77-82.

Принято к исполнению 17/12/2003
Исполнено 18/12/2003

Заказ № 45
Тираж: 100 экз.

ООО «11-й ФОРМАТ» ИНН 7727185283
Москва, Балаклавский пр-т, 20-2-93
(095) 318-40-68
www.autoreferat.ru