

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И РОЛЬ БИОТЫ В ФОСФАТОГЕНЕЗЕ ПОЗДНЕГО МЕЛА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

С.Ю. Малёнкина

Геологический институт РАН, Москва

Приведены новые данные о строении верхнемеловых фосфатоносных отложений Воронежской антеклизы. Микроскопические исследования сеноманских и кампанских фосфоритов дополнены данными массовых ультрамикроскопических исследований из большого количества разрезов. В результате сделана достаточно полная типизация фосфоритов, основанная на наличии в их составе соответствующих фосфатизированных биологических компонентов, предложена модель механизма фосфатогенеза, уточнены общая обстановка осадконакопления в данном бассейне и роль планктона, нектона, бентоса и микробиальных комплексов в фосфатогенезе.

Ключевые слова. Фосфориты, сеноман, кампан, биота, Воронежская антеклиза, ультрамикроструктуры, палеогеография.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение мезозойских фосфоритов Воронежской антеклизы началось еще в середине XIX в. (Бушинский, 1939, 1954). Несмотря на это, остался нерешенным целый ряд принципиальных вопросов, связанных с процессом фосфатонакопления (Савко и др., 1994). Дискуссионны как сам механизм фосфоритообразования, в частности причины, определяющие образование либо зерен, либо желваков, так и вопросы первичного фосфатогенеза, соотношения биогенных и хемогенных процессов при формировании фосфоритов, роль эукариотных и прокариотных организмов в фосфоритообразовании (Glenn et al., 1994). В результате проведенных в последние годы исследований (Малёнкина, 2000, 2002, 2003а, б, в) автором получен новый фактический материал, существенно уточняющий особенности литологии и условия формирования верхнемеловых фосфатоносных отложений Воронежской антеклизы. Это, в свою очередь, позволяет подойти к решению вышеизложенных проблем и предложить модель механизма фосфатогенеза, уточнить общие обстановки осадконакопления в данном бассейне и роль планктона, нектона, бентоса и микробиальных комплексов в фосфатогенезе. Для реконструкции геологических событий и условий осадконакопления позднего мела Воронежской антеклизы были впервые исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) сеноманские и кампанские фосфориты из разрезов региона (рис. 1). В результате этого удалось провести достаточно полную типизацию фосфоритов, основанную на наличии в их составе соответствующих фосфатизированных биологических компонентов (спикул губок, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер, микробиальных комплексов, фрагментов фосфатизированной древесины), присутствию включений первично фосфатного материала – обломков чешуи, зубов и костей рыб, рептилий, а также других компонентов, имеющих породообразующее значение (Малёнкина, 2003в).

СТРОЕНИЕ ИЗУЧЕННЫХ РАЗРЕЗОВ

В позднемеловом бассейне на основной части территории Воронежской антеклизы отмечены два эпизода фосфатогенеза, связанные с периодами довольно резкого падения уровня моря: сеноманский и раннекампанский. Только в эти периоды продолжали накапливаться мелководные терригенные осадки, все остальное время

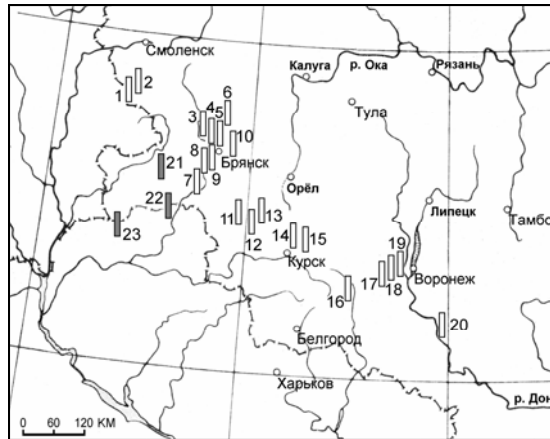


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов.

Разрезы сеномана: 1 – с. Грязь, 2 – с. Стайки, 3 – с. Чернетово, 4 – с. Бетово, 5 – с. Городец, 6 – Фокинский карьер, 7 – с. Выгоничи, 8 – с. Полужье, 9 – дер. Добрунь, 10 – карьер Полпинского месторождения, 11 – с. Игрицкое, 12 – с. Злыдино, 13 – пос. Первомайский, 14 – дер. Дубовец (Свободинское месторождение), 15 – дер. Петровка (Щигры), 16 – Стойленский карьер, 17 – карьер Латненского месторождения, 18 – карьер Девицкого месторождения, 19 – с. Ендовище, 20 – Павловский карьер. Разрезы кампана: 21 – г. Унеча, 22 – дер. Роговка, 23 – дер. Туровка.

Fig. 1. Location of the studied sections.

Cenomanian sections: 1 – Gryaz, 2 – Staiky, 3 – Chernetovo, 4 – Betovo, 5 – Gorodets, 6 – Fokino quarry, 7 – Vygonichy, 8 – Poluzhye, 9 – Dobrun, 10 – Polpino quarry, 11 – Igritskoe, 12 – Zlydino, 13 – Pervomayskiy, 14 – Dubovets (Svoboda), 15 – Petrovka (Schigry), 16 – Stoylo quarry, 17 – Latnoe quarry, 18 – Devitsa quarry, 19 – Endovische, 20 – Pavlovsk quarry; campanian sections: 21 – Unecha, 22 – Rogovka, 23 – Turovka.

отлагались пелагические карбонатные, практически лишенные фосфоритов (рис. 2).

Сеноманские отложения широко распространены в пределах Воронежской антеклизы, особенно в пределах свода и ее южного крыла, тогда как в пределах северного крыла размыты и встречаются лишь отдельными островками. Они практически полностью представлены терригенной толщей, несогласно налегающей на пески альба, реже более древние образования. Это серые, с буроватым или зеленоватым оттенком, глауконит-кварцевые пески, слюдястые, в той или иной степени глинистые и известковистые, содержащие тяжелые минералы, с желваками и гальками фосфоритов, мощностью от 0,5 до 10–15 м, реже 35 м (Савко и др., 1994). Отложения подразделяют на свиты: полпинскую и дятковскую. В их составе установлено присутствие всех трех подъярусов сеномана и двух зон (по бентосным фораминиферам) – *Gavelinella senomanica* и *Lingulogavelinella globosa* (Олферьев, Алексеев, 2003). Литологически свиты различаются 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 туронским писчим мелом, изредка сантонскими мергелями. Значительное количество карбоната кальция в сеномане и большая запесоченность низов турона создают впечатление постепенного перехода между сеноманом и туроном. Эта своеобразная порода, носящая местное название «сурка», является диахронной, и в разных разрезах различные ее части относятся к сеноману и турону. Практически граница данных ярусов устанавливается по смене фауны у подошвы зоны *Praeactinocamax plenus triangulus*. В полпинской свите присутствуют: *Schloenbachia varians* (Sow.), *Lingulina krausei* (Dames), *Neohibolites ultimus* (Orb.), *Praeactinocamax primus primus* (Arkh.),

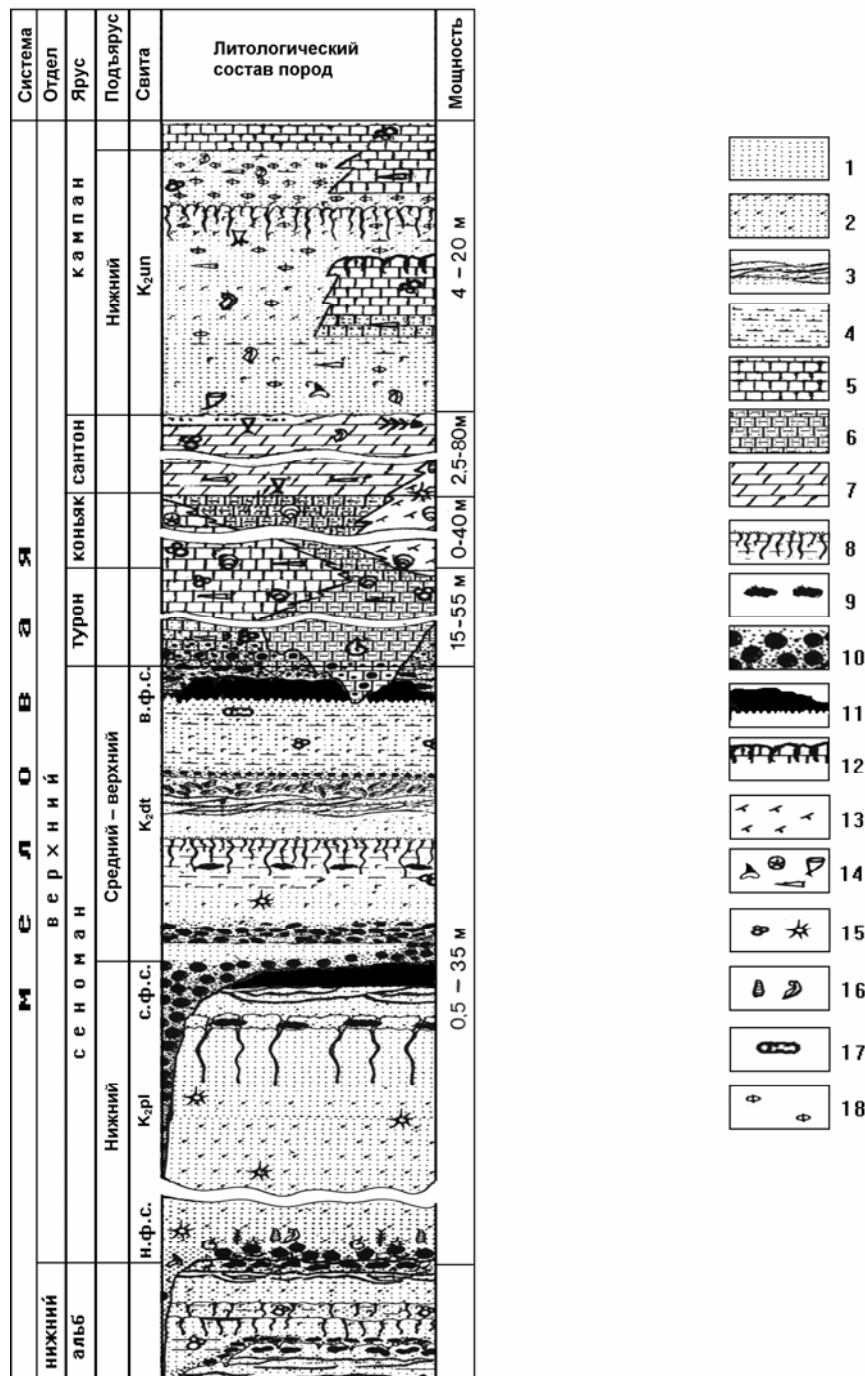


Рис. 2. Сводный стратиграфический разрез верхнемеловых отложений Воронежской антеклизы 1- пески; 2- глауконит; 3- косослоистые пески; 4- известковистые пески; 5- писчий мел; 6- глинисто-песчанистый мел; 7- мергели; 8- ходы биотурбитов; 9- неокатанные желваки фосфоритов; 10- фосфоритовые гальки; 11- фосфоритовая плита; 12- hard ground; 13- опоки и трепелы; 14- макрофауна (зубы акул, иглокожие, белемниты, губки); 15- фораминиферы и радиолярии; 16- бивальвии и брахиоподы; 17- древесина; 18- фосфатные зерна; н.ф.с. – нижний фосфоритовый слой (по Бушинскому, 1939); с.ф.с. – средний фосфоритовый слой (по Бушинскому, 1939); в.ф.с. – верхний фосфоритовый слой (по Бушинскому, 1939).

Fig. 2. General stratigraphic column of the Voronezh Antecline 1- sand; 2- glauconite; 3- cross-stratification sand; 4- carbonaceous sand; 5- chalk; 6- silty-sandy chalk; 7- marl; 8- bioturbites; 9- non-rounded phosphorite nodules; 10- phosphorite pebbles; 11- phosphorite pavement; 12- hard ground; 13- diatomite and diatomaceous chert; 14- macrofossils (shark teeth, echinoderms, belemnites, sponges); 15- foraminifers and radiolarians; 16- bivalves and brachiopods; 17- wood; 18- phosphatic grains; н.ф.с. – lower phosphorite layer (Bushinsky, 1939); с.ф.с. – middle phosphorite layer (Bushinsky, 1939); в.ф.с. – upper phosphorite layer (Bushinsky, 1939).

Entolium orbiculare (Sow.), *Merklinia aspera* (Lam.), *Neithea quinquecostata* (Sow.), *Amphidonte conicum* (Sow.), *A. haliotoidea* (Sow.), *Ornathothyris* cf. *dubia* Sahní, *Jerea kurskensis* Hofm., *Plocoscyphia regularis* (Eichw.), остатки хрящевых рыб, черепах, морских рептилий, фораминиферы зоны *Gavelinella senomanica* и сеноманский микрофитопланктон. В дятьковской свите отмечены: *Praeactinocamax plenus longus* Najd., *Acanthoceras rhotomagense* (Brgt.), *P. plenus acutus* Najd., *P. primus primus* (Arkh.), *Entolium noetlingi* Sob., *E. orbiculare* (Sow.), *Chlamys praeturonica* Sob., *Merklinia aspera* (Lam.), *Neithea quinquecostata* (Sow.), *Spondylus asper* Munst., *Monticulina vesiculosa* (Sow.), *Amphidonte conicum* (Sow.), *Gryphaeostrea canaliculata* (Sow.), *Acutostrea* cf. *rouillieri* (Coq.), *Gemmarcula canaliculata* (Roem.), зубы акул, фораминиферы зоны *Lingulogavelinella globosa* и сеноманский фитопланктон (Олферьев, Алексеев, 2003).

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 желваков варьирует от 0,5 до 5 см. Их содержание в песках колеблется от единичных до 40%, а в желвачных слоях составляет до 90% объема породы. Сгруппированные желваки, в количестве от 40 до 90%, образуют от одного до трех, иногда пяти тонких фосфоритовых прослоев. Сгущаясь, они могут срастаться между собой в сплошной слой – плиту, своеобразный конгломерат линзовидной или пластовой формы, сцементированный фосфатным и карбонатно-фосфатным материалами, иногда прослеживающийся на десятки–сотни метров. Мощность их колеблется от 0,05 до 0,6 м в зависимости от строения конкретного разреза.

Г.И. Бушинский (1939) считал, что в полных разрезах присутствуют три слоя фосфоритов – нижний, средний и верхний (рис. 2). Несмотря на общность строения верхнемеловых отложений по всей Воронежской антеклизе, строение конкретных разрезов существенно варьирует. Автором выделены и подробно описаны следующие основные фосфоритонесные типы разрезов сеномана (Малёнкина, 1999): 1) наиболее полный разрез, имеющий трехчленное строение, часто с присутствием одной или даже двух плит – хардграундов, отмеченных в среднем или чаще верхнем фосфоритовом слое. Характерны 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. Он развит на склонах 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: см. 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 0,2 м); 6) разрез с отсутствием четко выраженных слоев фосфоритов (Городец и Выгоничи): характеризуется значительной мощностью вмещающей толщи, её плохой сортировкой, соответствует впадинам и центральным частям прогибов.

Кампанские отложения 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 (рис. 2). 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 акцессорных минералов, фосфатоносные, с *Baculites cf. anceps* Lam., *Belemnitella mucronata mucronata* (Schloth.), *Belemnellocamax mammillatus* (Nilss.), *Sororistirps tubiformis* (Schramm.), *Oxytoma psilomonica* A.Iv., *O. tenuicostata* (Roem.), *Mimachlamys cretosa* (Defr.), *Microchlamys subarata* (Nilss.), *Camptonectes striatissimus* (Hagen.), *Dianchora spinosa* (Sow.), *Hyotissa ex gr. semiplana* (Sow.), *Monticulina vesicularis* (Lam.), *Agerostrea mesentrica* (Mort.), рудистами, *Echinocorys limburgica* (Lamb.), фораминиферами зон *Gavelinella clementiana clementiana* и *Cibicidoides temirensis* и нанопланктоном зоны CC18. Общая мощность свиты достигает 35–67 м. Перекрывается она белым плотным писчим мелом верхнего кампана. За верхнюю границу кампанского яруса принято считать границу зоны *Belemnitella licharewi* (Олферьев, Алексеев, 2003).

Специфической особенностью данных отложений является форма нахождения в них фосфатов: в основном в виде зерен, микроагрегатов, биодетрита, ооидов, пленок и оболочек на различных, в том числе и тяжелых, минералах (Иконников, 1989). 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 (до 3 см).

Разрезы кампана можно разделить на такие основные типы (Малёнкина, 1999):

1) одночленного строения. 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. Разрез состоит 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, ступенеобразно погружающихся в направлении Днепровско-Донецкой впадины (разрез Роговка);

3) пески, несколько обогащенные карбонатным материалом, с рассеянными фосфатными зернами. Соответствуют склонам впадин (разрез Туровка).

МОРФОЛОГИЯ И СТРОЕНИЕ ФОСФОРИТОВ

Сеноманские фосфориты морфологически могут быть разделены на зерна, конкреции (в том числе гальки) и фосфоритовые плиты (Гиммельфарб, 1965). Первые два типа – это обособленные стяжения фосфорита неокатанные и окатанные, различного размера (фото 1). Плита состоит из стяжений первых двух типов, сцементированных фосфатным и карбонатно-фосфатным материалом в своеобразный конгломерат (Малёнкина, 2003б) (фото 2). Ее поверхность всегда гладкая, хотя и не всегда ровная, часто покрыта тонкой (2–3 мм) глянцевой коркой (поливой), желтоватого, синеватого или перламутрового цвета. Кровля плиты очень крепкая, нередко ожелезненная, представляющая собой единый слой спаянных вместе желваков, книзу степень цементации уменьшается, появляются пустоты, заполненные песком или карбонатным материалом. Нижняя граница извилиста, с многочисленными ризолитами разнообразных формы и величины. Сама плита может быть сложена как однородными, так и разнородными по размеру и окатанности желваками фосфоритов,



Фото 1. Фосфоритовые желваки, гальки и зерна. Сенoman, с. Полужье.
Photo 1. Cenomanian phosphorite nodules, pebbles and grains. Poluzhye.



Фото 2. Фосфоритовая плита (фрагмент). Сенoman, Павловский карьер.
Photo 2. Cenomanian phosphorite pavement (fragment). Pavlovsk quarry.

биодетритом, изредка представляет собой пропластки фосфатных песчаников плитчатого строения.

Зерна (пеллеты, микроконкреции, микрожелваки и обломки) – округлые или угловатые образования фосфатного вещества независимо от их происхождения. Обычно это пеллеты, ооиды, обломки фосфатизированных фаунистических остатков, фрагменты микробиальных матов, микроконкреции и т.п. Размеры зерен варьируют от 0,06–2 мм (песчаной размерности) до 2–9 мм (гравийной размерности). Встречаются в рассеянном виде как во вмещающих отложениях, так и в желваках. В сеноманских отложениях изученной территории в самостоятельном виде достаточно редки (особенно пеллеты и ооиды), в составе желваков отмечаются чаще и обычно представляют собой биокласты (фрагменты губок, костей, растительных остатков).

Конкреции (желваки) различны по своей форме, степени окатанности и размерам. По первым двум признакам они варьируют от неокатанных шероховатых конкреций *in situ* (Малёнкина, 2003а) до галек, по последнему – от конкреций сложной формы (сростков) диаметром несколько десятков сантиметров, до зерен размерами 9 мм. Среди конкреций выделяются:

1. Шероховатые рыхлые конкреции, с неровностями и отростками, не потерявшие связь с вмещающими песками, «сросшиеся» с ними, часто продолговатые или трубчатые.

2. Более ровные и более плотные конкреции, утратившие связь с материнской породой. Зубцы и отростки несколько сгладились, сростание с песками не отмечается. Размеры зерен во вмещающих песках и конкреции совпадают (перенос недалекий).

3. Округлые слабоокатанные крепкие конкреции, совершенно не связанные с вмещающими песками, в том числе и размером зерен (более дальний перенос).

4. Хорошо окатанные конкреции (галечки), очень крепкие, с поверхности иногда бурого цвета, ожелезненные.

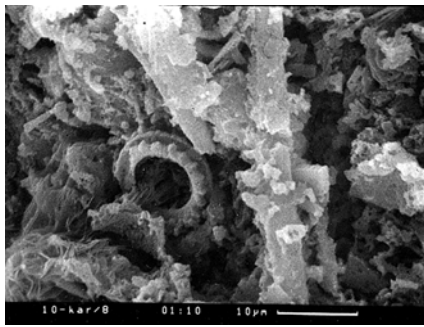
Кроме того, наблюдаются сложные многостадийные конкреции и агрегаты (сростки). Многостадийные конкреции могут в последнюю стадию сохранить связь с вмещающими породами. По форме конкреции бывают вытянутые, цилиндрические, уплощенные, изометричные, а также неправильной формы.

Желваки (конкреции) представляют собой пелитоморфные фосфориты с незначительной примесью терригенного материала и глауконита (3–15%) или слабо- (15–50%) и сильнопесчанистые (более 50%), по существу являющиеся песчаниками с фосфатным цементом. Размер обломочных зерен в них преимущественно 0,1–0,5 мм, сортировка различна. Обломочная примесь состоит из зерен кварца, глауконита, реже слюды (обычно мусковита), еще реже из полевых шпатов и акцессорных минералов. Зерна кварца преимущественно разнозернистые, иногда средне- или мелкозернистые, чаще полуокатанные или окатанные, реже угловатые и остроугольные. При этом более крупные зерна, как правило, лучше окатаны. Зерна глауконита чаще округлые аутигенные, реже угловатые обломочные. Их размеры различны. Слюда – остроугольная, вытянутая, чаще представленная тонкими лейстами. Полевые шпаты обычно имеют размерность и окатанность кварца. Достаточно редко встречаются рудные минералы (чаще всего пирит). В некоторых случаях вокруг зерен наблюдаются фосфатные крустификационные каемки различной толщины, особенно характерны толстые многослойные каемки для желваков из плит. В шлифе желваки имеют аморфную, органогенную или микрозернистую структуру основной массы, часто однородную в пределах шлифа или участками разнородную. В целом они неоднородные, несортированы или плохо сортированы, неслоистые. Коричневатость окраски определяется количеством тонкодисперсного органического вещества (битуминозностью), содержащегося в желваках. Основная масса (в песчаниках – цемент

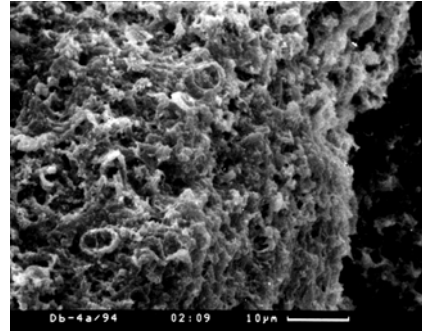
базального типа или порового) сложена изотропным, реже микрозернистым фосфатом, с примесью терригенного материала и глауконита, с неравномерно рассеянными в нем биоконпонентами, в различной степени замещенными фосфатом. В СЭМ она выглядит либо как пористый губчатый фосфат колломорфного типа (иногда в нем наблюдаются кристаллизованные участки), либо в виде трубчатых и сфероидальных образований (микробиальные сообщества) (фототаблица 1).

По наличию в составе желваков соответствующих фосфатизированных биологических компонентов (спикул и фрагментов скелетов губок, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер), первично кремнистых или карбонатных, выделяются следующие основные группы литотипов: А – известковисто-кремнистая, Б – кремнистая, В – известковистая (Малёнкина, 2003в). Поскольку в фосфоритах, кроме того, присутствуют включения первично фосфатного материала – обломки чешуи, зубов и костей рыб, рептилий, а также фрагменты фосфатизированной древесины, макрофауны и другие компоненты, имеющие породообразующее значение, выделена группа Г – прочие. Песчанистые разности в зависимости от содержания терригенной примеси выделяются либо в подтипы «б» (слабопесчанистые), либо в Д – группу фосфатных песчаников. Эти разности содержат такие же биоконпоненты, но их тем меньше, чем больше в них терригенной составляющей.

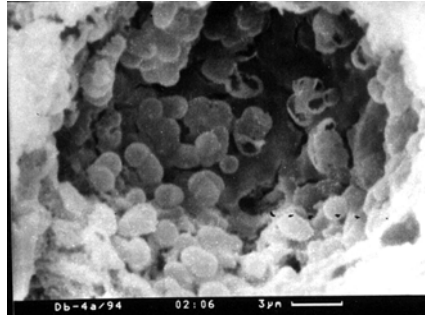
Остатки кремневых губок являются наиболее распространенными компонентами и встречаются во всех типах фосфоритов. Их размеры варьируют от нескольких сантиметров до долей миллиметров. В виде спикул, в различной степени замещенных фосфатом, чаще всего в кремнистых фосфоритах, преимущественно встречаются гексактинеллиды, в частности подотряды *Hexactinosa* и *Lychniscosa* (Первушов, 2000, 2001). В частности, Е.М. Первушовым были определены представители семейства *Craticulariidae* Rauff из плиты у с. Ендовище. В виде обломков фосфатизированных скелетов в шлифах обычно присутствуют остатки демоспонгий (фототаблица 2). В СЭМ также можно видеть спикулы, как хорошо сохранившиеся, так и подвергшиеся частичному или полному растворению, при этом иногда их осевой канал нередко выполнен фосфатом, а вокруг спикул произошло нарастание многослойной корки. Наиболее наглядно процесс фосфатизации прослеживается в радиоляриях. Даже в обычный оптический микроскоп можно наблюдать все его стадии, от частичного до полного замещения, с различной степенью сохранности внутренней структуры. Некоторые радиолярии полностью утратили внутреннюю структуру, превратившись в круглые фосфатные зерна с зубчатыми краями. В СЭМ можно видеть детали этого процесса. В сеноманских фосфоритах в основном присутствуют дискоидные формы с губчатой стенкой, а также сферические радиолярии спумеллярии, очень редко башенковидные населярии. Поскольку они в той или иной степени замещены фосфатом и погружены в фосфатный матрикс, то выделение их довольно затруднительно. Н.Ю. Брагину (2000) удалось выделить и определить пиритизированные радиолярии: *Praeconocaryomma* sp., *Praeconocaryomma lipmanae* Pessagno, *Spongodiscoidea* gen. ident. (из разреза Злыдино). При просмотре шлифов им же определены многочисленные дискоидные формы с губчатой стенкой типа *Porodiscidae*, сравнительно редкие сферы типа *Praeconocaryomma* (с. Дубовец), *Holocryptocanium* (с. Полужье), отдельные конические раковины *Amphipyndax* sp. (с. Полпино), *Theosampe* sp. (с. Полужье). Также В.С. Вишневской (2001) при просмотре СЭМ снимков определены радиолярии семейств *Hagiastriidae*, *Porodiscidae*, *Williriedellidae*. В диатомеях из-за меньших размеров и худшей сохранности аналогичные явления можно наблюдать лишь под СЭМ (фототаблица 2). При этом происходит полная или частичная фосфатизация панциря диатомей и их пор. Местами она сопровождается заметной коррозией панцирей вплоть до полного растворения, но иногда фосфатизированные



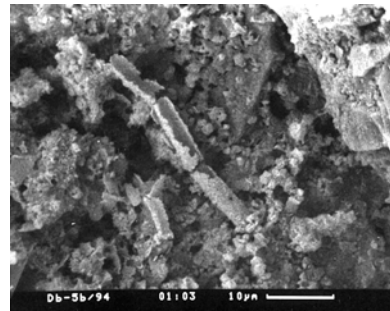
1



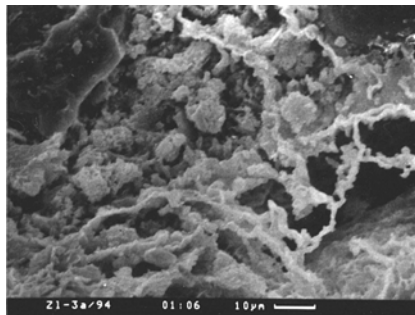
2



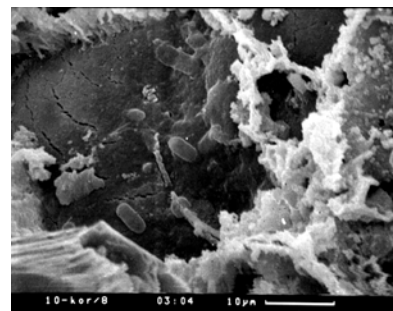
3



4



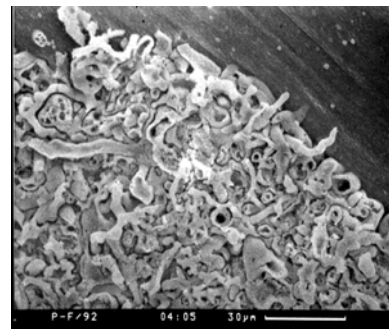
5



6

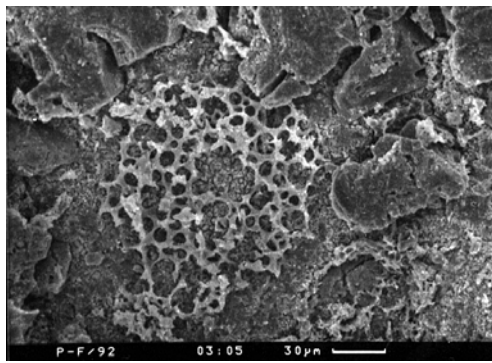


7

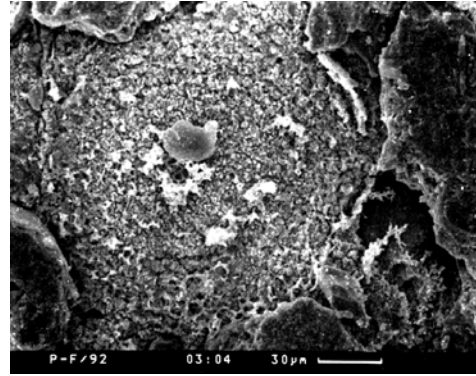


8

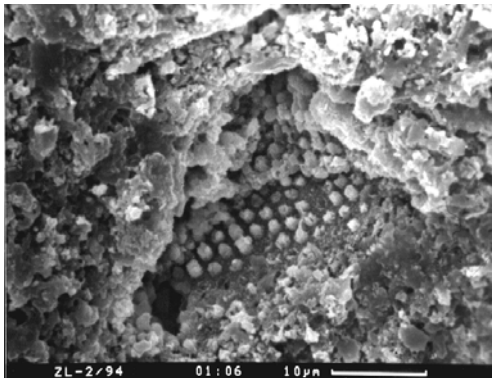
1, 2 – Фосфатизированные кокколлиты; Фосфатизированные микробиальные структуры;
 3 – Коккоидные бактериальные структуры; 4 – Нитчатые цианобактериальные структуры;
 5 – Нитчатые микробиальные структуры (возможно актиномицеты);
 6, 7 – Палочковидные или бациллообразные бактериальные структуры;
 8 – Бактериально-водорослевые структуры
 1, 2 – phosphatized coccoliths; phosphatized microbial structures;
 3 – coccoidal bacteria structures; 4 – Filamentous cyanobacterial structures;
 5 – Filament microbial structures (probably actinomycetes);
 6, 7 – Rod-shaped or bacillic bacteria structures;
 8 – algal-bacterial structures



1



2



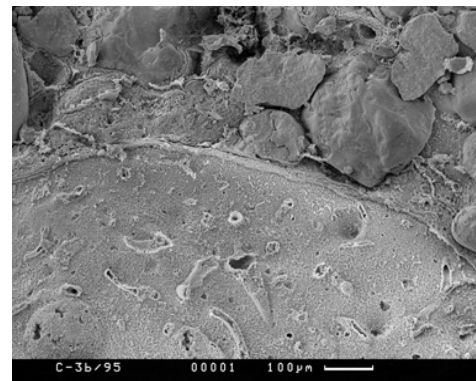
3



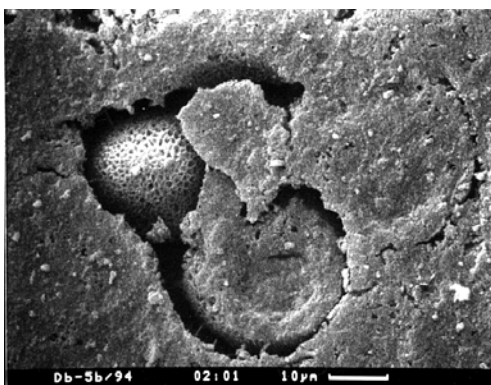
4



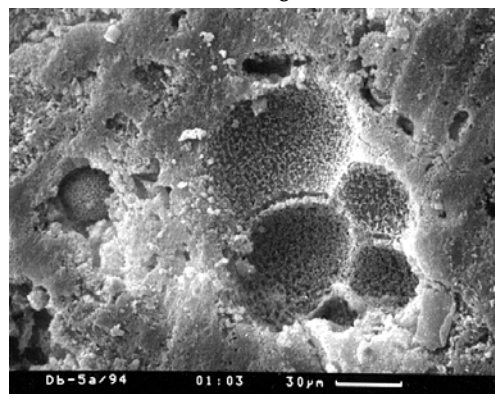
5



6



7

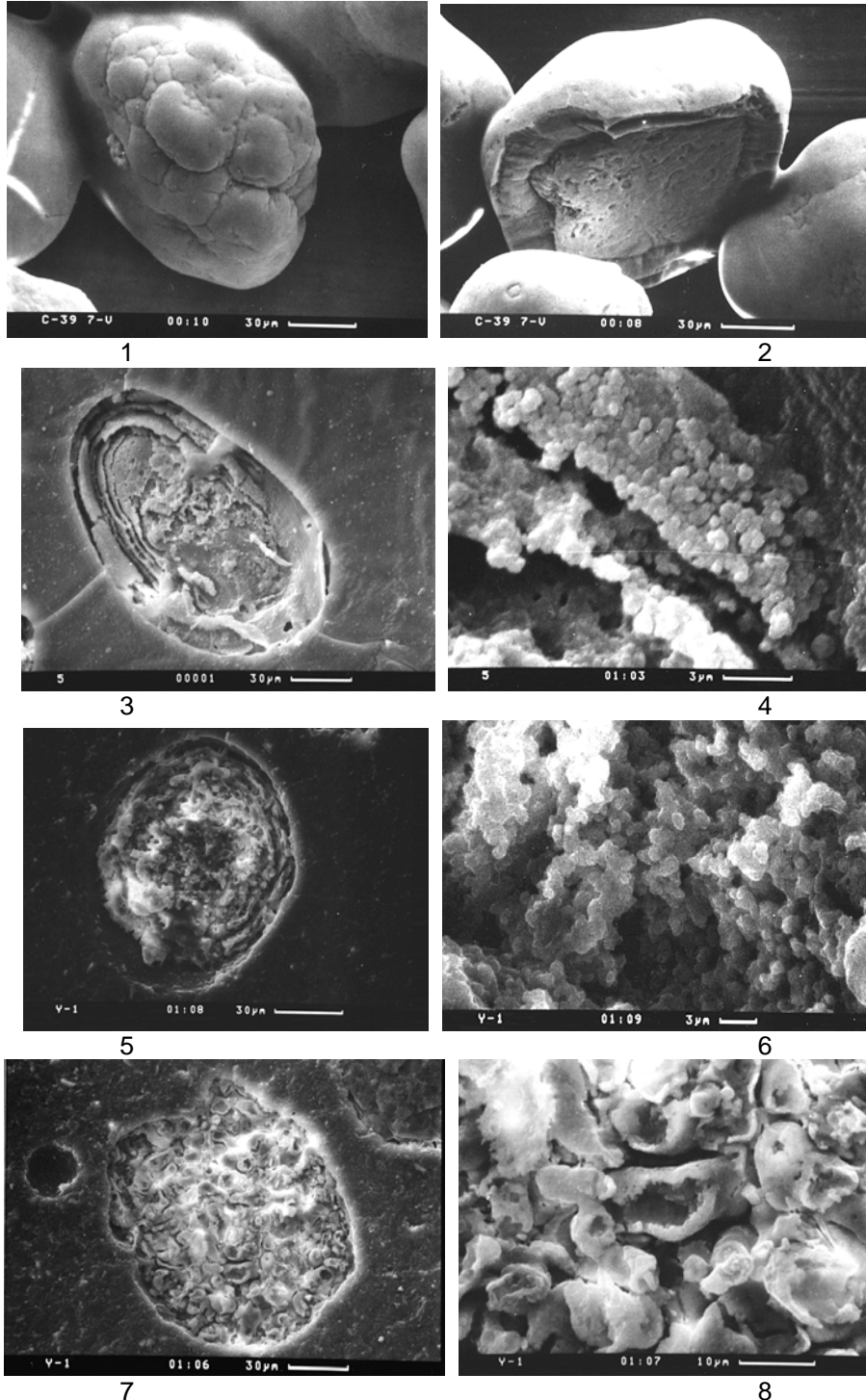


8

1, 2 – Фосфатизированные радиоларии; 3, 4 – Фосфатизированные диатомеи; 5, 6 – Фосфатизированные фрагменты скелета губок; 7, 8 – Фосфатизированные фораминиферы
 1, 2 –phosphatized radiolarians; 3, 4 – phosphatized diatoms; 5, 6 – phosphatized sponge fragments; 7, 8 – phosphatized foraminifers

панцири сохраняют мельчайшие детали структуры. Вероятно, замещение кремнезема фосфатом происходило в еще нелигитифицированном осадке, так как фосфатизировался еще нераскристаллизованный кремнезем. Микроскопические и ультрамикроскопические исследования показали, что кремнистые фосфориты представляют собой первично диатомовые, радиоляриевые или смешанного состава илы, в различной степени замещенные фосфатом (Малёнкина, 2002). Среди кремнистых фосфоритов можно выделить следующие типы: диатомово-радиоляриевый, губковый, радиоляриево-губковый и диатомово-радиоляриево-губковый. Наши наблюдения показали, что вверх по разрезу сеномана уменьшается доля кремнистых типов и возрастает доля известковистых. Фораминиферы обычно встречаются лишь в верхней части разреза дятьковской свиты. В оптический микроскоп можно видеть как полностью, так неполностью замещенные фораминиферы (фосфатизированы либо створки, либо внутренние камеры). Выше по разрезу, помимо фораминифер, в массовом количестве появляются и кокколиты различной степени замещения и сохранности. В СЭМ видны мельчайшие детали строения фораминифер, кокколитов и их фрагментов, наблюдается полная или частичная фосфатизация их раковин, иногда и их поры обволакиваются массой колломорфного фосфата и происходит заполнение полостей. Местами это сопровождается заметной коррозией раковин вплоть до полного растворения, остаются лишь их отпечатки или выполнение пор и ядра. И.А. Басовым были определены фораминиферы *Hedbergella delrioensis* (Carsey) (с. Игрицкое); В.И. Корчагиным при просмотре шлифов – *Hedbergella planispira* (Tappah), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Heterohelix* sp., *Praeglobotruncana* sp., *Vuliminella?* sp. (с. Ендовище). Микроскопические исследования показали, что известковистые фосфориты представляют собой первично кокколитовый и фораминиферовый илы, полностью или частично фосфатизированные (Малёнкина, 2002). Среди известковистых фосфоритов, таким образом, можно выделить следующие типы: фораминиферовые, кокколитовые и фораминиферово-кокколитовые. Кроме того, встречаются смешанные известково-кремнистые типы: фораминиферово-диатомово-радиоляриевый, фораминиферово-губковый, фораминиферово-кокколитово-диатомово-радиоляриевый и фораминиферово-кокколитово-радиоляриево-губковый.

Особый интерес вызывает присутствие в сеноманских желваковых фосфоритах Воронежской антеклизы фосфатизированных бактериально-водорослевых комплексов (Малёнкина, 2003). Так, в ряде образцов под СЭМ можно наблюдать полые трубки круглого сечения диаметром 1–5 мкм, являющиеся скорее всего чехлами трихом нитчатых цианобактерий и длинные нитевидные фосфатные структуры, подобные актиномицетам (см. фототаблицу 1). В других ясно видны скопления мелких округлых образований 0,5–1 мкм, подобных скоплениям коккоидных бактерий, некоторые из них с остатками гликокаликса. Встречаются также палочковидные (бациллообразные) структуры, размерами от 4 до 15–20 мкм по длине и 1–5 мкм по ширине. На поверхности некоторых зерен кварца внутри фосфатного желвака наблюдаются сложнопереплетенные полые трубчатые формы переменного диаметра 2–5 мкм, представляющие собой, вероятно, псевдоморфозы фосфата по водорослям, выросшим на кварце как на субстрате. В верхней части (2–16 м) нижнего кампана фосфатные образования предстают в виде зерен, микроагрегатов, микроконкреций, биодетрита, пленок и многослойных оболочек на различных минералах (фототаблица 3). По своим петрографическим особенностям они могут быть отнесены к фосфоритам зернистого типа (Иконников и др., 1999; Брагин, 1991, 2000). Отличительными признаками являются малые размеры слагающих их форм (0,1–0,25 мм) и относительно невысокие концентрации во вмещающих породах, что затрудняет визуальную идентификацию фосфатоносных отложений, поэтому данный тип фосфоритов долгое время оставался неизвестным. Он был открыт



1– Кампанские фосфатные зерна; 2 – Зерно кварца с фосфатной оболочкой; 3 – Многослойные фосфатные оболочки на зерне (онколит); 4 – Более крупное увеличение. Видны коккоидные бактериальные структуры, слагающие оболочки; 5 – Все зерно представляет собой цианобактериальный мат, который обволакивается концентрическими фосфатными оболочками (онколит); 6 – Центральная часть зерна, более крупно, сложена коккоидными бактериальными структурами; 7, 8 – Зерно представляет собой фрагмент микробияльного мата (8 – более крупно)

1– Campanian phosphate grains; 2 – Quartz grain, which is coated by phosphatic films; 3 – Concentric multiplex phosphatic films cover grain. (oncolite); 4 – More detail. Coccoidal bacteria structures constitute covers. 5 – The grain represents a cyanobacterial mat, which is concentrically coated by phosphatic films (oncolite); 6 – More detail. The central part of grain consists of coccoidal bacteria structures; 7, 8 – The grain represents a cyanobacterial mat fragment (8 – more detail)

лишь в 1980-х годах в Унечско-Крапивенской зоне благодаря поисковым работам на титан-циркониевые россыпи (Иконников, 1989). 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.

Еще одна характерная их особенность состоит в очень широком развитии пленочного и оболочечного фосфата. Так, с фосфатными зёрнами и микроагрегатами связано около 45% фосфата, 22% приурочено к пленкам и оболочкам на тяжелых минералах (ильмените, анатазе, лейкоксене, рутиле, цирконе и др.), а 33% – к пленкам на зёрнах кварца, полевых шпатов и глауконита (Иконников и др., 1999). На происхождение этих зёрен и оболочек нет единой точки зрения. Оптико-микроскопическими и электронно-микроскопическими исследованиями автора установлено, что биодетрит представлен обычно обломками губок, радиолярий и фораминифер, зубами, частями скелета и чешуями рыб, а также фрагментами микробиальных комплексов. Некоторые зёрна, возможно, копролиты. Нередко все зёрно – это цианобактериальный мат, который иногда обволакивается концентрическими фосфатными оболочками. Оболочки некоторых зёрен 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 раскристаллизации стирает указанные черты, видны лишь многочисленные ряды корок сплошного строения. Такие зёрна обычно называют оолитами. Иногда центральная часть сохраняет свое коккоидное строение, процесс кристаллизации затрагивает только оболочки. Ядром такого онколита может служить зёрно не обязательно фосфата, а и других минералов, таких как кварц, глауконит и тяжелые, выполняющих роль субстрата, на котором поселились колонии цианобактерий (Maleonkina, 2003).

СЕДИМЕНТОГЕННЫЕ ОБСТАНОВКИ И МЕХАНИЗМ ФОСФАТОГЕНЕЗА В СЕНОМАНЕ И КАМПАНЕ

Сеноманские и кампанские фосфориты, как подтверждают наши исследования, в подавляющем большинстве представляют собой фосфатизированные органические остатки. По этой причине их происхождение носит явно биогенный характер. Фосфат по пищевым цепям усваивался nektonом, планктоном и бентосом. На это указывает присутствие в фосфоритах костей и зубов позвоночных, остатков радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер, губок и бактериально-водорослевых матов. Вся выделенная из фосфоритов и определенная фауна характеризуется в основном широким распространением, некоторой обедненностью состава и однообразием и свидетельствует о мелководности и нормальной солености бассейна (Акимец и др., 1991; Вишневская, 2001). Большое количество планктонных форм в фосфоритах можно объяснить тем, что в бассейне иногда могла возникать обстановка типа «красных приливов» (Константинов, 1986), обычным следствием которой становилось 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 (Ehrhardt, Seguin, 1978). При отмирании морских организмов немедленно начинались бактериальное разложение, создающее высокие концентрации ионов карбоната и фосфата, и замещение органических остатков фосфатом кальция (Лука, Прево, 1984). О быстроте процесса свидетельствует то, что фосфатизированные панцири диатомей, раковины радиолярий, фораминифер и других микроорганизмов очень часто сохраняют мельчайшие детали первичной структуры. То есть замещение кремнезема и карбоната фосфатом происходило в еще нелитифицированном осадке, так как фосфатизировалось нераскристаллизованное вещество (Батурин, 2004). По сути процесс фосфатонако-

пления определялся соотношением биопродуктивности бассейна и подавлявшего его интенсивного поступления терригенного материала.

Для сеноманского времени рассматриваемого региона, как показывает анализ фаций, наиболее типичной была обстановка теплого мелководного бассейна нормальной солености с гидродинамическим режимом переменной активности, видимо за счет эвстатических колебаний (Малёнкина, 1996). При относительной активности, обусловленной волнениями или придонными течениями, происходило отложение средне- и мелкозернистых песков, содержащих тяжелые минералы. При периодических относительных ослаблениях 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 биотурбитов (Малёнкина, 2003а), и перераспределения фосфатного вещества внутри осадка с 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 и сгужение в прослой (конденсация). При повторном ослаблении режима и возобновившейся биогенной седиментации близкорасположенные желваки могли вновь цементироваться фосфатным веществом, образуя сростки, линзы, а местами целые пласты, своеобразные конгломераты – фосфоритовые плиты (Малёнкина, 2003б). Периодические изменения гидродинамического режима обеспечили полицикличность процесса фосфоритообразования (несколько генераций желваков). Временами полностью прекращались осадконакопление, фосфатизация поверхности размыва (*hard ground*) и цементация сгуженных желваков, происходящая сверху вниз. Возможно, эти процессы были тесно связаны с деятельностью донной биоты, особенно с пленочными бактериально-водорослевыми комплексами. Широкое развитие поднятий площадью сотни квадратных километров (отмели и банки), приуроченных к куполовидным выступам докембрийского фундамента, обусловило формирование высококонденсированных слоев со сложным строением, увенчанных фосфоритовыми плитами. Эвстатический подъем уровня моря, вероятно, компенсировался тектоническим режимом конседиментационных поднятий, что сохраняло обстановку мелководности с гидродинамическим режимом переменной активности на значительных площадях в течение длительного времени (Найдин, 1995). Она соответствует волновому режиму поднятий, подводных плато, удаленных от берега отмелей и банок (*Sedimentary...*, 1986).

В кампанское время, так же как и в сеноманское, фосфатоносные пески отлагались в мелководно-морском водоеме нормальной солености, но с другим режимом гидродинамической активности, о чем свидетельствуют высокая степень их сортировки, отсутствие глинистости, широкое развитие многослойных фосфатных оболочек на зернах тяжелых минералов, кварца, глауконита и фосфата (Малёнкина, 2000). Периоды ослабления гидродинамической активности, видимо, были слишком кратковременными для литификации первоначальных стяжений. Постоянные перемены 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. Наблюдалось неоднократное переотложение осадков, вызванное активизацией гидродинамического режима, шлихование и обогащение песков фосфатными зернами и тяжелыми минералами на склонах аккумулятивных форм под-

водного рельефа, а также нарастание нового слоя оболочки вокруг зерен при ослаблении активности. Такая обстановка соответствует волновому режиму побережья: песчаным пляжам, барам и косам (Sedimentary..., 1986).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследования процессов осадконакопления и оценки роли биоты в фосфатогенезе Воронежской антеклизы пришли к следующим выводам:

1. Механизм фосфатогенеза в сеноманских и кампанских отложениях на исследуемой территории принципиально различен (таблица).

Фосфатообразование в сеномане и кампане на территории Воронежской антеклизы.

Phosphatogenesis in the Cenomanian and Campanian in the Voronezh anteklise region.

Век	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 сгруженных 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 сгужение 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

2. 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, с предварительным диагенетическим перераспределением фосфатного вещества внутри осадка, с образованием крупных фосфатных желваков и их сростков, при длительных периодических относительных ослаблениях гидродинамической активности. Осадок при этом оставался ненарушенным достаточно долгое время, вплоть до полной литификации желваков. При активизации режима происходило вымывание, механическая дифференциация и сгущение в прослой (фосфатонакопление).

3. 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, его осаждения с помощью бактерий на поверхностях минералов, биодетрита и 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. Периоды ослабления, по-видимому, были слишком кратковременными даже для литификации первоначальных стяжений и достаточными лишь для некоторого их уплотнения. Активный гидродинамический режим способствовал шлихованию песков, образуя фосфатоносные россыпи (фосфатонакопление).

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

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.

Литература

Акимец В.С., Беньямовский В.Н., Копаявич Л.Ф. Меловая система. Верхний отдел. Запад европейской части СССР и Западный Казахстан // Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 5. Фораминиферы мезозоя / Ред. Б.С. Соколов. Л.: Недра, 1991. С. 161–192.

Батурин Г.Н. Фосфатонакопление в океане. М.: Наука, 2004. 464 с.

Брагин Ю.Н. Новый тип фосфоритов в глауконитовых формациях Восточно-Европейской платформы // Сов. геология. 1991. № 1. С. 41–50.

Брагин Ю.Н. Зернистые фосфориты Украины. Симферополь: Таврия, 2000. 73 с.

Бушинский Г. И. Фосфоритные фации верхнего мела Европейской части СССР // Тр. НИУИФ. 1939. Вып. 146. 196 с.

Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины // Тр. ИГН АН СССР. Геол. сер. 1954. Вып. 156, № 67. 307 с.

Вишневецкая В.С. Радиоляриевая биостратиграфия юры и мела России. М.: Геос, 2001. 367 с.

Гиммельфарб Б. М. Фосфоритонность чехла Русской платформы // Рудоносность Русской платформы / Ред. Л.В. Пустовалов. М.: Наука, 1965. С. 192–202.

Иконников Н.Н. Новая перспективная фосфатоносная формация // Разведка и охрана недр. 1989. № 10. С. 13–15.

Иконников Н.Н., Осауленко О.В., Прокофьева Н.И. Перспективы освоения Унеча-Крапивенской зоны фосфатно-редкометалльных россыпей // Проблемы фосфатного сырья России: Сб. науч. трудов / Ред. А.С. Соколов. Люберцы: Изд-во Горхимпрогресс, 1999. С. 37–41.

Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1986. 472 с.

Лука Ж., Прево Л. Синтез апатита. К вопросу о новой модели генезиса осадочных фосфоритов // 27-й Междунар. геол. конгресс «Неметаллические полезные ископаемые». М.: Наука, 1984. С. 16.

Малёнкина С.Ю. Седиментогенные обстановки и особенности фосфатонакопления верхнемеловых песков Воронежской антеклизы // Горн. вестн. Спецвыпуск. 1996. С. 61–68.

Малёнкина С.Ю. Механизм образования верхнемеловых фосфатоносных пород Воронежской антеклизы // Проблемы фосфатного сырья России: Сб. науч. трудов / Ред. А.С. Соколов. Люберцы: Изд-во Горхимпрогресс. 1999. С. 71–81.

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

Малёнкина С.Ю. Биогенные структуры верхнемеловых фосфоритов Воронежской антеклизы // Современные вопросы геологии / Ред. Н.А. Богданов и др. М.: Научный мир, 2002. С. 305–309.

Малёнкина С.Ю. Процессы первичного фосфогенеза в сеноманских отложениях Воронежской антеклизы // Современные вопросы геологии / Ред. Н.А. Богданов и др. М.: Научный мир, 2003а. С. 229–232.

Малёнкина С.Ю. Генезис сеноманских фосфатных плит Воронежской антеклизы // Современные вопросы геологии / Ред. Н.А. Богданов и др. М.: Научный мир, 2003б. С. 233–236.

Малёнкина С.Ю. Геология и условия формирования сеноманских и кампанских фосфатоносных отложений Воронежской антеклизы: Автореф. канд. дис. М., 2003в. 24 с.

Найдин Д.П. Эвстазия и эпиконтинентальные моря Восточно-Европейской платформы в позднемеловую эпоху. Статья 1. Океаносфера и моря платформы // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. геол. 1995. Т. 70, вып. 2. С. 41–58.

Олферьев А.Г., Алексеев А.С. Зональная стратиграфическая шкала верхнего мела Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11, № 2. С. 75–101.

Первушов Е.М. Род *Sporadoscinia* (Goldfuss, 1833) и род *Nomobrachaticyathus* gen. nov. – представители вентрикулитид (Porifera, Hexactinellida) // Тр. Науч.-исслед. ин-та геологии Саратовск. ун-та. Нов. сер. 2000. Т. 6. С. 16–44.

Первушов Е.М. Роль кремниевых организмов в осадконакоплении в позднемеловых и палеогеновых бассейнах Поволжья // Тр. Науч.-исслед. ин-та геологии Саратовск. ун-та. Нов. сер. 2001. Т. 7. С. 19–20.

Савко А.Д., Беляев В.И., Мануковский С.В. Фосфориты Центрально-Черноземного района России. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1994. 184 с.

Ehrhardt J.-P., Seguin G. Le plancton. Paris, 1978. 250 p.

Maleonkina S.Yu. Phosphatized algal-bacterial assemblages in Late Cretaceous phosphorites of the Voronezh Antecline // Proc. of SPIE. 2003. Vol. 4939. P. 77–82.

Sedimentary environments and facies / Ed. by H.G. Reading. Oxford, 1986. 615 p.

SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND THE ROLE OF BIOTA IN THE LATE CRETACEOUS PHOSPHATOGENESIS OF THE VORONEZH ANTECLISE

S.Yu. Maleonkina

Summary

This paper reports new data detailed formation conditions and lithological special features of the Late Cretaceous phosphatebearing deposits from the Voronezh Antecline. Microscopical studies were supplement scanning electron microscope (SEM) observations of the Cenomanian and Campanian phosphorites from many different sections. The objective was to receive new information, select types of phosphorites on base contained fossils, suggest model of phosphogenesis mechanism and verify general sediment environments and the role of plankton, nekton, benthos and microbial complexes in the phosphogenesis.

Key words. **Phosphorites, Cenomanian, Campanian, biota, Voronezh Antecline, ultramicrostructures, paleogeography.**