

СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ

С.О. Зорина

*Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых,
420097, Казань, ул. Зинина, 4, Россия*

Приводится апробация разработанных автором эвстатической и тектоноэвстатической генерализованных моделей на примере нижнемеловых отложений востока Русской плиты. Модели применимы для фациального анализа разрезов эпиконтинентальных бассейнов с преимущественно склоновым характером осадконакопления и иллюстрируют возможные варианты литологического строения разрезов в зависимости от скорости эвстатических колебаний, интенсивности и направления эпейрогенических движений.

Показано, что разрезы нижнего мела востока Русской плиты представляют собой результат совместного действия глобальной эвстазии и региональной эпейрогении. При наложении глобальной эвстатической кривой на хроностратиграфическую схему нижнего мела востока платформы оказалось, что решающую роль в раннемеловой истории рассматриваемой части бассейна играла глобальная эвстазия, которая эпизодически «затушевывалась» региональной эпейрогенией. Построены региональные кривые эпейрогенических и эвстатических колебаний. Эпейрогеническая кривая иллюстрирует вклад вертикальных тектонических движений в совместный эвстатико-эпейрогенический результат, представленный в виде региональной эвстатической кривой. Последняя построена на основе анализа изменения пространственно-временного распространения свит и толщ и ранжирования выделенных трансгрессивных поверхностей.

Выделены эвстатические циклы разного ранга — от элементарных (системных трактов) до региональных. В ранге крупнейших хроностратонов выделены три секвенции: валанжинская (RP-1К), верхнеготеривская—верхнеаптская (RP-2К) и альбская (RP-3К), отражающие важнейшие этапы раннемеловой истории развития востока Русской плиты. Рассмотрены эвстатико-эпейрогенические особенности формирования свит и толщ с начала раннего берриаса до конца альбского века в интервале 145.5 до 99.6 млн лет назад.

Показано, что секвентирование хроностратиграфически расчлененного сводного разреза рассматриваемой территории позволяет подвести научную основу под прогнозирование широкого спектра твердых полезных ископаемых.

Эвстазия, эпейрогения, моделирование, хроностратиграфия, нижний мел, секвенция, цикл, твердые полезные ископаемые.

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF LOWER CRETACEOUS DEPOSITS IN THE EAST OF THE RUSSIAN PLATFORM

S.O. Zorina

The generalized eustatic and tectonoeustatic models developed by the author are tested on Lower Cretaceous deposits of the eastern part of the Russian Plate. The models are applicable to facies analysis of sections of epicontinental basins with mainly slope sedimentation. They demonstrate possible variants of the section lithology depending on the rate of eustatic changes and the intensity and direction of epeirogenic movements.

It has been established that the Lower Cretaceous sections in the east of the Russian Platform formed as a result of the synchronous global eustasy and regional epeirogeny. Superposition of the global eustatic curve onto the Lower Cretaceous chronostratigraphic scheme of the eastern part of the platform showed that global eustasy, periodically concealed by regional epeirogeny, played a crucial role in the Early Cretaceous history of this area. Regional curves of epeirogenic and eustatic changes were constructed. The epeirogenic curve demonstrates the contribution of vertical tectonic movements to the overall eustatic-epeirogenic result depicted as a regional eustatic curve. The latter was constructed from the results of analysis of the spatial and temporal changes in the formation and strata position and ranking of transgressive surfaces.

Eustatic cycles of different ranks, from elementary (system paths) to regional, have been recognized. In the rank of largest stratigraphic units three sequences are revealed: Valanginian (RP-1K), Upper Hauterivian-Upper Aptian (RP-2K), and Albian (RP-3K), which reflect the crucial stages of the Early Cretaceous evolution of the eastern Russian Plate. The eustatic-epeirogenic processes during the accumulation of formations and strata from Early Berriasian to late Albian (145.5—99.6 Ma) are considered.

It is shown that the division of the studied composite section into sequences permits the prediction of diverse solid minerals.

Eustasy, epeirogeny, modeling, chronostratigraphy, Lower Carbonaceous, sequence, cycle, solid minerals

ВВЕДЕНИЕ

Генетической связи нижнемеловых литостратонов востока Русской плиты (ВРП) с глобальными изменениями уровня моря посвящен целый ряд публикаций [Sahagian et al., 1996; Зорина, 2003; Зорина, 2006a]. В последних собственных разработках было показано, что на ВРП нижнемеловые свиты (толщи) группируются в секвенции, которые сформировались под действием пульсирующей эвстатики и разделены длительными гиатусами. Характер трансгрессивно-регрессивной кривой для рассмотренного участка платформы был реконструирован на хроностратиграфической основе [Зорина, 2005] по современным требованиям к проведению ярусных границ [Gradstein et al., 2004].

Разрезы морских осадочных толщ представляют собой результат совместного воздействия большого количества факторов, важнейшими из которых признаны два — эвстатический и эпейрогенический. Колебания глобального уровня моря (эвстазия) и вертикальные движения поверхности морского дна (эпейрогенез) вызывают изменения глубины бассейна и, следовательно, определяют литологический состав формирующихся осадков [Зорина, 2006a]. Простейшие генерализованные временные модели (эвстатическая и тектоэвстатическая) [Зорина, 2007] были применены нами для секвенс-стратиграфического анализа сводных хроностратиграфических разрезов нижнего мела ВРП, итогом которого явилось секвенс-стратиграфическое расчленение рассматриваемых отложений с выделением системных трактов и трансгрессивных поверхностей (ТП), построением кривой относительных колебаний уровня моря и кривой относительных эпейрогенических колебаний.

ХРОНОСТРАТИГРАФИЯ НИЖНЕГО МЕЛА ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ

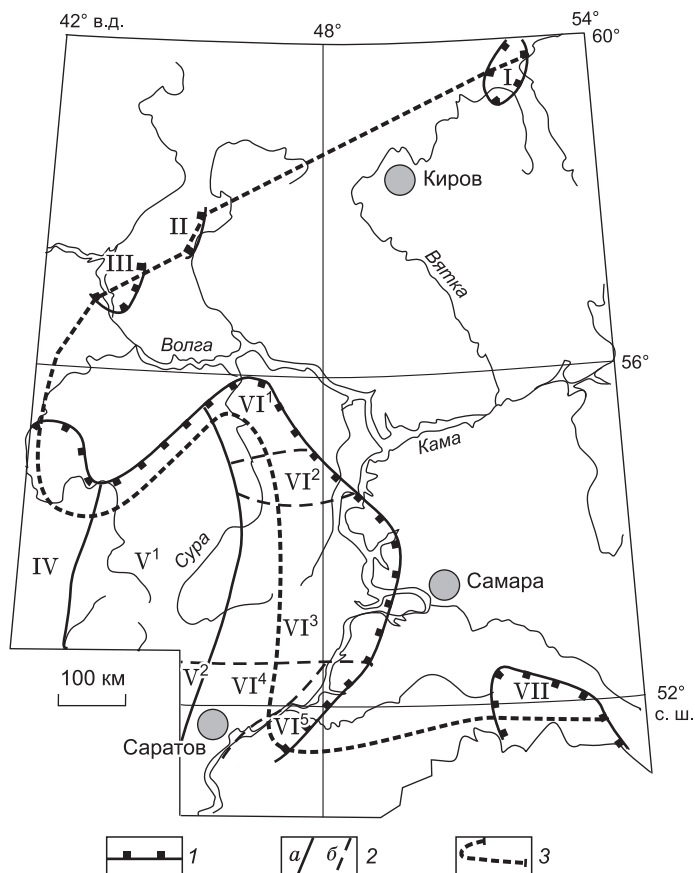
Представления о современном облике и распространении на ВРП нижнемеловых отложений складываются прежде всего благодаря анализу обширного стратиграфического материала, сведенного в стратиграфических схемах [Унифицированные ..., 1993]. Данные схемы, как известно, включают скоррелированные сводные разрезы структурно-геологических зон и подзон (рис. 1), расчлененные литобиостратиграфическими методами до свит и толщ. Хроностратиграфическая характеристика нижнего мела, полученная на основе унифицированных схем, в настоящее время дополняется результатами многочисленных детализационных и обобщающих стратиграфических работ, позволяющих значительно уточнить возрастные датировки литостратонов на отдельных участках платформы.

Для получения максимально достоверной и полной хроностратиграфической характеристики рассматриваемых отложений сводные разрезы структурно-геологических зон и подзон ВРП, каждый из которых имеет зональную аммонитовую разбивку, были сопоставлены с нижнемеловым аммонитовым зональным стандартом Бореального пояса [Барабошкин, 2004]. Параллельно проведена увязка всех свит и толщ со шкалой геологического времени [Gradstein et al., 2004], что позволяет датировать реконструированные эвстатичес-

Рис. 1. Схема структурно-геологического районирования нижнемеловых отложений востока Русской плиты.

1 — границы распространения нижнемеловых отложений; 2 — границы структурно-геологических зон (а) и подзон (б); 3 — геологический профиль сводных разрезов структурно-геологических зон и подзон востока Русской плиты.

Структурно-геологические зоны [Унифицированные ..., 1989]: I — Вятско-Камская впадина; II — Московская синеклиза (восточное крыло); III — Ковернинская впадина; IV — Окско-Донская депрессия; V — Муромско-Ломовский прогиб: V¹ — северная часть, V² — бассейн р. Хопёр; VI — Ульяновско-Саратовский прогиб: VI¹ — Чебоксарское Поволжье, VI² — северо-восток Ульяновско-Саратовского прогиба [Зорина, 2005], VI³ — Ульяновско-Самарское Поволжье, VI⁴ — Саратовское Правобережье, VI⁵ — Саратовское Заволжье; VII — Бузулукская впадина.



кие и эпейрогенические события в абсолютных единицах времени. Представленная хроностратиграфическая схема нижнего мела ВРП (рис. 2) отражает, таким образом, современное состояние стратиграфических знаний по данной территории и, безусловно, требует перманентной актуализации.

Так как литологическое строение нижнемеловых отложений на ВРП достаточно однообразно и монотонно, на представленной генерализованной хроностратиграфической схеме в них выделены две фации: а) пески, песчаники и фосфоритовые конгломераты; б) глины, глинистые карбонаты и сланцы.

При интерпретации литологического строения разрезов, представляющих собой результат совместного воздействия эвстазии и эпейрогении, вычлнить влияние последней достаточно сложно. Приблизиться к решению данной задачи позволяет проведенная реконструкция региональной эвстатико-эпейрогенической обстановки, выполненная с использованием новейшей глобальной эвстатической кривой, опубликованной Б. Хаком и А. Аль-Катани в 2005 г. [Haq, Al-Qahtani, 2005].

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭВСТАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Эволюция тренда глобальной эвстатической кривой в раннем мелу [Haq, Al-Qahtani, 2005] представлена следующими основными этапами (см. рис. 2). Интервал времени с начала мелового периода и до середины позднего берриаса характеризуется падением уровня моря. Этот период является окончанием крупного эвстатического цикла, начавшегося ростом уровня моря еще в позднем байосе средней юры. Максимум его пришелся на середину кимериджского века с последующим затем устойчивым падением, особенно интенсивным в позднем титоне—раннем берриасе. Середина позднего берриаса отмечена ростом уровня моря — началом нового эвстатического цикла, максимальное стояние которого приходится на середину раннего баррема. Последующее затем плавное падение уровня моря продолжалось до второй половины позднего апта, а на рубеже аптского и альбского веков устойчивым ростом уровня моря начался новый крупный эвстатический цикл. Максимум последнего приходится на позднемеловую эпоху. Таким образом, в раннем мелу фиксируются четыре эвстатические фазы глобальных флуктуаций уровня моря.

Региональный эвстатический режим был обусловлен воздействием не только глобальных колебаний уровня моря, но и активизацией эпейрогенических движений, способствовавших значительному «затусшеванию» глобальной эвстазии. Динамика региональной эпейрогении воспроизведена в кривой относительных эпейрогенических колебаний (см. рис. 2), построенной на основе анализа изменения пространственного распространения нижнемеловых литостратонов во времени, смены фациального облика осадков, гетерохронности и синхронности гиатусов. Все эти процессы рассмотрены на фоне глобальных эвстатических колебаний.

РАННЕМЕЛОВЫЕ ТРАНСГРЕССИИ НА ВОСТОКЕ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Первым шагом в определении характера цикличности осадконакопления на рассматриваемой территории явилось выделение ТП, которые, вслед за П. Шарландом с соавторами [Sharland et al., 2004], ранжированы нами по площади современного распространения: на региональные (охватывающие свыше 75 % территории ВРП), субрегиональные (25—75 %) и локальные (<25 %). Выявлена одна региональная ТП — К30, формирование которой приходится на рубеж раннего и позднего готерива (133.9 млн лет назад) (см. рис. 2). Выделяются две субрегиональные ТП: ранневаланжинская К20 (140.0 млн л.н.) и среднеальбская К80 (108.7 млн л.н.). Локальных поверхностей выделено пять: позднеберриасская К10 (140.3 млн л.н.), готерив-барремская К40 (130.0 млн л.н.), раннеаптские К50 (124.1 млн л.н.) и К60 (122.8 млн л.н.) и апт-альбская К70 (112.0 млн л.н.).

Локальные ТП характеризуют этапы максимального стояния уровня моря в пределах элементарных циклов, состоящих из трех системных трактов. Согласно построениям Б. Хака и А. Аль-Катани [Haq, Al-Qahtani, 2005], трансгрессивный системный тракт (ТСТ) соответствует этапу роста уровня моря от минимальных до максимальных значений; тракт высокого стояния (HST) определяется этапом накопления осадков от максимальных значений до начала падения уровня моря и тракт низкого стояния (LST) характеризует этап эвстатического цикла от начала падения уровня моря до минимальных его значений.

Анализ выделенных ТП разного ранга позволяет сделать вывод о том, что практически вся рассматриваемая территория подверглась полному затоплению на рубеже раннего и позднего готерива. В течение раннего мела дважды затопливалась примерно половина территории и значительно чаще действовали менее масштабные трансгрессии, охватывавшие отдельные участки платформы.

При наложении глобальной эвстатической кривой на генерализованный хроностратиграфический разрез удается оценить природу выявленных ТП. Так, самые ранние — валанжинские ТП (локальная К10 и субрегиональная К20) — сформировались под влиянием начавшегося в позднем берриасе глобального роста уровня моря при стабильном эпейрогеническом режиме. Эти ТП имеют эвстатическую природу. Раннепозднеготеривская региональная ТП образовалась после окончания гиатуса, длительность которого оценивается в 2.5 млн лет, на фоне продолжающегося глобального эвстатического роста. Своим фор-

мированием данная ТП обязана региональному эпейрогеническому циклу, поэтому природа ее может быть признана эпейрогенической. Локальная ТП К40 была сформирована на рубеже готерива и баррема в условиях максимального стояния глобального уровня моря после окончания позднеготеривского эпейрогенического воздымания, ответственного за гиатусы на отдельных участках платформы. Природа ТП К40 оценивается как эпейроэвстатическая. Локальные раннеаптские ТП К50 и К60 образовались на фоне глобального эвстатического спада. Очевидно, что данные локальные затопления были вызваны прогибаниями дна бассейна, т.е. природа их чисто эпейрогеническая. Локальная апт-альбская ТП К70 и субрегиональная среднеальбская К80 сформировались при начавшемся в конце апта глобальном эвстатическом росте. Вероятнее всего, в их образовании значительную роль сыграли эпейрогенические прогибания локального и субрегионального характера соответственно, так как в позднем апте—раннем альбе основная часть территории находилась под влиянием эпейрогенического воздымания. Природа данных ТП может быть признана эпейроэвстатической.

ОСОБЕННОСТИ ЭПЕЙРОГЕНИИ В РАННЕМ МЕЛУ

Сопоставление глобальной и региональной эвстатических кривых, моделирование возможных вариантов литологического состава осадков, накопившихся в соответствующих построенным кривым условиях, сравнение результатов моделирования с реальной картиной, отраженной на хроностратиграфической схеме, — все это позволяет определить характер эпейрогенических колебаний, которые оказывали значительное влияние на фациальный состав толщ.

На ВРП в раннем мелу выделены два региональных эпейрогенических события (см. рис. 2) — готеривский эпейрогенический цикл и позднеальбское воздымание. Короткопериодный региональный эпейрогенический цикл с раннеготеривским воздыманием ВРП и последующим за ним позднеготеривским прогибанием проявлен крупнейшим на данной территории диахронным гиатусом, окончание которого датируется концом раннего готерива и связывается с практически синхронным затоплением всей территории ВРП. Позднеальбское воздымание реконструируется по синхронному гиатусу, начавшемуся в конце альбского века с окончанием в позднем мелу, развившемуся на фоне устойчивого, достаточно интенсивного глобального роста уровня моря, причем в фазе максимального его стояния.

Помимо упомянутых региональных эпейрогенических событий, влиянием которых была охвачена вся рассматриваемая территория, весьма значительное воздействие вертикальных тектонических подвижек ощущалось и в позднем готериве, когда на фоне глобального роста уровня моря сформировались гиатусы в четырех структурно-геологических зонах и подзонах. Обратная картина реконструируется в раннем апте. Здесь при падении глобального уровня моря отмечены две трансгрессивные фазы, которым способствовало двухступенчатое прогибание территории Поволжья, что привело к обособлению бассейна и продолжению осадконакопления до середины позднего апта. При этом более половины территории ВРП в позднем апте испытала воздействие глобального спада уровня моря, вызвавшего гиатус.

РАННЕМЕЛОВЫЕ СЕКВЕНЦИИ

Проведенные реконструкции особенностей региональной раннемеловой эвстатии и эпейрогении на территории ВРП позволяют выделить три крупных секвенционных цикла — валанжинский (RP-1K), позднеготеривский—позднеаптский (RP-2K) и среднепозднеальбский (RP-3K) (см. рис. 2). Все три нижнемеловые секвенции имеют достаточно сложное строение, выраженное в обилии гетерохронных гиатусов, неравномерном распределении свит и толщ по площади и разрезу.

Нижнеберриасские осадки отнесены к терминальной части оксфорд-берриасской секвенции (RP-2J), и следует еще раз подчеркнуть [Зорина, 2005], что юрско-меловая граница никак не связана с границей крупных секвенционных циклов. На рубеже юрского и мелового периодов реконструируется заключительная в истории формирования секвенции RP-2J субрегиональная ТП (J130), происхождение которой связывается с эпейрогеническим прогибанием на фоне глобального падения уровня моря. Верхневолжские осадки не зафиксированы только на территории Окско-Донской депрессии. На остальных территориях в течение фаз *fulgens*, *subditus* и *podiger* накапливались преимущественно пески и песчаники с желваками фосфоритов. Глинистые осадки этого этапа выявлены только в Вятско-Камской впадине и Муромско-Ломовском прогибе. Но и на этих территориях осадконакопление было крайне нестабильным из-за сильных гидродинамических колебаний. Длительность формирования заключительного для секвенции RP-2J объединенного системного тракта HST/LST оценивается в 3 млн лет.

Временной промежуток, в течение которого формировалась базальная меловая секвенция RP-1K, охватывает интервал с начала заключительной фазы позднего берриаса (140.3 млн л.н.) до конца валанжина (136.4 млн л.н.) и составляет 3.9 млн лет.

Секвенция RP-1K представляет собой неполный субрегиональный цикл, начало формирования которого связывается с глобальным ростом уровня моря, начавшимся в середине позднего берриаса. Эпей-

рогеническая ситуация в валанжине оценивается как стабильная. В строении секвенции выделено два системных тракта — TST и HST. Основанием базального тракта секвенции — TST длительностью 0.4 млн лет является локальная ТП К10. Песчаные осадки заключительных берриасских фаз выявлены только в Вятско-Камской впадине, Чебоксарском Поволжье и Бузулукской впадине. В этих регионах осадконакопление не прекращалось с начала берриаса. В Саратовском Заволжье и Саратовском Правобережье после позднеберриасского перерыва преобладало глинистое осадконакопление. На рубеже берриаса и валанжина дальнейший эвстатический подъем и последующая до конца валанжинского века стабилизация уровня моря вызвали образование тракта высокого стояния, длительность формирования которого оценивается в 3.9 млн лет. Состав осадков практически на всей территории был песчаным, и лишь в Саратовском Заволжье и Саратовском Правобережье продолжалось накопление глин.

В конце валанжинского века дальнейший региональный эвстатический рост был прерван мощным эпейрогеническим вмешательством положительного знака, что вызвало образование синхронного гиатуса на всей ВРП.

Граница между валанжинской (RP-1K) и верхнеготеривской—верхнеаптской (RP-2K) секвенциями на рис. 2 проведена условно в середине нижнеготеривской зоны *bojarkensis* (135.2 млн л.н.), так как она приходится на раннеготеривский региональный гиатус. Начало формирования секвенции RP-2K было положено на рубеже раннего и позднего готерива, когда мощным прогибанием был завершен раннеготеривский региональный эпейрогенический цикл. Последующая эпейрогеническая стабилизация способствовала возобновлению влияния глобального эвстатического роста, вследствие чего вся территория ВРП (кроме бассейна р. Хопёр) подверглась синхронному затоплению. Данное эвстатическое событие отмечено региональной ТП К30. В строении секвенции выделено четыре элементарных цикла, каждый из которых начинается с локальной ТП (К40, К50 и К60).

В течение позднеготеривской фазы *versicolor* сформировались песчаные осадки на территории Окско-Донской депрессии, Муромско-Ломовского прогиба, Чебоксарского, Ульяновско-Самарского Поволжья и северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба. Одновременно стали отлагаться глинистые осадки в Вятско-Камской и Ковернинской впадинах, на восточном крыле Московской синеклизы, в Саратовском Поволжье, Саратовском Правобережье и в Бузулукской впадине. Длительность формирования осадков зоны *versicolor*, соответствующих базальному тракту высокого стояния (HST), оценивается в 1.2 млн лет.

Позднеготеривские фазы *sreetonensis* и *discofalcatus* характеризуются региональным эвстатическим спадом, вызванным активизацией эпейрогенических движений положительного знака. Данный временной интервал отмечен гиатусами на части территории Окско-Донской депрессии, в бассейне р. Хопёр, в Саратовском Заволжье и Саратовском Правобережье. На остальной территории ВРП реконструируется объединенный LST/TST, представленный преимущественно глинами, длительность формирования которого составляет 2.6 млн лет.

На рубеже готерива и баррема отмечается локальный эвстатический импульс (ТП К40), связанный с эпейрогеническим прогибанием, обусловившим накопление барремских свит на всей территории ВРП. Осадки тракта высокого стояния (HST) представлены на большей части территории глинами, и лишь в Окско-Донской депрессии и бассейне р. Хопёр сформировались пески. Длительность накопления данного тракта оценивается в 5 млн лет.

С началом аптского века связана новая фаза эпейрогенического воздымания части территории ВРП — восточного крыла Московской синеклизы, Ковернинской впадины и северной части Муромско-Ломовского прогиба, происходившего на фоне глобального эвстатического спада. В этих регионах окончанию фазы *lahusenii* и фазе *tenuicostatus* отвечает гиатус. На территории Окско-Донской депрессии и в бассейне р. Хопёр в начале апта сформировались песчаные осадки, на остальной части ВРП продолжилось преимущественно глинистое осадконакопление. Свиты этого времени относятся к тракту низкого стояния (LST), длительность формирования которого оценивается в 1 млн лет.

Локальная трансгрессия К50 в начале фазы раннеаптской *volgensis* обусловила накопление глинистых толщ на восточном крыле Московской синеклизы, в Ковернинской впадине и в бассейне р. Хопёр. На остальной части ВРП характер осадкообразования с начала апта не изменился. Осадки, отвечающие зоне *volgensis* длительностью 1.1 млн лет, представляют собой объединенные TST и HST. Природа данного подтопления носит эпейрогенический характер в силу того, что глобальный уровень моря в это время испытывал устойчивое падение, тогда как на части ВРП — напротив, площадь осадконакопления и глубина бассейна увеличились за счет локального прогибания территории.

Следует особо отметить, что в фазу *volgensis* на территории Поволжья обособился так называемый «аноксический бассейн» [Гаврилов и др., 2002]. Битуминозные сланцы и пластовые кальцитовые конкреции, слагающие ульяновскую толщу («аптскую плиту»), по мнению многих исследователей, являются региональным отражением глобального аноксического события ОАЕ-1а. Ю.О. Гаврилов с соавторами [Гаврилов и др., 2002] считают, что горизонт битуминозных сланцев образовался за счет размыва при-

брежных ландшафтов быстротрансгрессирующим морем после завершившегося регрессивного эпизода. На приведенной в настоящей статье глобальной эвстатической кривой [Наг, Al-Qahtani, 2005] отчетливо видно, что для апта характерен период значительного замедления эвстатических флуктуаций по сравнению с барремским и альбским веками. В апте выделяются всего три полных эвстатических цикла. Глобальный короткопериодный эвстатический цикл, повлекший за собой, по данным Ю.О. Гаврилова и др. [Гаврилов и др., 2002], развитие аноксической обстановки, на кривой Б. Хака и А. Аль-Катани никак не проявлен. Началу формирования ульяновской толщи соответствует максимум раннеаптского глобального эвстатического цикла (первого из трех вышеуказанных аптских циклов), что в совокупности с прогибанием части территории платформы способствовало нарастанию трансгрессии на территории Поволжья, но скорость этого процесса не была столь высокой, как это предполагают сторонники гипотезы короткопериодного эвстатического цикла. Не исключено, что причиной наступления аноксии явились резкие климатические изменения [Read, 1995, 1998].

В раннем апте при продолжающемся общем падении глобального уровня моря в фазу *deshayesi* отмечается еще один трансгрессивный импульс локального характера (K60), связанный с новым эпейрогеническим прогибанием части территории. При этом в процесс осадконакопления был вовлечен север Муромско-Ломовского прогиба. В течение фаз *deshayesi* и *bowerbanki* здесь формировались осадки преимущественно глинистого состава. Согласно проведенным построениям, они отнесены к объединенным трактам TST/HST, общая длительность которых оценивается в 1.8 млн лет.

На рубеже раннего и позднего апта при продолжающемся глобальном спаде уровня моря на значительной территории ВРП зафиксировано начало гиатусов. При этом на территориях Вятско-Камской и Ковернинской впадин и восточного крыла Московской синеклизы осадки последующих мезозойских веков не обнаружены в связи с устойчивым эпейрогеническим воздыманием этих территорий. Менее длительным (позднеаптским—раннеальбским) гиатусом был охвачен север Муромско-Ломовского прогиба и Чебоксарское Поволжье. На всех этих территориях терминальными толщами секвенции RP-2K явились нижнеаптские свиты. Песчаное осадконакопление в течение всего позднего апта сохранилось только в Окско-Донской депрессии, а в бассейне р. Хопёр формирование песчаной толщи завершилось в конце поздней аптской фазы *melchioris*. Глинистые осадки верхнеаптских зон *pisum* и *melchioris* установлены на северо-востоке Ульяновско-Саратовского прогиба, Ульяновско-Самарском Поволжье, Саратовском Правобережье, Саратовском Заволжье и в Бузулукской впадине. Осадки этого времени соответствуют LST, образовавшемуся в течение 8.7 млн лет.

С окончанием фазы *melchioris* на территории Поволжья произошло закрытие бассейна, развивавшегося здесь с начала позднего готерива. Наступлению синхронного гиатуса способствовало быстрое интенсивное воздымание данной территории на фоне общего глобального эвстатического минимума. Осадконакопление не прекращалось только в двух регионах — в Бузулукской впадине (глинистое) и Окско-Донской депрессии (песчаное). Таким образом, глобальный эвстатический спад, проявившийся на ВРП, в совокупности с положительной эпейрогенией, обусловили завершение самого крупного этапа в раннемеловой истории рассматриваемой территории — этапа формирования верхнеготеривской—верхнеаптской секвенции RP-2K. Длительность его оценивается в 18 млн лет.

В начале альбского века глобальный рост уровня моря способствовал развитию новой трансгрессии на ВРП. Локальной ТП K70 отмечено начало завершающего раннемелового секвенционного цикла — альбской секвенции RP-3R. В силу гетерохронности гиатуса, зафиксированного между секвенциями RP-2R и RP-3R, граница между ними соответствует условному рубежу в 114 млн л.н. В строении секвенции выделяются два элементарных цикла.

Площади осадконакопления в альбе существенно сократились по сравнению с предшествующим этапом: новой трансгрессией не были охвачены северные и северо-западные территории ВРП. Раннеальбские осадки отмечены только в Саратовском Поволжье и Саратовском Правобережье (глины) и в бассейне р. Хопёр (пески). Они соответствуют объединенным HST/TST, длительность формирования которых составляет 3 млн лет. На остальной территории ВРП в раннем альбе фиксируется гиатус.

На рубеже раннего и среднего альба на фоне дальнейшего глобального эвстатического роста реконструируется резкое прогибание большей части территории ВРП, что обусловило синхронное затопление Ульяновско-Саратовского и Муромско-Ломовского прогиба с накоплением преимущественно глинистых толщ. Данное событие отмечено субрегиональной ТП K80. В бассейне р. Хопёр, напротив, зафиксировано начало длительного гиатуса, вызванного воздыманием этой территории. Среднепозднеальбские осадки отнесены к самому крупному в раннемеловой истории региона системному тракту — HST, длительность образования которого составляет 8.5 млн лет.

В конце позднего альба рост глобального уровня моря приобрел наиболее стремительный характер за всю раннемеловую эпоху и достиг своих максимальных значений. Но на ВРП решающую роль сыграло региональное эпейрогеническое событие — позднеальбское воздымание территории, результатом которого явилось практически синхронное повсеместное начало гиатусов. Геологическая история альбской секвенции на ВРП насчитывает 12 млн лет.

МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ СЕКВЕНЦИЙ

Нижнемеловые отложения, широко развитые на ВРП, привлекают внимание исследователей прежде всего как источник полезных ископаемых. Ключом для расшифровки раннемеловой истории геологического развития ВРП и выявления закономерностей размещения полезных ископаемых явился системный подход к геологическому изучению рассматриваемой территории на основе секвенс-стратиграфического анализа [Sharland et al., 2004; Наq, Al-Qahtani, 2005; Зорина, 2006б]. Результаты собственных исследований последнего времени [Зорина, 2007] показывают, что мезозойские осадочные толщи ВРП сформировались вследствие эвстагических колебаний, происхождение которых связано как с глобальными флюктуациями уровня моря, так и с региональными эпейрогеническими движениями. Проведенное секвенс-стратиграфическое моделирование [Зорина, 2006б] позволило констатировать, что каждая из трех выделенных секвенций характеризуется специфическим вещественным составом, определяющим минерагеническую специализацию отдельных горизонтов, толщ либо всей секвенции, и показать, как распределяются продуктивные горизонты по стратиграфическим интервалам секвентированного мезозойского разреза.

ГЛИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ

При геолого-съёмочных работах, проведенных в 1993—1999 гг. на юго-западе Республики Татарстан (РТ), специалистами ЦНИИГеолнеруд были выполнены прямые лабораторные технологические испытания нижнемеловых глин (В.П. Лузин, Л.П. Лузина). Впервые было показано, что практически все глины, слагающие нижнемеловые секвенции RP-2К и RP-3К, имеющие широкие выходы на поверхность на юго-западе РТ, пригодны для производства керамзитового гравия [Патент..., 2000а]. Нижнемеловые свиты и толщи (климовская, уренская, хмелевская, студенечкая, зарыклейская, аловская), суммарной мощностью до 190 м, представлены в основном глинами, содержащими небольшое количество прослоев глинистых алевроитов, которые зачастую также могут служить керамзитовым сырьем [Патент..., 2000б].

В нижнемеловых отложениях на ВРП выявлено большое количество месторождений и проявлений керамзитовых глин: Песочинское, Надеждинское, Кержемок — в Нижегородской области [Сенаторов и др., 2003]; Сельдинское, Новоульяновское — в Ульяновской области [Сенаторов и др., 2002б], Верхнекамское и др. — в Кировской области [Сенаторов и др., 1997]; Стемасское — в Республике Чувашия [Сенаторов и др., 1995]. Многочисленные месторождения и проявления керамзитовых глин установлены в Пензенской области [Сенаторов и др., 2002а].

Нижнемеловые керамзитовые глины являются перспективным сырьем для промышленного освоения. Ресурсы их на территории ВРП практически неисчерпаемы.

ФОСФОРИТЫ

Месторождения и проявления фосфоритов широко распространены в мезозойских отложениях и приурочены к различным стратиграфическим интервалам разреза. Основные результаты тематических, поисковых и геолого-разведочных работ на фосфориты в РТ сведены в трехтомном монографическом издании большого авторского коллектива под общей редакцией Р.М. Файзуллина (ЦНИИГеолнеруд) [Методическое руководство..., 1999, 2000, 2001].

Наиболее значимые концентрации нижнемеловых фосфоритов приурочены к терминальной части секвенции RP-2J и секвенции RP-1К в полном объеме. Фосфоритсодержащие горизонты, входящие в состав данных секвенций, сформировались в условиях наиболее низкого глобального уровня моря при стабильной эпейрогении. Волжско-валанджинский продуктивный горизонт представлен глауконит-кварцевыми песками, песчаниками и фосфоритовыми конгломератами, свидетельствующими о конденсации слоев. На востоке РП в состав продуктивного горизонта могут входить несколько стратиграфических подразделений (свит, толщ), в том числе и верхнеюрские свиты. Каждая из них является фосфоритсодержащей, но промышленная значимость появляется лишь на локальных участках, где от размыва сохранилось максимальное число фосфоритсодержащих стратонов. В Кировской области известно Верхнекамское месторождение [Сенаторов и др., 1997], в Ульяновской — Марьевское, Васильевское, Городищенское, Ундоровское, Среднеалгашское [Сенаторов и др., 2002б]; в Нижегородской — Рыбкинско-Абрамовская перспективная площадь [Сенаторов и др., 2003]; в Самарской — Кашпирское, Батрацкое и Общесыртовское [Сенаторов и др., 1996]; в Татарстане — Сяндюковское месторождение [Методическое руководство..., 1999; Зорина, 2005].

Средневерхнеальбский фосфоритсодержащий горизонт связан с базальным 1.5—2-метровым слоем княжухинской толщи, входящей в состав секвенции RP-3К. Горизонт представлен глауконит-кварцевыми песками с линзами желваковых фосфоритов. К нему приурочены Дрожжановское и Большеаксинское месторождения и целый ряд проявлений фосфоритов в РТ. В Ульяновской области, где княжухинская

толща имеет наиболее широкие поверхностные выходы, выявлены Криушинско-Шиловское и Мордовинское месторождения фосфоритов [Сенаторов и др., 2002б].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для анализа частных и сводных хроностратиграфически расчлененных разрезов применено эвстатическое и тектоноэвстатическое временное моделирование, итогом которого явилось построение региональных кривых эвстатических и эпейрогенических колебаний. Обе модели применимы для интерпретации литологии разрезов эпиконтинентальных бассейнов с преимущественно склоновым характером осадконакопления. Временная точность построений ограничивается возможностями применения био-стратиграфического метода при выполнении возрастных датировок свит и толщ.

Примененный методологический подход учитывает лишь важнейшие факторы, воздействовавшие на формирование осадка — эвстатический и эпейрогенический, что позволяет рассматривать представленную хроностратиграфическую схему только в качестве генерализованной, т.е. подлежащую дальнейшему насыщению такими факторами, как конседиментационное прогибание, влияние течений, неровностей рельефа, климата и др.

Значимость приведенных построений состоит в том, что они позволяют выполнить секвентирование сводного разреза ВРП. Важнейшим элементом этой процедуры явилась реконструкция эвстатических и эпейрогенических событий, при ранжировании которых выделены как крупные секвенционные циклы (RP-1К, RP-2К и RP-3К), так и элементарные системные тракты. По результатам секвенс-стратиграфического анализа установлены основные черты эволюции раннемелового эпиконтинентального бассейна на ВРП.

Секвенс-стратиграфический подход может быть успешно реализован при выявлении закономерностей размещения и локализации твердых полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

Барабошкин Е.Ю. Нижнемеловой аммонитовый зональный стандарт бореального пояса // Бюл. МОИП. Отд. геол., 2004, т. 79, вып. 5, с. 44—68.

Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А. Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: седиментология и геохимия // Литология и полезные ископаемые, 2002, № 4, с. 359—380.

Зорина С.О. История развития и палеогеография мезозоя // Геология Татарстана: стратиграфия и тектоника / Ред Б.В. Буров. М., ГЕОС, 2003, с. 221—226.

Зорина С.О. К стратиграфии мезозоя востока Восточно-Европейской платформы: свитный, секвентный, событийный и хроностратиграфический подходы / Под ред. Е.М. Аксенова. Казань, ЦНИИ-геолнеруд, 2005, 158 с.

Зорина С.О. О синхронности геологических границ в среднеюрских—палеоценовых отложениях востока Русской плиты // Георесурсы, 2006а, № 4 (21), с. 31—35.

Зорина С.О. Секвенс-стратиграфическая модель размещения твердых полезных ископаемых мезозоя на востоке Русской плиты // Отечественная геология, 2006б, № 6, с. 71—77.

Зорина С.О. О взаимосвязи литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями // Отечественная геология, 2007, № 6, с. 52—55.

Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан (в 3-х частях). Часть 1. / Под ред. Ф.М. Хайретдинова, Р.М. Файзуллина. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1999, 256 с.

Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан (в 3-х частях). Часть 2. Методика поисков и оценки / Под ред. Ф.М. Хайретдинова, Р.М. Файзуллина. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2000, 432 с.

Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан (в 3-х частях). Часть 3. Методика разведки и геолого-экономической оценки / Под. ред. Ф.М. Хайретдинова, Р.М. Файзуллина. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2001, 254 с.

Патент 2158242 РФ, МПК² 7 С 04 В 14/12. Способ получения искусственного пористого заполнителя — керамзита / Лузин В.П., Лузина Л.П., Зорина С.О., Суховерков В.Г. (РФ). Заявл. 27.01.1999. Оpubл. 27.10.2000а. Бюл. № 30.

Патент 2158243 РФ, МПК² 7 С 04 В 14/12. Способ изготовления керамзита / Лузин В.П., Лузина Л.П., Зорина С.О., Суховерков В.Г. (РФ). Заявл. 27.01.1999. Оpubл. 27.10.2000б. Бюл. № 30.

Сенаторов П.П., Власова Р.Г., Галимов А.И. Минерально-производственный комплекс строительных материалов Чувашской Республики / Ред. Ю.К. Фомкин. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1995, 160 с.

Сенаторов П.П., Власова Р.Г., Гилетин А.М. Минерально-производственный комплекс неметаллических полезных ископаемых Самарской области / Под ред. Н.Н. Ведерникова, А.П. Карева. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1996, 188 с.

Сенаторов П.П., Слободянская З.П., Власова Р.Г. Минерально-производственный комплекс строительных материалов Кировской области / Под ред. Н.Н. Ведерникова, В.Я. Кучина. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1997, 176 с.

Сенаторов П.П., Власова Р.Г., Мурадымова В.М. Минерально-производственный комплекс Пензенской области / Под ред. Н.Н. Ведерникова, В.К. Будько. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2002а, 128 с.

Сенаторов П.П., Вяткина Л.Ю., Слободянская З.П. Минерально-производственный комплекс неметаллических полезных ископаемых Ульяновской области / Под ред. Н.Н. Ведерникова, С.И. Кравцова. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2002б, 156 с.

Сенаторов П.П., Власова Р.Г., Вяткина Л.Ю. Минерально-производственный комплекс неметаллических полезных ископаемых Нижегородской области / Под ред. Н.Н. Ведерникова, В.С. Дементьева. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2003, 160 с.

Унифицированные стратиграфические схемы нижнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы / Ред. С.А. Чирва. СПб., Изд-во Девон, 1993, 58 с.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Agterberg F.P., Bleeker W., Cooper R.A., Davydov V., Gibbard P., Hinnov L.A., House M.R., Lourens L., Luterbacher H.P., McArthur J., Melchin M.J., Robb L. J., Shergold J., Villeneuve M., Wardlaw B.R., Ali J., Brinkhuis H., Hilgen F.J., Hooker J., Howarth R. J., Knoll A.H., Laskar J., Monechi S., Plumb K.A., Powell J., Raffi I., Rohl U., Sadler P., Sanfilippo A., Schmitz B., Shackleton N.J., Shields G.A., Strauss H., Van Dam J., Van Kolfshoten T., Veizer J., Wilson D. A Geologic Time Scale. Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 589 p.

Haq B.U., Al-Qahtani A.M. Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform // *Geoarabia*, 2005, v. 10, № 2, p. 127—160.

Read J.F. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and ice-house worlds / Eds. Read J.F., C. Kerans, L.J. Weber // *Milankovitch sea level changes, cycles and reservoirs on carbonate platforms in greenhouse and ice-house worlds. Society for Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course Notes. 1995, № 35, p. 1—102.*

Read J.F. Phanerozoic carbonate ramps from greenhouse, transitional and ice-house worlds: clues from field and modelling studies / Eds. V.P. Wright, T.P. Burchette // *Carbonate ramps. Geological Society. London, Special Publication, 1998, № 149, p. 107—135.*

Sahagian D., Pinous O., Olfieriev A., Zakharov V., Beisel A. Eustatic curve for the Middle Jurassic through Cretaceous based on Russian Platform and Siberian stratigraphy: zonal resolution // *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 1996, № 80, p. 1433—1458.

Sharland P., Casey D.M., Davies R.B., Simmons M.B., Sutcliffe O.E. Arabian Plate sequence stratigraphy // *Geoarabia*, 2004, v. 9, № 1, p. 199—214.

*Рекомендована к печати 27 августа 2008 г.
А.В. Каньгиным*

*Поступила в редакцию
18 марта 2008 г.*