

СИКВЕНС-СТРАТИГРАФИЯ БЕРРИАС-НИЖНЕАПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.В. Ершов

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Рассмотрены особенности геологического строения и условия формирования нижнемелового клиноформного комплекса Западной Сибири с позиций сиквентной стратиграфии. Результаты исследований показали, что региональные клиноформы берриас—готерива являются сиквенсами 3-го порядка. Их формирование следует рассматривать с точки зрения модели сиквенсов Depositional Sequence III. Продуктивные пласты как мелководного, так и глубоководного, а также континентального генезиса в подавляющем большинстве случаев формировались в условиях регрессирующего бассейна и относятся к системным трактам высокого стояния уровня моря.

Нижний мел, сиквенс-стратиграфия, сиквенс, системный тракт, клиноформа, цикличность осадконакопления, Западно-Сибирский осадочный бассейн.

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF THE BERRIASSIAN–LOWER APTIAN DEPOSITS OF WEST SIBERIA

S.V. Ershov

The geologic structure and conditions of formation of a Lower Cretaceous clinoform complex in West Siberia are examined based on sequence stratigraphy. The regional Berriasian–Hauterivian clinoforms are interpreted as third-order sequences, and their formation should be considered in terms of the Depositional Sequence III model. Productive beds of both shallow and deep marine as well as continental genesis formed mostly in a regressive basin and belong to the highstand systems tracts.

Lower Cretaceous, sequence stratigraphy, sequence, systems tract, clinoform, cyclicity of sedimentation, West Siberian sedimentary basin

ВВЕДЕНИЕ

Изучение нефтегазоносных бассейнов в зависимости от поставленных задач требует применения комплекса геологических, геофизических и геохимических методов исследования осадочных толщ. При прогнозе перспектив нефтегазоносности, бассейновом моделировании, поисковом и разведочном бурении и прочих исследованиях неотъемлемой их составляющей является корреляция пластов и пачек. Наиболее распространенными методами, которые используются при корреляции, являются палеонтологический, литостратиграфический, сейсмостратиграфический методы и анализ каротажа скважин. При корреляции разрезов геологи часто применяют также циклостратиграфический метод, в том числе одну из его разновидностей — сиквенс-стратиграфический, получивший в последние десятилетия широкое распространение. Использование этого метода особенно эффективно при корреляции разнофациальных толщ, а также разрезов, удаленных друг от друга на большие расстояния.

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции одним из перспективных нефтегазоносных комплексов на поиски залежей углеводородов является берриас-нижнеаптский. Площадь его распространения превышает 3 млн км². Фациальные обстановки, в которых формировался этот комплекс, варьируют от континентальных до глубоководно-морских [Наумов, 1977; Карогодин и др., 1996; Бородкин и др., 2007; Конторович и др., 2014; и др.]. В этой ситуации применение сиквенс-стратиграфического подхода, наряду с традиционными методами исследования нефтегазоносных толщ, будет способствовать как созданию более точной региональной корреляционной основы берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири, так и повышению эффективности локального прогноза литологических ловушек, а также зон с улучшенными коллекторскими свойствами продуктивных и потенциально продуктивных пластов.

СИКВЕНС-СТРАТИГРАФИЯ КАК НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Сиквенс-стратиграфия — активно развивающееся в последние десятилетия направление науки. Своим появлением оно обязано сейсмостратиграфическим исследованиям, которые проводились в 1960—1970-х годах в нефтяной компании Exxon, а также учитывает и некоторые другие более ранние работы, в первую очередь, в области хроно- и циклостратиграфии. В публикациях приводятся разные определения этого научного направления [Vail, 1987; Van Wagoner et al., 1987; Posamentier et al., 1988; Galloway, 1989; Emery, Myers, 1996; Posamentier, Allen, 1999; Catuneanu, 2006; и др.], но в целом они сводятся к следующему: сиквенс-стратиграфия — это научная дисциплина, являющаяся одним из направлений стратиграфии и основанная на анализе характера седиментационной цикличности осадочных толщ и исследовании последовательностей генетически связанных слоев, ограниченных перерывами или их коррелятивными поверхностями, осадконакопление которых контролировалось изменением относительного уровня моря и темпами седиментации. Основателями сиквенс-стратиграфии считаются американские геологи П. Вейл [Vail et al., 1977], Р. Митчем [Mitchum et al., 1977], Д. Ван-Вагонер [Van Wagoner et al., 1987], Б. Хак [Haq et al., 1987], Г. Посаментьер [Posamentier et al., 1988; Posamentier, Vail, 1988]. Позднее концепция сиквенс-стратиграфии получила развитие в работах [Galloway, 1989; Embry, Johannessen, 1992; Catuneanu, 2002] и других исследователей.

Сиквенс-стратиграфический подход предполагает выделение в разрезе осадочного чехла комплексов пород (сиквенсов) разного ранга, отвечающих циклам колебаний относительного уровня моря, их составных частей (системных трактов), сформировавшихся на определенных этапах трансгрессии и регрессии, а также ряда важных стратиграфических границ (поверхностей), которые, в первую очередь, отвечают границам сиквенсов, максимумам регрессии и трансгрессии.

Терминологическая база сиквенс-стратиграфии изложена в многочисленных работах, однако, как следует из ее определения, основополагающим является понятие «сиквенс» (sequence), который означает генетически связанную последовательность слоев, ограниченную перерывами или их коррелятивными поверхностями [Mitchum et al., 1977]. Первоначально этот термин был введен Л. Слоссом и его соавторами еще в 1949 г. [Sloss et al., 1949] задолго до появления сиквенс-стратиграфии, но в современном понимании он имеет более узкое значение. Сиквенсы Л. Слосса соответствуют супер- и мегасиквенсам регионального масштаба, ограниченными субаэральными несогласиями.

Согласно иерархической модели осадочной толщи П. Вейла [Vail et al., 1991] по продолжительности формирования выделяются сиквенсы шести порядков: 1-й — более 50 млн лет, 2-й — 3—50 млн лет, 3-й — 0.50—3 млн лет, 4-й — 0.08—0.50 млн лет, 5-й — 0.03—0.08 млн лет, 6-й — 0.01—0.03 млн лет.

Сиквенсы 1-го и 2-го порядков называются соответственно мега- и суперсиквенсами. Их границы отражают важные изменения в тектоническом и седиментационном режимах всего бассейна и во многих случаях могут быть связаны с эрозионными поверхностями [Embry, 2009b]. Основными объектами при изучении нефтегазоносных бассейнов являются сиквенсы 3-го порядка. Чаще всего их природа объясняется результатом эвстатических и тектонических колебаний. Сиквенсы более мелкого порядка могут иметь различную природу, которая не связана с тектоникой.

Сиквенсы подразделяются на системные тракты (systems tracts), представляющие собой осадочные системы, сформировавшиеся на определенных этапах трансгрессии и регрессии. Типы системных трактов определяются положением в разрезе сиквенса, типом поверхностей, которые их ограничивают, а также геометрической структурой составляющих их элементов (geometric stacking pattern). Фактически это части сиквенсов, ограничиваемые значимыми сиквенс-стратиграфическими поверхностями (границы сиквенсов, границы максимумов регрессии и трансгрессии). Выделяются три главных системных тракта — тракт низкого стояния уровня моря (lowstand systems tract, LST), трансгрессивный системный тракт (transgressive systems tract, TST) и системный тракт высокого стояния уровня моря (highstand systems tract, HST). В случае быстрого падения уровня моря могут выделяться системные тракты форсированной регрессии (falling-stage systems tract, FSST). В аллювиальных отложениях, на формирование которых не влияли изменения положения береговой линии моря, в зависимости от степени изолированности осадков заполнения каналов меандрирующих русел, выделяются системные тракты низкой аккомодации (low-accommodation systems tract, LAST) и системные тракты высокой аккомодации (high-accommodation systems tract, HAST). Предполагается, что изолированность каналов может отражать региональное изменение аккомодации на шельфе или вариации объема осадочного материала, поступающего в область накопления аллювиальных отложений [Catuneanu et al., 2011].

В ранних публикациях специалисты выделяли также системные тракты шельфовых окраин (shelf-margin systems tract, SMST). Позднее, когда перестали делить границы сиквенсов на границы 1-го и 2-го типов, которые определялись по соотношению скоростей падения уровня моря и погружения фундамента осадочного бассейна, этот комплекс отложений стали относить к трактам низкого стояния. Некоторые из исследователей выделяли также системный тракт конденсированного разреза (condensed

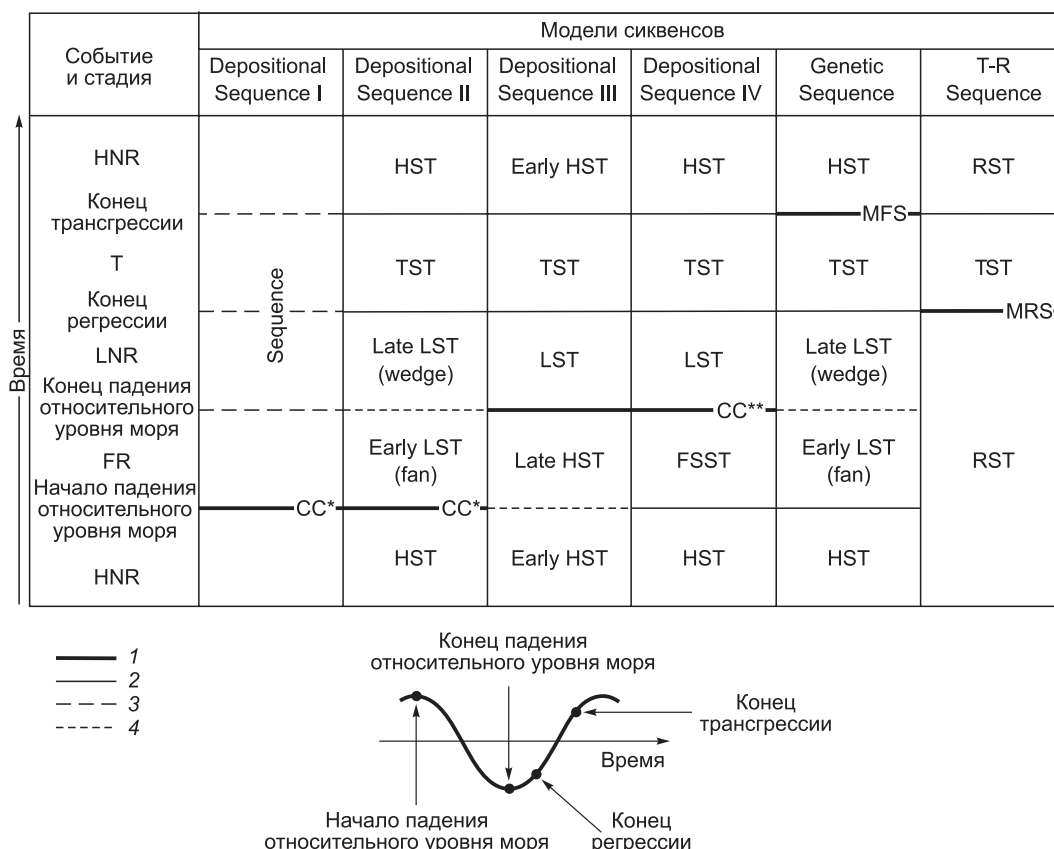


Рис. 1. Номенклатура системных трактов и временная приуроченность границ сиквенсов при использовании разных сиквенс-стратиграфических моделей, по [Catuneanu et al., 2011].

HNR — нормальная регрессия при высоком стоянии уровня моря; T — трансгрессия; LNR — нормальная регрессия при низком стоянии уровня моря; FR — форсированная регрессия; LST — системный тракт низкого стояния; TST — трансгрессивный системный тракт; HST — системный тракт высокого стояния; FSST — системный тракт форсированной регрессии; RST — регрессивный системный тракт; early — ранний; late — поздний; fan — конусы выноса; wedge — клиноформы; MFS — поверхность максимального затопления; MRS — поверхность максимальной регрессии; CC* — поверхность согласного залегания, по [Hunt, Tucker, 1992]; CC** — поверхность согласного залегания, по [Posamentier, Allen, 1999]. 1, 2 — границы: 1 — сиквенсов, 2 — системных трактов; 3, 4 — поверхности: 3 — внутри сиквенсов, 4 — внутри системных трактов.

section systems tract, CSST) [Carter, 1998], хотя такой разрез навряд ли можно назвать системным трактом, так как ограничивающие его поверхности испытывают существенное возрастное скольжение.

В настоящее время используются пять сиквенс-стратиграфических моделей, отражающих альтернативные подходы к изучению осадочных толщ [Catuneanu, 2002, 2006; Catuneanu et al., 2011]. К ним относятся модели Depositional Sequence II, Depositional Sequence III и Depositional Sequence IV, которые произошли от самой первой модели сиквенсов Depositional Sequence I, основанной на сейсмостратиграфических исследованиях Р. Митчема и его коллег [Mitchum et al., 1977], а также модели Genetic Sequence и T-R Sequence. Их отличие главным образом состоит в том, где проводить границу сиквенсов и какие системные тракты следует выделять на разных этапах изменения относительного уровня моря (рис. 1). Выбор модели в каждой конкретной ситуации обусловлен особенностями строения осадочной толщи.

Сиквенс-стратиграфия в настоящее время превратилась в один из важных инструментов по изучению седиментационных комплексов нефтегазоносных бассейнов. Метод обладает прогностическими свойствами и помогает выявить закономерности размещения геологических тел разного генезиса, восстановить историю формирования и развития бассейнов. Его можно применять не только при детальном стратиграфическом, но и литолого-фациальном, и палеогеографическом реконструкциях. Сиквенс-стратиграфия является именно рабочим инструментом для понимания строения осадочных комплексов, а не шаблоном [Posamentier, Allen, 1999]. В новых бассейнах могут проявляться новые факторы, в результате которых сиквенсы, выделяемые в разрезах осадочных толщ этих бассейнов, могут отличаться от сиквенсов, описанных родоначальниками сиквенс-стратиграфии.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НИЖНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Мел Западной Сибири сложен терригенными осадками. На севере Западно-Сибирской плиты его толщина достигает почти 4.5 км. Наиболее интересной не только в геологическом, но и в нефтегазоносном отношении является нижняя, берриас-барремская часть разреза, представленная клиновидными телами. Согласно общепризнанным представлениям, формирование нижнемеловых клиноформ происходило при боковом заполнении относительно глубоководного бассейна в результате лавинной седиментации. Существуют разные оценки палеоглубин раннемелового бассейна Западной Сибири. По данным различных исследователей, они достигали от 180—750 м в раннем берриасе, к концу формирования нефтематеринской баженовской свиты до 500—1000 м в валанжин—готериве [Сакс, 1972; Конторович, 1976; Булынная и др., 1978; Бочкарев, Федоров, 1985; Брадучан и др., 1986; Бородкин и др., 1998, 2007; Конторович и др., 2013, 2014; Ершов, 2016; и др.]. Существуют и крайние точки зрения, согласно которым как в поздней юре, так и в раннем мелу, существовали только мелководные обстановки, а косонаклонные отражающие границы объясняются интерференцией волн, несогласиями, напряжениями, возникающими при формировании трещинно-разрывных зон, тектоническими нарушениями и т. д. [Нестеров, 1992; Онищенко, 1994; Данков, 1995, 1996; Фомичев и др., 1998].

Концепция клиноформного строения нижнего мела Западной Сибири была предложена А.Л. Наумовым [1977] и позднее развита в работах М.М. Бинштока, В.Н. Бородкина, Г.Н. Гогоненкова, Ф.Г. Гурари, В.П. Игошкина, В.А. Казаненкова, Ю.Н. Карогодина, В.А. Конторовича, А.Р. Курчикова, О.М. Мкртчяна, А.А. Нежданова, И.И. Нестерова (мл.), Т.М. Онищука, Л.Я. Трушковой и других исследователей. Формирование клиноформ происходило циклически. В трансгрессивные фазы преимущественно формировались региональные глинистые пачки, в регрессивные — продуктивные песчаные горизонты. Выделяются два уровня локализации песчаных тел. Один уровень связан с мелководными и прибрежно-морскими покровными пластами, а также континентальными образованиями, второй — с песчано-алевритовыми линзами глубоководных конусов выноса, формировавшихся у подножия аккумулятивного склона. Основной причиной седиментационной цикличности нижнемелового разреза Западной Сибири считаются эвстатические колебания уровня моря, а цикличность тектонических и климатических процессов как в самом бассейне, так и в областях источников сноса имеет подчиненное значение [Гидион, 1988; Гогоненков и др., 1988; Павлова, Смирнов, 1993; Карогодина и др., 1996, 2000; Захаров и др., 1998; и др.]. Существуют и другие точки зрения. Ф.Г. Гурари [1994], например, считал, что влияние эвстатики невелико, а главной причиной пульсационного привноса осадочного материала были землетрясения и катастрофические тайфунные ливни. В.П. Игошкин и А.Е. Шлезингер [1990] пришли к выводу, что относительные колебания уровня моря в Западно-Сибирском бассейне были вызваны изостатическим погружением клиноформ при их формировании на фоне дифференцированного тектонического прогибания.

Цикличностью осадконакопления мезозойских отложений Западной Сибири занимались многие исследователи — А.Л. Бейзель, В.Н. Бородкин, Е.А. Гайдебурова, В.А. Казаненков, В.П. Казаринов, Ю.Н. Карогодина, М.А. Левчук, А.А. Нежданов, М.Я. Рудкевич, Г.Г. Шемин и другие. Особо следует отметить работы В.П. Казаринова и Ю.Н. Карогодина. В разрезе мезозойских отложений Западной Сибири В.П. Казариновым на основе фаз тектогенеза были выделены осадочные серии. Под осадочной серией он понимал «...сложную по составу толщу, отвечающую единому крупному седиментационному циклу, который начинается с момента поднятия горной страны и продолжается до каких-то конечных, обычно значительных степеней ее выветривания» [Казаринов, 1958, с. 289]. Границы серий были проведены так, что трансгрессивный максимум соответствовал концу серии, а регрессивные минимумы примерно ее середине [Гурова, Казаринов, 1962]. С позиции сиквентной стратиграфии проведение границ серий соответствует модели генетической сиквенс-стратиграфии (Genetic Sequence Stratigraphy) В. Галлоуэя [Galloway, 1989]. Берриас-барремская часть разреза, с точки зрения В.П. Казаринова, является составной частью осадочной серии позднеюрско-барремского возраста, которая, как будет показано ниже, объединяет в себе несколько суперсиквенсов.

В России с конца 1970-х годов научное направление, очень близкое к сиквенс-стратиграфии и названное литмологией, развивается Ю.Н. Карогодиным [1980, 1990, 2006]. Основным объектом ее исследований являются породно-слоевые ассоциации, представляющие собой тела седиментационных циклов (циклиты). Природа циклитов может быть различна — тектоническая, эвстатическая, климатическая и т. п. Так же, как и сиквенсы, циклиты ограничены в кровле и подошве несогласиями или их коррелятивными поверхностями [Карогодина и др., 1996]. В составе циклитов выделяются две части — трансгрессивная и регрессивная. В этом смысле модель циклитов Ю.Н. Карогодина близка к модели сиквенсов трансгрессивно-регрессивной сиквенс-стратиграфии (T-R Sequence Stratigraphy) А. Эмбри и Э. Йоханнессена [Embry, Johannessen, 1992; Embry, 2002]. В соответствии с принятой в литмологии иерархией осадочных тел [Карогодина, 1985] клиноформы нижнего мела относятся к циклитам субрегионального уровня.

Специалистами по-разному проводятся границы нижнемеловых клиноформ Западной Сибири. Одни выделяют клиноформы от подошвы до подошвы региональных глинистых пачек [Нежданов, 1988; Славкин и др., 1994; Карогодин и др., 1996, 2000; Ухлова и др., 2004; Ершов, 2017], другие — от кровли до кровли [Игошкин, 2001; Берилко и др., 2003; Найденов, Рысев, 2003; Курчиков и др., 2010] и т. д., поэтому не всегда выделяемые геологами клиноформы в объеме будут совпадать с сиквенсами. Таким образом, применительно к нижнемеловым отложениям Западной Сибири термин «клиноформа» является термином свободного пользования и обозначает осадочное тело клиновидной формы с выраженными первичными наклонами слоев, сформировавшееся в условиях бокового заполнения некомпенсированного бассейна. В 2000 г. этот термин был введен в стратиграфический кодекс России в разделе, посвященном сиквенс-стратиграфическим подразделениям, как термин свободного пользования для клиновидных седиментационных тел [Дополнения..., 2000]. Позднее он был переведен в ранг вспомогательного специального морфолитостратиграфического подразделения [Стратиграфический кодекс..., 2006]. Следует заметить, когда Дж. Рич [Rich, 1951] ввел термин «клиноформа», он обозначал не геологическое тело, а косонаклонную поверхность континентального склона или передовых слоев дельты. Для обозначения геологических тел, которые сформировались в обстановках мелководья (зоны деятельности морских волн), склона и ложа бассейна он использовал термины «ундатема», «клинотема» и «фондотема».

МЕГА- И СУПЕРСИКВЕНСЫ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сиквенс-стратиграфические исследования в России получили широкое распространение. Они активно используются в нефтегазовых компаниях. Состоялся ряд научных совещаний, посвященных этой проблеме. Основы сиквенс-стратиграфии, ее методические приемы и роль в изучении осадочных чехлов освещены в работах Р.Р. Габдуллина, Ю.Н. Карогодина, Л.С. Маргулиса, С.В. Парначева, А.Е. Шлезингера. Исследования, посвященные отдельным стратиграфическим интервалам от венда до кайнозоя разных осадочных бассейнов России, были выполнены В.Е. Васильевым, А.В. Дроновым, С.О. Зориной, А.В. Каюковой, Л.С. Маргулисом, Ю.К. Советовым, Н.В. Танинской, А.Н. Филимоновым и другими. Вопросы сиквенс-стратиграфии юры, мела и палеогена Западной Сибири освещались в работах С.В. Ершова, Ю.Н. Карогодина, А.Л. Медведева, О.В. Пинуса, Е.А. Потаповой, И.В. Рычковой, Б.Н. Шурыгина, П.А. Яна. Первая версия сиквенс-стратиграфической модели нижнего мела Западной Сибири, предлагаемая в этой статье, была опубликована автором в 2001 г. [Ершов и др., 2001]. В то время наряду с другими системными трактами выделялись системные тракты шельфовых окраин. Позднее этот комплекс отложений стали относить к системным трактам низкого стояния. Отличительной особенностью этой модели было то, что тела глубоководных конусов выноса берриас-нижнеаптского комплекса Западной Сибири связывались главным образом с трактами высокого, а не низкого стояния уровня моря.

При построении сиквенс-стратиграфической модели берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири первоочередной задачей является определение места региональных клиноформ в иерархической структуре сиквенсов юры и мела. Природа сиквенсов 1-го порядка (мегасиквенсов), как правило, тектоническая, поэтому в разных седиментационных бассейнах мира, вследствие возможных разнонаправленных тектонических движений, их границы могут не совпадать. Границы мегасиквенсов нередко связаны с крупными перерывами и выделяются по угловым несогласиям. В мезозойских отложениях Западной Сибири один из крупных стратиграфических перерывов отмечается на рубеже триаса и юры [Zorina et al., 2008]. В юрско-меловом разрезе внутри бассейна крупные перерывы отсутствуют. Они незначительны и проявляются большей частью на периферии бассейна и в сводовых частях некоторых палеоструктур [Решение..., 2004; Постановление..., 2006].

Толщина юрско-мелового комплекса, время формирования которого порядка 135 млн лет, в Западно-Сибирском бассейне достигает 6 км. Анализируя изменение площадей палеогеографических зон в юрско-меловое время [Конторович и др., 2013, 2014], распространение песчаных, глинистых и кремнистых фаций [Казаринов и др., 1969], положение в разрезе и стратиграфический объем выявленных перерывов, можно утверждать, что в разрезе юры и мела Западной Сибири выделяются два мегасиквенса (рис. 2). Нижний мегасиквенс продолжительностью 76—83 млн лет включает в себя верхи триаса, юру и берриас—баррем нижнего мела. Положение нижней границы сиквенса, которое проведено в основании рэтского яруса триаса, условное. Для более точного определения границы требуются дополнительные исследования пограничных отложений юры и триаса. Верхний мегасиквенс, длительность которого 60 млн лет, охватывает апт—альб нижнего мела, верхний мел и низы датского яруса палеогена. В основании первого и кровле второго мегасиквенсов выделяются крупные стратиграфические перерывы. Преаптский перерыв, разделяющий эти мегасиквенсы и отраженный в стратиграфической схеме берриас-аптских отложений Западной Сибири [Постановление..., 2006], один из немногих, который фиксируется в разрезе мела во внутренних районах бассейна, в частности, в пределах Нижневартовского

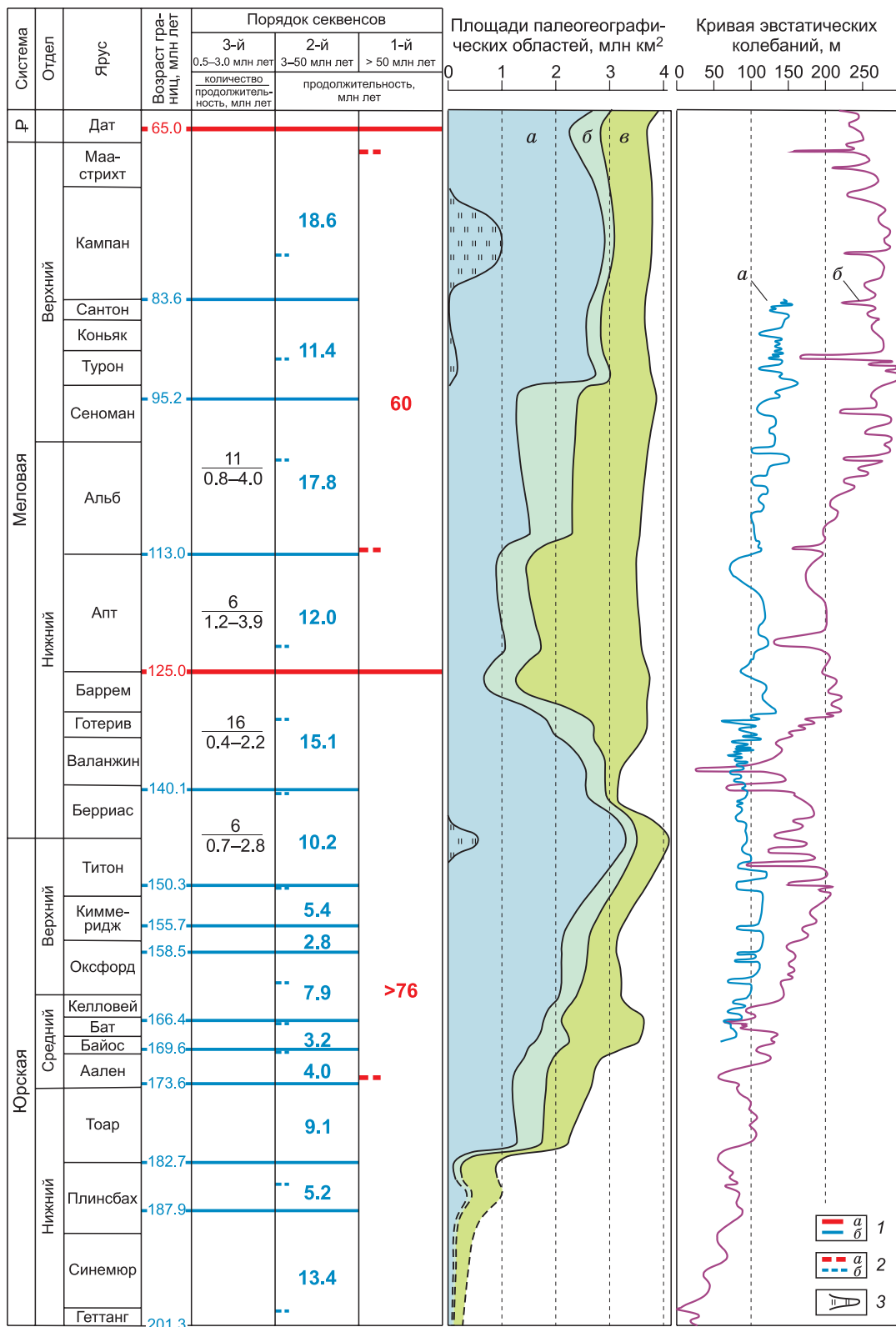


Рис. 2. Стратиграфическая приуроченность границ и продолжительность формирования сиквенсов в разрезе юры и мела Западной Сибири.

1, 2 — границы сиквенсов 1-го (а) и 2-го (б) порядков: 1 — авторский вариант, 2 — по [Наq et al., 1988]; 3 — области распространения кремнистых осадков, по [Казаринов и др., 1969]. Палеогеографические области, по [Конторович и др., 2013, 2014]: а — морского осадконакопления, б — переходного осадконакопления, в — континентального осадконакопления и внутренних водоемов; эвстатические кривые: а — по [Sahagian et al., 1996; Pinous et al., 1999, 2001] с уточнениями; б — по [Наq et al., 1988].

и Александровского сводов. На рубеже баррема и апта континентальные обстановки занимали максимальную площадь, а морские — минимальную. Косвенным подтверждением того, что в разрезе юрско-меловых отложений выделяются два мегасиквенса, является также наличие двух интервалов (титон-берриасского и турон-кампанского), в которых получили широкое распространение глинистые осадки, обогащенные кремнеземом (см. рис. 2). В мезозойском комплексе Западной Сибири они формировались в относительно глубоководных обстановках при дефиците поступающего с суши обломочного материала.

Сиквенсы 2-го порядка (суперсиквенсы) в отличие от 1-го в разрезе юры и мела Западной Сибири в подавляющем большинстве случаев выделяются более определенно. Наименее проблемными интервалами являются нижняя и средняя юра, апт—альб нижнего мела, а также верхний мел, в разрезе которых наблюдается чередование преимущественно глинистых и преимущественно алевролитопесчаных толщ, что подчеркивает цикличность юрско-меловых отложений. В этих частях разреза автором выделено девять суперсиквенсов (см. рис. 2). В 1987 г. А.А. Неждановым с соавторами [1990] было отмечено девять региональных циклитов, которые по своему стратиграфическому объему совпадают с вышеуказанными сиквенсами. В меловой части разреза аналогичные региональные циклиты были выделены и Ю.Н. Карогодиным [2006].

Наиболее дискуссионными, с точки зрения выделения суперсиквенсов, являются верхняя юра и берриас—баррем. В их разрезе цикличность крупного порядка выражена не очень ярко, на что есть свои причины. Во-первых, корректному проведению анализа седиментационной цикличности во внутренних частях бассейна препятствует наличие интервала некомпенсированного осадконакопления, продолжительность которого в некоторых районах могла превышать 30 млн лет. Во-вторых, смена периодов с различной скоростью осадконакопления от крайне низкой до имеющей характер лавинной седиментации. Следствием этих причин является то, что суперсиквенсы в разрезах скважин могут иметь толщины, отличающиеся друг от друга на 2–3 порядка. Эта ситуация отразилась и на многообразии точек зрения при анализе цикличности верхнеюрско-нижнемелового разреза. Ю.Н. Карогодиным и Е.А. Гайдебуровой [1985] в верхней юре и берриасе было выделено два регоциклита, один в объеме васюганской свиты (васюганский), второй в объеме георгиевской, баженовской свит и ачимовской пачки нижнего мела, названный баженовским. Позднее Ю.Н. Карогодиным положения границ циклитов были уточнены, а верхний (баженовский) разбит на два — георгиевско-сиговский и яновстанский примерно в объемах соответственно нижнесиговской подсвиты и яновстанской свиты [Эпов и др., 2014]. А.А. Неждановым и его коллегами [1990] в разрезе верхней юры были выделены тоже три региональных циклита — васюганский и георгиевский в объеме одноименных свит и их возрастных аналогов, а также яновстанский в объеме баженовского горизонта. Яновстанский циклит и берриас-барремский комплекс осадков они объединили в один суперциклит. В.В. Харахиновым [2013] в этом интервале выделяются точинско-сиговский, яновстанский и берриас-готеривский суперсиквенсы.

Для того, чтобы выделить сиквенсы 2-го порядка в таких проблемных и дискуссионных интервалах как верхняя юра и берриас—баррем, необходимо изучение разрезов в областях, в которых весь комплекс этих отложений сформировался в мелководно-морских условиях при компенсированном осадконакоплении. К ним относятся области морской седиментации вдоль границ с бассейном и в первую очередь прилегающие к границе с Сибирской платформой и Алтае-Саянской складчатой областью. Урал в позднеюрско-раннемеловое время представлял собой узкую полосу суши между Западно-Сибирским и Восточно-Европейским морями с выровненным слаборасчлененным рельефом. Снос обломочного материала в Западно-Сибирский бассейн с Урала по сравнению с восточными и юго-восточными источниками сноса был незначительным, в результате чего осевая зона встречных клиноформ оказалась прижатой к Уралу, что обусловило асимметрию строения нижнемелового клиноформного комплекса [Карогодин и др., 2000].

Региональная корреляция верхней юры и берриас—баррема в областях компенсированного осадконакопления и анализ их разрезов позволили выделить в этом интервале пять суперсиквенсов (см. рис. 2) продолжительностью от 2.8 до 15.1 млн лет — келловей-оксфордский (васюганский горизонт), оксфорд-киммериджский (нижняя часть георгиевского горизонта в объеме верхнесиговской подсвиты), киммеридж-титонский (верхняя часть георгиевского горизонта), титон-берриасский (баженовский горизонт и низы куломзинского) и берриас-барремский. В представленных выше вариантах расчленения разреза выделяемые разными исследователями региональные циклиты и суперсиквенсы в большинстве случаев являются объединениями, в разных комбинациях, перечисленных пяти сиквенсов (в зависимости от района исследования). При таком варианте выделения суперсиквенсов наиболее дискуссионными являются два момента. Во-первых, спорным является проведение границы между титон-берриасским и берриас-барремским сиквенсами. Чаще всего исследователями эта граница проводится в кровле баженовского горизонта. Однако самый нижний песчаный пласт, залегающий в основании нижнехетской свиты берриас-нижеаптского комплекса и имеющий берриасский возраст, в полных разрезах имеет ярко выраженный регрессивный характер и только в его кровле меняется на трансгрессивный.

Поэтому автором граница проводится выше кровли баженовского горизонта в верхах берриаса. В приграничных районах Западно-Сибирской плиты и на ряде палеоструктур во внутренних районах бассейна на рубеже юры и мела фиксируется перерыв [Конторович и др., 2013; Исаев и др., 2015; Маринов и др., 2015; Шестакова, Ершов, 2016], что подтверждает правомерность проведения на этом уровне границы между сиквенсами 2-го порядка.

Вторым дискуссионным моментом является выделение единого берриас-барремского сиквенса продолжительностью более 15 млн лет. В его разрезе выделяются от пятнадцати до двадцати региональных клиноформ. Как будет показано ниже, в большинстве случаев они связываются с сиквенсами 3-го порядка. Региональные глинистые пачки, которые подчеркивают цикличность берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири и отражены в стратиграфической схеме [Постановление..., 2006], имеют разную выраженность в разрезе. Некоторые исследователи объединяют по несколько клиноформ в региональные (клино)циклиты [Карогодин, Нежданов, 1988; Карогодин и др., 1996] или субрегоциклиты [Нежданов и др., 1990]. По длительности времени формирования их можно сравнивать с суперсиквенсами. Однако выраженность пачек в пределах бассейна, площадь которого в меловой период превышала 3 млн км² (см. рис. 2), от района к району меняется и любое группирование клиноформ в целом для бассейна неоднозначно. Поэтому автором в рамках предлагаемой модели берриас-барремский суперсиквенс выделен как неделимый.

СИКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НИЖНЕМЕЛОВОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА

По данным разных исследователей, в разрезе берриас—баррема, как отмечалось ранее, выделяются от пятнадцати до двадцати региональных клиноформ. Время их формирования оценивается примерно в 1.0—1.5 млн лет [Шпильман и др., 1993; Гурари, 1994; Ершов и др., 2001]. Если считать клиноформы меньшего порядка, то А.А. Неждановым [1988] выделяются двадцать девять зональных сейсмокомплексов, а Н.Я. Куниным и И.Е. Сегаловичем [1993] в клиноформном комплексе Тазовско-Нижнеенисейского междуречья тридцать пять. Средняя продолжительность формирования выделенных Н.Я. Куниным и И.Е. Сегаловичем клиноформ (ланарклинов) составляет 0.67 млн лет для берриас—готерива и 0.33 млн лет для баррема.

Автором в разрезе берриас—баррема выделяются 20 сиквенсов, длительность накопления которых составила от 0.4 до 2.2 млн лет, т. е. они являются сиквенсами 3-го порядка. Четыре из них относятся к титон-берриасскому суперсиквенсу, остальные шестнадцать — к берриас-барремскому. Берриас-готеривские сиквенсы отождествляются с региональными клиноформами нижнего мела, а два барремских, общее время формирования которых примерно 4.4 млн лет, из-за их малой толщины обычно исследователями объединяются в одну региональную клиноформу.

Несмотря на обилие публикаций, в которых при изучении осадочного чехла Западной Сибири геологами используется сиквенс-стратиграфическая терминология, сведений о конкретном строении нижнемеловых сиквенсов с выделением системных трактов и значимых границ крайне мало. Строение берриас-нижнеаптского комплекса в целом с этих позиций было описано О.В. Пинусом с соавторами [Pinous et al., 2001]. Из исследований по локальным районам можно отметить работу Е.А. Потаповой [2015], в которой сиквенс-стратиграфический подход был привлечен для уточнения корреляции клиноформных пластов в пределах Среднемесояхского мезовала. В первом случае авторы большую часть косослоистого разреза нижнего мела, в том числе и ачимовскую толщу, которая имеет линзообразное строение и, по мнению большинства исследователей, представляет собой отложения глубоководных конусов выноса, отнесли к трактам низкого стояния (LST). Е.А. Потапова отложения фэнов относит к системному тракту форсированной регрессии (FSST), а к LST — верхнюю часть клинотемы с непосредственно перекрывающим ее мелководным пластом. В обоих случаях выделение системных трактов, предложенное авторами, не обосновывается и вызывает ряд вопросов.

При построении сиквенс-стратиграфической модели нижнемелового клиноформного комплекса Западной Сибири один из главных вопросов, на который необходимо найти ответ, — к каким системным трактам относятся ачимовские отложения. В мировой литературе в подавляющем количестве публикаций подводные конусы выноса так же, как и осадки заполнения русловых врезов, относят к трактам низкого стояния. А. Эмбри [Embry, 2009a] назвал этот системный тракт самым проблемным, поскольку специалисты вкладывают в него разный смысл и выделяют по-разному. Фациальная и палеогеографическая природа осадков сами по себе не означают принадлежность к тому или иному системному тракту. Определяющим является тип значимых сиквенс-стратиграфических поверхностей, которые ограничивают комплекс пород, геометрическая структура составляющих системный тракт элементов, а также их взаимоотношение со значимыми поверхностями. В каждом из бассейнов могут быть свои тектонические, палеогеоморфологические, седиментационные и прочие особенности. Все это делает возможным

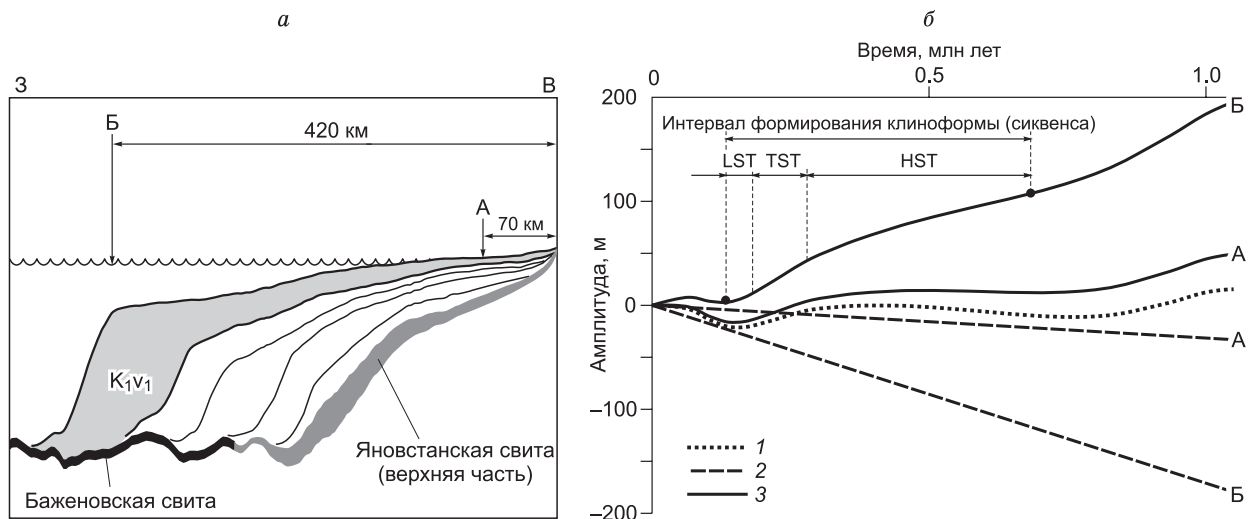


Рис. 3. Схематичный палеофиль (а), кривые эвстатических колебаний (1), погружения фундамента осадочного бассейна (2), изменений относительного уровня моря (3) во время формирования нижневаланжинской клиноформы Западной Сибири (б).

Описание см. в тексте.

многообразие разновидностей сиквенсов в рамках уже существующих моделей Depositional Sequence II, Depositional Sequence III и Depositional Sequence IV.

Особенностью условий накопления сиквенсов берриас—баррема в Западной Сибири, в отличие от описанных родоначальниками сиквенс-стратиграфии, являлись высокая скорость тектонического погружения фундамента осадочного бассейна, низменный, пологий рельеф прибрежной и аккумулятивной равнин, площадь которых в готериве достигала почти 1 млн км² [Конторович и др., 2014], а также большие объемы поставки в бассейн терригенного материала с высокой долей обломочной составляющей.

Рассмотрим изменения относительного уровня моря во время накопления одной из нижневаланжинских клиноформ Западной Сибири, депоцентры которой формировались в центральных районах бассейна (рис. 3, а). Под относительным уровнем моря понимается уровень моря относительно некоторой условной опорной поверхности, ассоциируемой с фундаментом бассейна, ниже которой не наблюдаются процессы уплотнения. Таким образом, изменения относительного уровня моря являются результатом эвстатических колебаний уровня моря и тектонических движений фундамента бассейна. Иногда это понятие путают с термином «глубина бассейна», которое кроме эвстатии и тектоники учитывает еще величину накопившихся осадков. Если величина изменения уровня Мирового океана в целом для Западно-Сибирского эпиконтинентального морского бассейна была одинакова, то тектонические движения в разных районах бассейна могли отличаться, а, соответственно, кривая изменения относительного уровня моря для этих районов тоже может быть разной. На рис. 3, б показаны кривые эвстатических колебаний уровня Мирового океана, погружения фундамента осадочного бассейна и изменений относительного уровня моря для двух условных точек наблюдения. Одна точка (А) находится на периферии бассейна (Медвежья площадь, Красноярский край), вторая (Б) — в центральной его части (Уренгойская площадь, ЯНАО). Для небольшого промежутка времени скорость тектонического погружения условно показана постоянной, а кривая эвстатических колебаний уровня моря как асимметричная. Как будет показано ниже, основной объем осадков клиноформного комплекса накопился на этапе формирования системного тракта высокого стояния. Следовательно, при условии, что скорость поступления осадочного материала была примерно постоянной, этот этап по сравнению с другими этапами формирования сиквенса был самым длительным.

Как следует из анализа графиков, колебания уровня Мирового океана и погружение Западно-Сибирского бассейна на его периферии имели соизмеримые величины. В моменты, когда падение уровня моря происходило быстрее погружения, периферийные районы оказывались в областях размыва. Внутренние области бассейна характеризовались более интенсивным тектоническим прогибанием. Кроме того, при накоплении клиноформ нельзя не учитывать фактор изостазии. Как показали исследования, к моменту завершения формирования депоцентров клиноформ в их пределах формировались положительные изостатические аномалии. Это послужило причиной того, что общая скорость погружения фун-

дамента бассейна в районах депоцентров в момент формирования покровных пластов, перекрывающих косослоистую толщу, превышала тектоническую в 2—4 раза [Ершов, 2016].

В этой связи, бровки клиноформ, которые территориально располагаются в пределах депоцентров, в большинстве случаев испытывали более интенсивное погружение, чем падение уровня моря. В тех случаях, когда скорость падения уровня Мирового океана во внутренних районах бассейна в короткие промежутки времени все же превышала скорость погружения фундамента, падение относительного уровня моря было столь незначительно, что приводило лишь к небольшому уменьшению палеоглубин. В любом случае уровень моря не опускался ниже бровок клиноформ. Это подтверждается также развитием в районах перехода покровных пластов в склоновые фации исключительно морских обстановок. Поскольку модели сиквенсов Depositional Sequence II и Depositional Sequence IV предполагают накопление осадков в условиях падения уровня моря ниже бровок, то накопление нижнемеловых клиноформ Западной Сибири можно описать, пользуясь моделью Depositional Sequence III. В качестве альтернативных сиквенс-стратиграфических моделей могут рассматриваться только модели Genetic Sequence и T-R Sequence.

При описании формирования сиквенсов принципиальным является значение терминов «трансгрессия» и «регрессия». Под трансгрессией и регрессией понимается миграция береговой линии и прибрежных фаций соответственно в направлении суши или в направлении моря. Направление движения зависит от соотношения скоростей образования аккомодации (пространства доступного для осадконакопления) и седиментации. Если объем вновь образуемого аккомодационного пространства, которое является функцией эвстатики и тектоники, превышает объем поступающего осадочного материала, будет наблюдаться трансгрессия, в противном случае регрессия.

Рассмотрим поэтапное формирование региональных нижнемеловых клиноформ в Западно-Сибирском осадочном бассейне с позиций сиквентной стратиграфии. Как отмечалось выше, в большинстве случаев они являются сиквенсами 3-го порядка. Согласно модели Depositional Sequence III, границами сиквенса являются поверхности перерыва и коррелятивные им согласные поверхности, которые образовались при максимальном падении относительного уровня моря (см. рис. 1). В районах, где скорость прогибания фундамента бассейна превышала скорость падения уровня Мирового океана, эта поверхность будет связана не с отрицательным экстремумом кривой изменения относительного уровня моря, а с наиболее пологим ее участком (см. рис. 3, б). В это время отмечается минимальная скорость образования аккомодации и максимальная площадь распространения областей переходного и континентального осадконакопления.

В основании сиквенса залегает **системный тракт низкого стояния уровня моря (LST)**. Согласно модели Depositional Sequence III, он ограничен снизу границей сиквенса (субаэральной поверхностью перерыва или коррелятивной ей согласной поверхностью), а сверху — поверхностью максимальной регрессии (MRS) (рис. 4, а). Последнюю часто называют также трансгрессивной поверхностью. Формирование LST происходило в самом начале подъема относительного уровня моря. На этом этапе объемы поступающего осадочного материала еще превышали объемы образующегося аккомодационного пространства. В этой связи, несмотря на повышение относительного уровня моря, осадконакопление носило регрессивный характер. Однако скорость проградации со временем падала, а агградационная компонента увеличивалась. В бассейнах с высокими темпами погружения время формирования этого системного тракта по отношению к времени формирования всего сиквенса очень мало. Применительно к региональным клиноформам нижнего мела Западной Сибири это предположительно первые десятки тысяч лет. Основные зоны накопления песчаного материала в это время располагались в сопредельной к востоку с бровкой клиноформ области мелководья. Незначительное количество обломочного материала отлагалось в виде подводных конусов выноса в относительно глубоководной части бассейна. В окраинных районах бассейна, которые в моменты регрессии представляли собой сушу, могли формироваться врезанные речные долины. Размыву подвергались ранее отложенные осадки. Так как предполагаемый рельеф был низменным и пологим, глубина вреза была незначительной — до 20—30 м и уменьшалась в направлении внутренних районов бассейна.

Наиболее ярко системный тракт низкого стояния выделяется в зонах, находящихся на продолжении крупных питающих каналов, по которым происходил сброс больших объемов осадочного материала в глубоководную область бассейна. Его толщина может достигать 100 м. В таких зонах LST выделяется как в результате анализа сейсмических профилей, так и по данным ГИС. Однако нередко толщины этого системного тракта в разрезе нижнемеловых клиноформ составляют первые десятки метров и его выделение проблематично. Ситуацию усугубляет то обстоятельство, что если на этом этапе формирования сиквенса в основных зонах разгрузки осадочного материала наблюдалась регрессия, то между ними могли находиться зоны с низкими скоростями седиментации или более интенсивным прогибанием фундамента бассейна. В случае если скорость образования аккомодации превышала скорость поступления осадка, это могло привести в пределах таких зон к началу трансгрессии. Таким образом, граница между

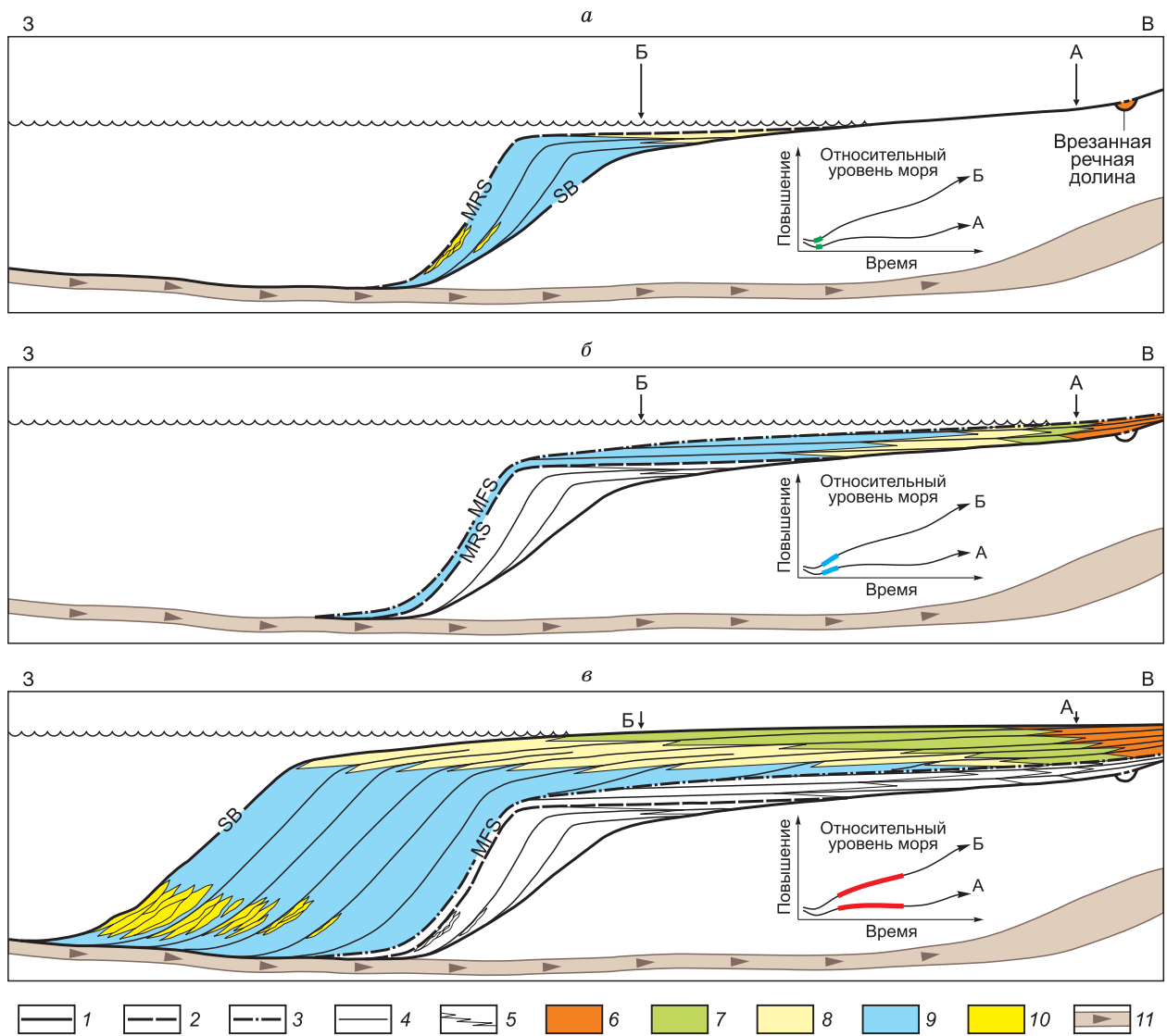


Рис. 4. Схема формирования циклов 3-го порядка в нижнемеловом клиноформном комплексе Западной Сибири.

a — системный тракт низкого стояния (LST), *б* — трансгрессивный системный тракт (TST), *в* — системный тракт высокого стояния (HST). 1 — границы циклов (SB), 2 — поверхность максимальной регрессии (MRS); 3 — поверхность максимального затопления (MFS), 4 — коррелятивные уровни в разрезе циклов, 5 — границы литофаций; 6–10 — литофации: 6 — аллювиальные, 7 — прибрежно-морских равнин, 8 — мелководноморские, преимущественно песчаные, 9 — морские преимущественно глинистые, 10 — глубоководных конусов выноса; 11 — баженовский горизонт (баженовская свита и ее возрастные аналоги).

трактом низкого стояния и вышележащим трансгрессивным системным трактом не всегда четкая и однозначная как при выделении ее в разрезе, так и при прослеживании по латерали. То, что границы системных трактов, связанных с поверхностями максимальной регрессии и максимального затопления, являются потенциально диахронными, было отмечено О. Катуняну и его коллегами [Catuneanu et al., 1998].

Системный тракт низкого стояния уровня моря перекрывается **трансгрессивным системным трактом (TST)**, который ограничен снизу поверхностью максимальной регрессии, сверху — поверхностью максимального затопления (MFS) (см. рис. 4, *б*). Формирование системного тракта начиналось, когда при повышении относительного уровня моря скорость образования аккомодационного пространства становилась выше скорости поступления осадочного материала, что приводило к ретроградации береговых фаций. Вследствие низменного, полого рельефа раннемелового ландшафта Западной Сибири скорость трансгрессии была высокой. Области накопления глинистых фаций в относительно короткий

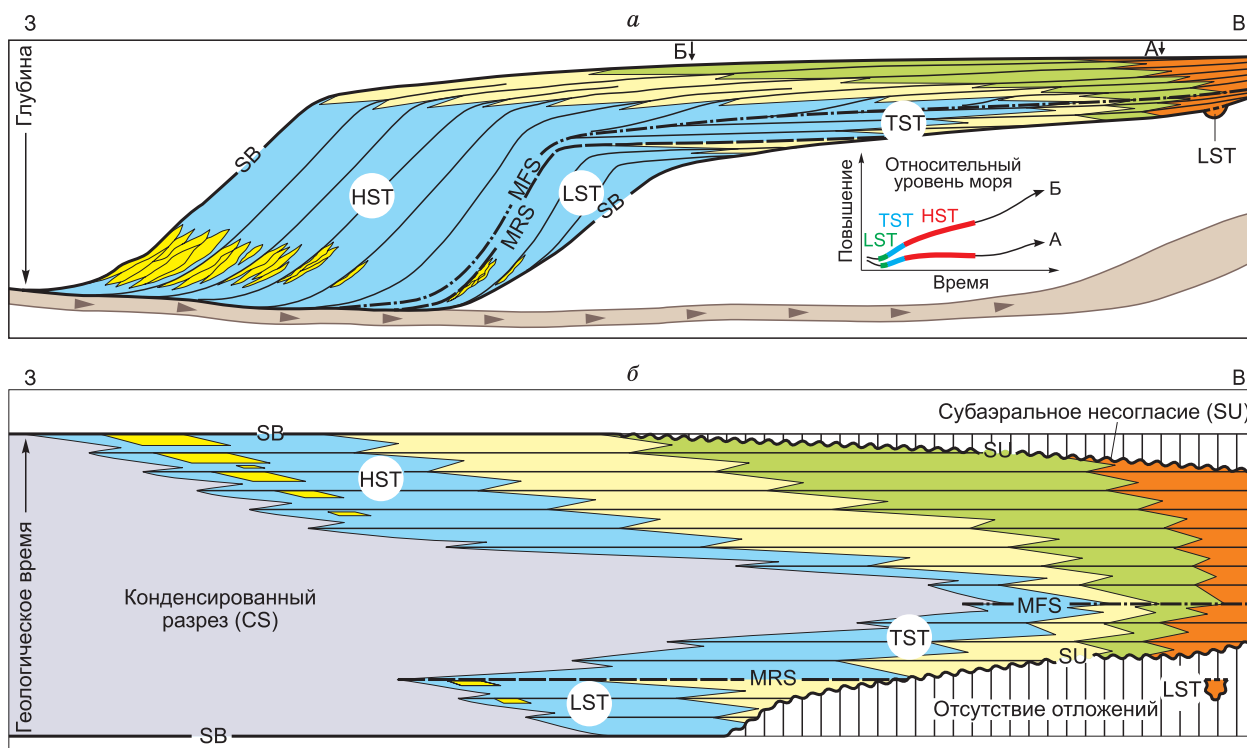


Рис. 5. Палеоструктурный (а) и хроностратиграфический (б) разрезы сиквенса 3-го порядка нижнемелового клиноформного комплекса Западной Сибири.

Усл. обозн. см. на рис. 4.

период расширялись в направлении границ бассейна. В центральных его районах при крайне низкой скорости седиментации формировались глинистые конденсированные разрезы (рис. 5).

На периферии бассейна в области распространения аллювиальных фаций продолжалось развитие русловых систем. На их формирование оказывали влияние изменения относительного уровня моря. Вследствие повышения во время трансгрессии базиса эрозии, уменьшения его высоты и потери энергии речных потоков изолированность русловых каналов меандрирующих рек по сравнению с этапом образования системного тракта низкого стояния увеличивалась [Catuneanu, 2006].

Этап накопления трансгрессивного системного тракта связывается с началом формирования региональных глинистых пачек, которые являются не только флюидоупорами региональных резервуаров берриас-нижнеаптского нефтегазоносного комплекса, но и хорошими геологическими и геофизическими реперами. К пластам тонкоотмученных глин, сформировавшихся при максимуме трансгрессии, приурочены наиболее яркие в разрезе берриас—нижнего апта сейсмические отражающие горизонты.

Разрез сиквенса завершается **системным трактом высокого стояния уровня моря (HST)**. Снизу системный тракт ограничен поверхностью максимального затопления, сверху границей сиквенса, т. е. субаэральной поверхностью перерыва или коррелятивной ей согласной поверхностью (см. рис. 4, в). Формирование тракта высокого стояния начиналось при замедлении подъема относительного уровня моря, когда скорость образования аккомодационного пространства становилась меньше скорости поступления осадочного материала. Осадконакопление вновь переходило в регрессивную стадию. Регрессия, при которой формировался HST, по своему типу относится к нормальным. Как отмечалось выше, уровень моря при накоплении нижнемеловых клиноформ никогда не опускался ниже их бровок, что исключает форсированный тип регрессии. Во внутренних районах бассейна при интенсивном прогибании фундамента, даже при понижении уровня Мирового океана, его относительный уровень (относительно фундамента Западно-Сибирского бассейна) продолжал повышаться (см. рис. 4, в, кривая относительного уровня моря Б), хотя и не столь быстрыми темпами, как в трансгрессивную фазу.

На первом этапе проградация осадков происходила в пределах мелководной части бассейна, что нашло отражение в микроклиноформном строении продуктивных пластов берриас—нижнего апта. При детальном анализе сейсмических профилей к отражающим горизонтам, приуроченным к региональным глинистым пачкам, сформировавшимся в трансгрессивную фазу, фиксируется подклинивание отражаю-

щих горизонтов, связанных с более молодыми пластами в разрезе клиноформы, по принципу подошвенного прилегания (downlap).

С некоторого момента часть глинистых и алевритовых осадков начинала поступать в глубоководную область бассейна, наращивая тем самым в ее пределах проградационный комплекс в виде клиновидных тел толщиной уже до нескольких сот метров. На последнем этапе формирования тракта высокогорного стояния при быстрой проградации береговых фаций происходило сокращение расстояния между береговой линией и бровкой клиноформ, в результате чего в область аккумулятивного склона наряду с глинисто-алевритовым материалом стал поступать и песчаный. Часть его осаждалась в пределах склона в виде шлейфов, часть в виде турбидитовых и мутьевых потоков поступала к его основанию, образуя конуса выноса. Объемы песчаного материала, поступающие в глубоководную часть бассейна, к концу этапа возрастали. Самые крупные конусы выноса образовывались, как правило, при максимальном падении относительного уровня моря, а в районах, где падения как такового не наблюдалось, при замедлении скорости его повышения, когда расстояние между береговой линией и бровкой клиноформы было минимальным. Все глубоководные песчаные пласты, которые в стратиграфическом отношении объединены в разновозрастную ачимовскую толщу, имеют свои мелководные возрастные аналоги, хотя данное утверждение поддерживается не всеми исследователями. Например, В.П. Игошкин и А.Е. Шлезингер [1990] считают, что подводные конусы выноса в основном таких аналогов не имеют.

Средняя скорость проградации нижнемеловых клиноформ со стороны Сибирской платформы и Алтая в направлениях Урала и Карского моря составляла 30–50 км/млн лет, достигая на территории Гыдана, Ямала и некоторых районов Северного Приобья своего максимума 100–120 км/млн лет [Ершов, 2016]. В результате тектонических, эвстатических и седиментационных факторов на некоторых площадях при высокой скорости проградации и низкой скорости вертикального наращивания разреза толщина клинотем могла более чем на порядок превышать толщину одновозрастных им ундатем. Так, например, клинотема пласта AC_{10}^{1-2} Приобского месторождения толщиной 80 м на расстоянии 4 км превращается в пятиметровую ундатему. В такой ситуации на сейсмических профилях косонаклонные отражающие границы подклиниваются к вышележащим горизонтальным границам по принципу *toplap*. Создается иллюзия «срезания» клинотем покровными мелководными пластами, что может ошибочно интерпретироваться как наличие перерыва и залегающего под ним системного тракта форсированной регрессии (FSST). Данные бурения свидетельствуют, что покровные мелководные пласты берриас—баррема Западной Сибири, непосредственно перекрывающие косослоистую толщу, имеют типичный регрессивный тип разреза и согласный контакт с подстилающей толщей. Нижние пропластки таких пластов в направлении падения клиноформ последовательно отклиниваются от основного песчаного тела при переходе из мелководных фаций в склоновые.

Согласно модели сиквенса Depositional Sequence III, тракт высокого стояния делится на ранний и поздний (см. рис. 1). Точкой, которая разделяет эти две части, является начало падения относительного уровня моря. В случае интенсивного прогибания бассейна, когда падения относительного уровня моря не наблюдается (см. рис. 3, б), аналогами раннего и позднего HST являются интервалы разреза, сформировавшиеся при разных скоростях изменения относительного уровня моря. Провести границу между ранним и поздним трактом высокого стояния в реальном разрезе нижнемеловых сиквенсов Западной Сибири не представляется возможным, ввиду того, что она никак не выражена и любое ее проведение будет очень субъективно. В данном случае необходимо выделять единый HST без деления его на составные части.

В развитии аллювиального комплекса тракта высокого стояния отмечается тенденция, обратная той, которая наблюдалась при формировании трансгрессивного тракта. При понижении относительного уровня моря базис эрозии понижался, возрастала энергия речных потоков, изолированность русловых каналов меандрирующих рек уменьшалась. Их объединению способствовала также высокая песчанистость разреза приграничных районов бассейна. Размыту могли подвергаться ранее отложившиеся осадки как собственно тракта высокого стояния, так и трансгрессивного тракта. Вследствие пологого низменного рельефа глубина русловых врезов была незначительной и на фоне высокой песчанистости разреза идентифицировать их принадлежность к тому или иному системному тракту по геофизическим параметрам (сейсмические профили, ГИС) возможно не всегда. Толщины разрезов аллювиальных, в том числе русловых, отложений сиквенсов нижнего мела Западной Сибири в условиях интенсивного тектонического прогибания и компенсируемого осадконакопления зависели главным образом от величины погружения фундамента осадочного бассейна. Происходило вертикальное наращивание разрезов не только морского, прибрежно-морского, но и континентального комплексов осадков. Подавляющий объем осадков клиноформного комплекса нижнего мела Западной Сибири накопился именно на этапе образования системного тракта высокого стояния.

В начале формирования следующего, нового сиквенса повышение относительного уровня моря, несмотря на продолжающуюся регрессию, приводило к уменьшению скорости проградации и резкому

сокращению поступления осадочного материала, в первую очередь обломочного, в его глубоководную часть. Только на некоторых участках небольшие объемы песчаного материала все еще поступали за пределы бровки клиноформ, формируя мелкие конусы выноса тракта низкого стояния, уступающие по своим размерам конусам, которые сформировались на этапе накопления тракта высокого стояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные автором исследования показали, что региональные клиноформы берриас—готерива Западной Сибири являются сиквенсами 3-го порядка. Их формирование следует рассматривать с точки зрения модели сиквенсов Depositional Sequence III. В условиях интенсивного тектонического прогибания осадочного бассейна и высоких скоростей поступления в бассейн осадочного материала основной объем осадков, включая аллювиальные, в том числе русловые отложения и отложения глубоководных конусов выноса, накапливался на этапах формирования системных трактов высокого стояния уровня моря. В качестве альтернативных сиквенс-стратиграфических моделей могут рассматриваться только модели Genetic Sequence и T-R Sequence.

Сиквенс-стратиграфическая модель берриас-нижнеаптского комплекса требует дальнейших уточнений и детализации. Среди проблем, с которыми можно столкнуться при сиквенс-стратиграфических исследованиях нижнемеловых клиноформ Западной Сибири, следует назвать диахронность поверхностей максимальной регрессии и максимального затопления, сложность выделения системного тракта низкого стояния, расчленения комплекса русловых отложений на геологические тела, относящиеся к разным системным трактам и т. п. Несмотря на все сложности и проблемы, сиквенс-стратиграфические исследования необходимы и должны занять достойное место среди других инструментов изучения осадочного чехла Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

Берилко Г.А., Найденов Л.Ф., Рысев В.В., Сальникова Т.В., Михеева М.Ю. Некоторые результаты изучения структуры клиносейсмокомплекса БС10 по геолого-сейсмическим данным в Ноябрьском регионе // Проблемы стратиграфии мезозоя Западно-Сибирской плиты (материалы к Межведомственному стратиграфическому совещанию по мезозою Западно-Сибирской плиты). Новосибирск, СНИИГ-ГиМС, 2003, с. 158—160.

Бородкин В.Н., Бочкарёв В.С., Мишульский М.И. Модернизированный метод общего тектонического анализа мощностей ачимовской толщи Западной Сибири // Изв. вузов. Нефть и газ, 1998, № 2, с. 11—19.

Бородкин В.Н., Брехунцов А.М., Нестеров И.И. (мл.), Корнев В.А., Храмова А.В., Палкина А.С., Кочергин М.О. Литолого-фациальная и литолого-петрографическая характеристика сейсмофациальных комплексов неокома севера Западной Сибири // Горные ведомости, 2007, № 10, с. 36—52.

Бочкарёв В.С., Фёдоров Ю.Н. Палеобатиметрия Западно-Сибирского бассейна на конец времени накопления баженовской свиты // Строение и нефтегазоносность баженинов Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1985, с. 35—41.

Брадучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Булыникова С.П., Климова И.Г., Месежников М.С., Вячкилева Н.П., Козлова Г.Э., Лебедев А.И., Нальняева Т.И., Турбина А.С. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность) / Ред. В.С. Вышемирский. Новосибирск, Наука, 1986, 217 с.

Булыникова С.П., Гольберт А.В., Климова И.Г., Конторович А.Э., Полякова И.Д., Решетникова М.А., Турбина А.С. Палеобиофации нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты / Под ред. А.В. Гольберта, А.Э. Конторовича. М., Недра, 1978, 87 с. (Тр. СНИИГГиМС, вып. 248).

Гидион В.Я. Сейсмостратиграфическая характеристика неокомских отложений Среднего Приобья // Геофизические методы при обосновании объектов нефтепоисковых работ в центральных районах Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1988, с. 56—62.

Гогоненков Г.Н., Михайлов Ю.А., Эльманович С.С. Неокомские клиноформы Западной Сибири по данным сейсморазведки // Геология нефти и газа, 1988, № 1, с. 22—30.

Гурари Ф.Г. Клиноформы — особый тип литостратонов // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (4), с. 19—26.

Гурова Т.И., Казаринов В.П. Литология и палеогеография Западно-Сибирской низменности в связи с нефтегазоносностью. М., Гостоптехиздат, 1962, 296 с.

Данков Б.С. Некоторые проблемы поисков ловушек нетрадиционного типа // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1995, № 11-12, с. 2—15.

- Данков Б.С.** К проблемам поиска ловушек нетрадиционного типа // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1996, № 10, с. 2—10.
- Дополнения** к Стратиграфическому кодексу России / Ред. А.И. Жамойда. СПб., ВСЕГЕИ, 2000, 112 с.
- Ершов С.В.** Палеобатиметрия позднеюрско-неокомского бассейна севера Западной Сибири и влияние на нее природных процессов // Геология и геофизика, 2016, т. 57 (8), с. 1548—1570.
- Ершов С.В.** Проблемы выделения и корреляции стратотипических разрезов неокома Западной Сибири в связи с клиноформным строением // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (8), с. 1208—1219.
- Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н.** Нефтегазоносность зон лавинной седиментации в неокоме Западной Сибири // Сынцзянская нефтяная геология, 2001, т. 22, № 2, с. 172—176.
- Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Левчук М.А. Пинус О.В., Сахагян Д.Л.** Эвстатические сигналы в юрских и нижнемеловых (неокомских) отложениях Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (11), с. 1492—1504.
- Игошкин В.П.** Индексация нижнемеловых сейсмогоризонтов и сейсмостратиграфических комплексов на территории ХМАО // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа, 2001, № 6, <http://www.oilnews.ru/6-6/indeksaciya-nizhnelovyx-sejsmogorizontov-i-sejsmostratigraficheskix-kompleksov-na-territorii-xmao/>
- Игошкин В.П., Шлезингер А.Е.** Неокомские клиноформы Западной Сибири и причины их возникновения // Докл. АН СССР, 1990, 312, № 5, с. 1191—1195.
- Исаев А.В., Кринин В.А., Карпухин С.М.** Перспективы нефтегазоносности клиноформного комплекса Енисей-Хатанского регионального прогиба // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2015, т. 10, № 3, http://www.ngtp.ru/rub/4/31_2015.pdf.
- Казаринов В.П.** Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. М., Гостоптехиздат, 1958, 324 с.
- Казаринов В.П., Бгатов В.И., Гурова Т.И., Казанский Ю.П., Будников В.И., Акульшина Е.П., Ван А.В., Герасимов Е.К., Герасимова Л.М., Дивина Т.А., Конторович А.Э., Косолюбов Н.И., Лизалек Н.А., Матухин Р.Г., Матухина В.Г., Пероззио Г.Н., Родин Р.С., Шматко А.В.** Выветривание и литогенез. М., Недра, 1969, 456 с.
- Карогодин Ю.Н.** Седиментационная цикличность. М., Недра, 1980, 242 с.
- Карогодин Ю.Н.** Региональная стратиграфия (системный аспект). М., Недра, 1985, 179 с.
- Карогодин Ю.Н.** Введение в нефтяную литмологию. Новосибирск, Наука, 1990, 240 с.
- Карогодин Ю.Н.** Системная модель стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Евразии. В 2-х томах. Т. 1. Мел Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во «Гео», 2006, 166 с.
- Карогодин Ю.Н., Гайдебурова Е.А.** Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). Новосибирск, Наука, 1985, 112 с.
- Карогодин Ю.Н., Нежданов А.А.** Литмологические закономерности пространственного размещения резервуаров и залежей углеводородов Западной и Восточной Сибири // Геология и геофизика, 1988 (7), с. 3—10.
- Карогодин Ю.Н., Ершов С.В., Сафонов В.С., Ефремов И.Ф., Манугян П., Овердал Ф., Валасек Д., Потапов А.М., Кобышев А.И., Кузнецов В.И., Разяпов Р.К.** Приобская нефтеносная зона Западной Сибири: системно-литмологический аспект. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1996, 252 с.
- Карогодин Ю.Н., Казаненков В.А., Рыльков С.А., Ершов С.В.** Северное Приобье Западной Сибири. Геология и нефтегазоносность неокома (системно-литмологический подход). Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 200 с.
- Конторович А.Э.** Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. М., Недра, 1976, 249 с. (Тр. СНИИГГиМС, вып. 229).
- Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А.** Палеогеография юры Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 972—1012.
- Конторович А.Э., Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н., Конторович В.А., Лебедева Н.К., Никитенко Б.Л., Попова Н.И., Шурыгин Б.Н.** Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (5—6), с. 745—776.
- Кунин Н.Я., Сегалович И.Е.** Стратиграфия неокомских клиноформ севера Западной Сибири // Отечественная геология, 1993, № 11, с. 51—56.

Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., Храмцова А.В. Условия формирования и атлас текстур пород ачимовского клиноформного комплекса Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2010, 130 с.

Маринов В.А., Злобина О.Н., Игольников А.Е., Могучева Н.К., Урман О.С. Биостратиграфия и условия формирования нижнего мела Малохетского структурно-фациального района (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2015, т. 56 (10), с. 1842—1853.

Найденев Л.Ф., Рысев В.В. Некоторые особенности стратиграфии валанжин-готеривских отложений юга Надым-Пурского междуречья // Проблемы стратиграфии мезозоя Западно-Сибирской плиты (материалы к Межведомственному стратиграфическому совещанию по мезозою Западно-Сибирской плиты). Новосибирск, СНИИГГиМС, 2003, с. 149—157.

Наумов А.Л. К методике реконструкции рельефа дна Западно-Сибирского раннемелового бассейна // Геология и геофизика, 1977 (10), с. 38—47.

Нежданов А.А. Основные закономерности строения сейсмостратиграфических комплексов неокома Западной Сибири // Геофизические методы при обосновании объектов нефтепоисковых работ в центральных районах Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1988, с. 62—70.

Нежданов А.А., Огибенин В.В., Куренко М.И., Сапожникова С.В., Топычканова Е.В. Региональная литмостратиграфическая схема мезозоя и кайнозоя Западной Сибири и основные закономерности размещения неантиклинальных ловушек углеводородов // Литмологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. Новосибирск, Наука, 1990, с. 80—108.

Нестеров И.И. Нефтяная геология в XXI веке // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 1992, № 3, с. 7—13.

Онищенко Б.А. Об условиях седиментации пограничных отложений юры и мела в Среднем Приобье // Геология нефти и газа, 1994, № 7, с. 29—31.

Павлова Т.Ю., Смирнов О.А. Имитационное моделирование процесса формирования песчаных тел неокомского разреза Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1993, № 9, с. 21—24.

Постановление по стратиграфическим схемам меловых отложений Западной Сибири // Постановление Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 36. СПб., ВСЕГЕИ, 2006, с. 5—7.

Потапов Е.А. Реализация сиквенс-стратиграфического подхода для уточнения корреляции клиноформных пластов группы БУ на юго-восточном склоне Среднемесояхского вала // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2015, № 7, с. 22—29.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск, 2003 г. (объяснительная записка) / Ред. Ф.Г. Гурари. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004, 114 с.

Сакс В.Н. Некоторые общие вопросы палеогеографии и палеобиогеографии мезозойской эры // Проблемы палеозоогеографии мезозоя Сибири. М., Наука, 1972, с. 5—18. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 111).

Славкин В.С., Шик Н.С., Гусейнов А.А., Давыдова Е.А., Редькина Т.М. Сейсмолитологические модели неокомских клиноформ Приобско-Салымской зоны // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1994, № 5-6, с. 47—52.

Стратиграфический кодекс России / Ред. А.И. Жамойда. Издание третье. СПб., ВСЕГЕИ, 2006, 96 с.

Ухлоva Г.Д., Ларичев А.И., Мельников Н.В., Кос И.М. Седиментационные комплексы неокома Широкого Приобья (Западная Сибирь) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2004, т. 79, вып. 1, с. 14—21.

Фомичев В.А., Боева И.В., Зайчиков Г.М. Условия формирования берриас-ранневаланжинских отложений на севере Западной Сибири // Проблемы освоения месторождений уренгойского комплекса. М., Недра, 1998, с. 173—187.

Харахинов В.В., Кулишкин Н.М., Шленкин С.И. Мессояхский порог — уникальный нефтегазогеологический объект на севере Сибири // Геология нефти и газа, 2013, № 5, с. 34—48.

Шестакова Н.И., Ершов С.В. Сейсмогеологическая модель верхнеюрских отложений Енисей-Хатанского регионального прогиба и сопредельных районов Западно-Сибирской плиты // Геология нефти и газа, 2016, № 4, с. 47—55.

Шпильман В.И., Мясникова Г.П., Трусов Л.Л. Перерывы при формировании неокомских клиноформ в Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1993, № 6, с. 2—5.

Эпов М.И., Карогодин Ю.Н., Белослудцев П.Е., Климов С.В., Ухлоva Г.Д. Нефтегазоносные комплексы юры Западной Сибири и их электрофизические модели. Новосибирск, ИНГТ СО РАН, 2014, 171 с.

- Carter R.M.** Two models: global sea-level change and sequence stratigraphic architecture // *Sediment. Geol.*, 1998, v. 122, p. 23—36.
- Catuneanu O.** Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls // *J. African Earth Sci.*, 2002, v. 35, № 1, p. 1—43.
- Catuneanu O.** Principles of sequence stratigraphy. Amsterdam, Elsevier, 2006, 375 p.
- Catuneanu O., Willis A., Miall A.** Temporal significance of sequence boundaries // *Sediment. Geol.*, 1998, v. 121, p. 157—178.
- Catuneanu O., Galloway W.E., Kendall C.G., Miall A.D., Posamentier H.W., Strasser A., Tucker M.E.** Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature // *Newslett. Stratigr.*, 2011, v. 44/3, p. 173—245.
- Embry A.** Transgressive-regressive (T-R) sequence stratigraphy // *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 2002, v. 52, p. 151—172.
- Embry A.** Lowstand systems tract — a problematic stratigraphic unit // *Frontiers + Innovation — 2009 CSPG CSEG CWLS Convention, Canada, 2009a*, p. 120—122.
- Embry A.** Practical sequence stratigraphy. *Can. Soc. Petrol. Geol.*, 2009b, 79 p.
- Embry A.F., Johannessen E.P.** T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada / Eds. T.O. Vorren, E. Bergsager, O.A. Dahl-Stammes, E. Holter, B. Johansen, E. Lie, T.B. Lund / *Arctic geology and petroleum potential. V. 2 (Special Publication)*. Norwegian Petroleum Society (NPF), 1992, p. 121—146.
- Emery D., Myers K.J.** Sequence stratigraphy. Oxford, Blackwell Science, 1996, 297 p.
- Galloway W.E.** Genetic stratigraphic sequences in basin analysis. I. Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units // *AAPG Bull.*, 1989, v. 73, p. 125—142.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R.** Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // *Science*, 1987, v. 235, p. 1156—1166.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R.** Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change // *Sea-level changes: an integrated approach*. Tulsa, SEPM Special Publication 42, 1988, p. 71—108.
- Hunt D., Tucker M.E.** Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall // *Sediment. Geol.*, 1992, v. 81, p. 1—9.
- Mitchum R.M., Vail P.R., Thompson S.** Seismic stratigraphy and global changes of sea-level: Part 2. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis / Ed. C.E. Payton // *Seismic stratigraphy — applications to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir 26, 1977, p. 53—62.
- Pinous O.V., Karogodin Y.N., Ershov S.V., Sahagian D.L.** Sequence stratigraphy, facies, and sea level change of the Hauterivian productive complex, Priobskoe Field (West Siberia) // *AAPG Bull.*, 1999, v. 83, № 6, p. 972—989.
- Pinous O.V., Levchuk M.A., Sahagian D.L.** Regional synthesis of the productive Neocomian complex of West Siberia: Sequence stratigraphic framework // *AAPG Bull.*, 2001, v. 85, № 10, p. 1713—1730.
- Posamentier H.W., Vail P.R.** Eustatic controls on clastic deposition II — sequence and systems tract models / Eds. C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner // *Sea level changes — an integrated approach*. SEPM Special Publication, 1988, v. 42, p. 125—154.
- Posamentier H.W., Allen G.P.** Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. SEPM, *Concepts Sedimentol. Paleontol.*, 1999, v. 7, 210 p.
- Posamentier H.W., Jervey M.T., Vail P.R.** Eustatic controls on clastic deposition I — conceptual framework / Eds. C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner // *Sea level changes — an integrated approach*. SEPM Special Publication, 1988, v. 42, p. 110—124.
- Rich J.L.** Three critical environments of deposition and criteria for recognition of rocks deposited in each of them // *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1951, v. 62, p. 1—20.
- Sahagian D., Pinous O.V., Olfieriev A.G., Zakharov V.A.** Eustatic curve for the Middle Jurassic—Cretaceous based on Russian Platform and Siberian stratigraphy: zonal resolution // *AAPG Bull.*, 1996, v. 80, № 9, p. 1433—1458.
- Sloss L.L., Krumbein W.C., Daples E.C.** Integrated facies analysis / Ed. C.R. Longwell. *Sedimentary facies in geologic history* // *Geol. Soc. Am. Memoir* 39, 1949, p. 91—124.
- Vail P.R.** Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part I: Seismic stratigraphy interpretation procedure / Ed. A.W. Bally // *Atlas of seismic stratigraphy*. AAPG Studies Geol., 1987, v. 1, № 27, p. 1—10.
- Vail P.R., Mitchum R.M., Thompson S.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 4. Global cycles of relative changes of sea level / Ed. C.E. Payton // *Seismic stratigraphy — applications to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir 26, 1977, p. 83—98.

Vail P.R., Audemard F., Bowman S.A., Eisner P.N., Perez-Cruz C. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology — an overview / Eds. G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher // *Cycles and events in stratigraphy*. New York, Springer-Verlag, 1991, p. 617—659.

Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Posamentier H.W., Vail P.R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 2: Key definitions of sequence stratigraphy / Ed. A.W. Bally // *Atlas of seismic stratigraphy*. AAPG Studies Geol., 1987, v. 1, № 27, p. 11—14.

Zorina S.O., Dzyuba O.S., Shurygin B.N., Ruban D.A. How global are the Jurassic–Cretaceous unconformities? // *Terra Nova*, 2008, № 20, p. 341—346.

*Рекомендована к печати 2 августа 2017 г.
А.Э. Конторовичем*

*Поступила в редакцию
7 июня 2017 г.*