

БИО- И ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ БЕРРИАС-АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА (*Западная Сибирь*)

Л.Г. Вакуленко^{1,2}, С.В. Ершов¹, О.Д. Николенко¹,
Е.Б. Пещевицкая¹, А.Ю. Попов^{1,2}, П.А. Ян^{1,2}

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

² *Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия*

В результате комплексных исследований геофизического и кернового материала скважин предложены сиквенс-стратиграфическая, био- и литофациальные модели берриас-аптских нефтегазоносных отложений на западе Гыданского полуострова. Установлена последовательность трансгрессивно-регрессивных событий по седиментологическим, палинологическим данным и на основе анализа материалов ГИС. Выполнены палеогеографические реконструкции на время формирования нижнемеловых песчаных горизонтов.

Нижний мел, сиквенс-стратиграфия, биофациальный анализ, литофациальный анализ, север Западной Сибири.

THE BERRIASIAN–APTIAN OF THE WESTERN GYDAN PENINSULA (*West Siberia*): BIOFACIES AND LITHOFACIES MODELS

L.G. Vakulenko, S.V. Ershov, O.D. Nikolenko, E.B. Pestchevitskaya,
A.Yu. Popov, and P.A. Yan

Well logs and core analyses of Berriasian–Aptian petroliferous sediments from the western Gydan Peninsula are used to model their biofacies and lithofacies and to reconstruct the respective sequence stratigraphy. The sedimentological and palynological data, along with logging results, provide constraints on the history of transgressive and regressive events and make a basis for paleogeographic reconstructions for the Lower Cretaceous deposition of reservoir sand beds.

Lower Cretaceous, sequence stratigraphy, biofacies analysis, lithofacies analysis, northern West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Гыданский полуостров является наименее изученной бурением территорией в пределах Западно-Сибирской плиты. Сведения о литолого-фациальных особенностях мезозойских отложений осадочного чехла, вмещающих залежи углеводородов Гыданской нефтегазоносной области, очень малочисленны и отрывочны. В ее пределах по результатам последних оценок ресурсов углеводородов (2003, 2012 гг.) основные перспективы нефтегазоносности связаны с нижнемеловыми отложениями [Бородкин, Курчиков, 2014]. Однако степень разведанности их ниже, чем вышележащих сеноманских отложений, в то время как объемы ресурсов в этих комплексах сопоставимы. Активное строительство крупного производственного комплекса «Ямал СПГ» в порту Сабетта на берегу Обской губы предполагает наращивание производственных мощностей за счет близлежащих месторождений природного газа, к которым в том числе относятся месторождения Гыданской НГО.

Сложное строение нижнемеловых отложений обусловило разнообразие взглядов на их геологические особенности и условия формирования. Эти проблемы изучали Бородкин В.Н., Гурари Ф.Г., Ершов С.В., Зарипов О.Г., Игошкин В.П., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н., Кислухин В.И., Кулахметов Н.Х., Курчиков А.Р., Мясникова Г.П., Наумов А.Л., Нежданов А.А., Нестеров И.И., Трушкова Л.Я., Ушатинский И.Н., Шиманский В.В. и многие другие исследователи.

Для рассматриваемой территории отметим работу В.А. Скоробогатова и Л.В. Строганова [2006], содержащую результаты комплексных исследований геологического строения и газонефтеносности Гыданской НГО, в которой приведены общие сведения по составу и условиям седиментации берриас-аптских отложений. Среди публикаций с результатами палеогеографических реконструкций наиболее упоминаемы литолого-палеогеографические карты под редакцией И.И. Нестерова [Атлас..., 1976]. Но-

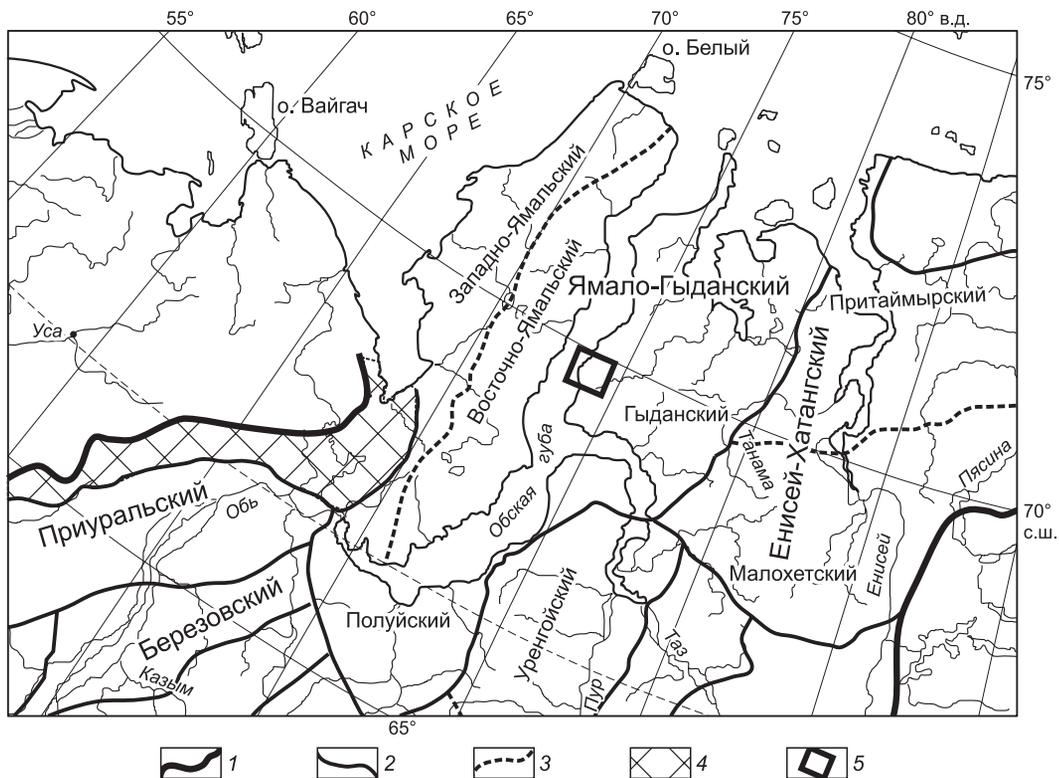


Рис. 1. Фрагмент схемы районирования по типам разрезов берриас-аптских отложений Западной Сибири [Постановления..., 2006].

Обозначение границ: 1 — Западно-Сибирской геосинеклизы, 2 — районов, 3 — подрайонов; 4 — зоны отсутствия отложений; 5 — территории исследований.

вейшие палеогеографические карты, отражающие основные этапы развития мелового комплекса Западно-Сибирского осадочного бассейна, были построены в 2014 г. в ИНГГ СО РАН [Конторович и др., 2014]. Кроме того, в последние годы, в связи с возобновлением работ на рассматриваемой территории, стали появляться результаты палеогеографических реконструкций для отдельных интервалов нижнемелового разреза [Генераленко, Бардаченко, 2017]. Сведения по палинологии мезозоя Гыданского полуострова, так же как и по литологии, немногочисленны [Стрепетилова и др., 1982; Стрепетилова, 1994]. В них приведен лишь общий состав спорово-пыльцевых комплексов берриас—валанжина, валанжина, готерива, баррема и апта. Микрофитопланктон на этой территории не изучался.

В настоящей работе приводятся результаты комплексных исследований ахской и танопчинской свит нижнего мела, вскрытых и фрагментарно охарактеризованных керном на территории месторождения Геофизическое (рис. 1). Они основаны на данных литолого-фациального и палинологического анализов, а также анализа материалов ГИС и сейсморазведки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Меловые отложения вскрыты и изучены геофизическими методами в 15 скважинах. В 12 скважинах на глубинах от 955 до 3502 м различные интервалы нижнемелового разреза охарактеризованы керном.

При расчленении и корреляции разрезов применялись биостратиграфический и сиквенс-стратиграфический анализы с учетом данных сейсморазведки и ГИС. По материалам керна изучены палиноморфы наземного и морского генезиса [Пещевницкая, 2018]. На основании характерных признаков палинокомплексов и присутствия стратиграфически важных таксонов установлены две биостратиграфические последовательности: слои со спорами и пылью и слои с диноцистами. С учетом результатов анализа геофизических и литологических данных и поплавковой разбивки разрезов скважин была определена стратиграфическая последовательность палинологических образцов, отобранных из разных скважин, что дало возможность проследить динамику таксономического состава микрофитопланктона и палиноморф наземного генезиса в готериве—низах альба на изученной территории.

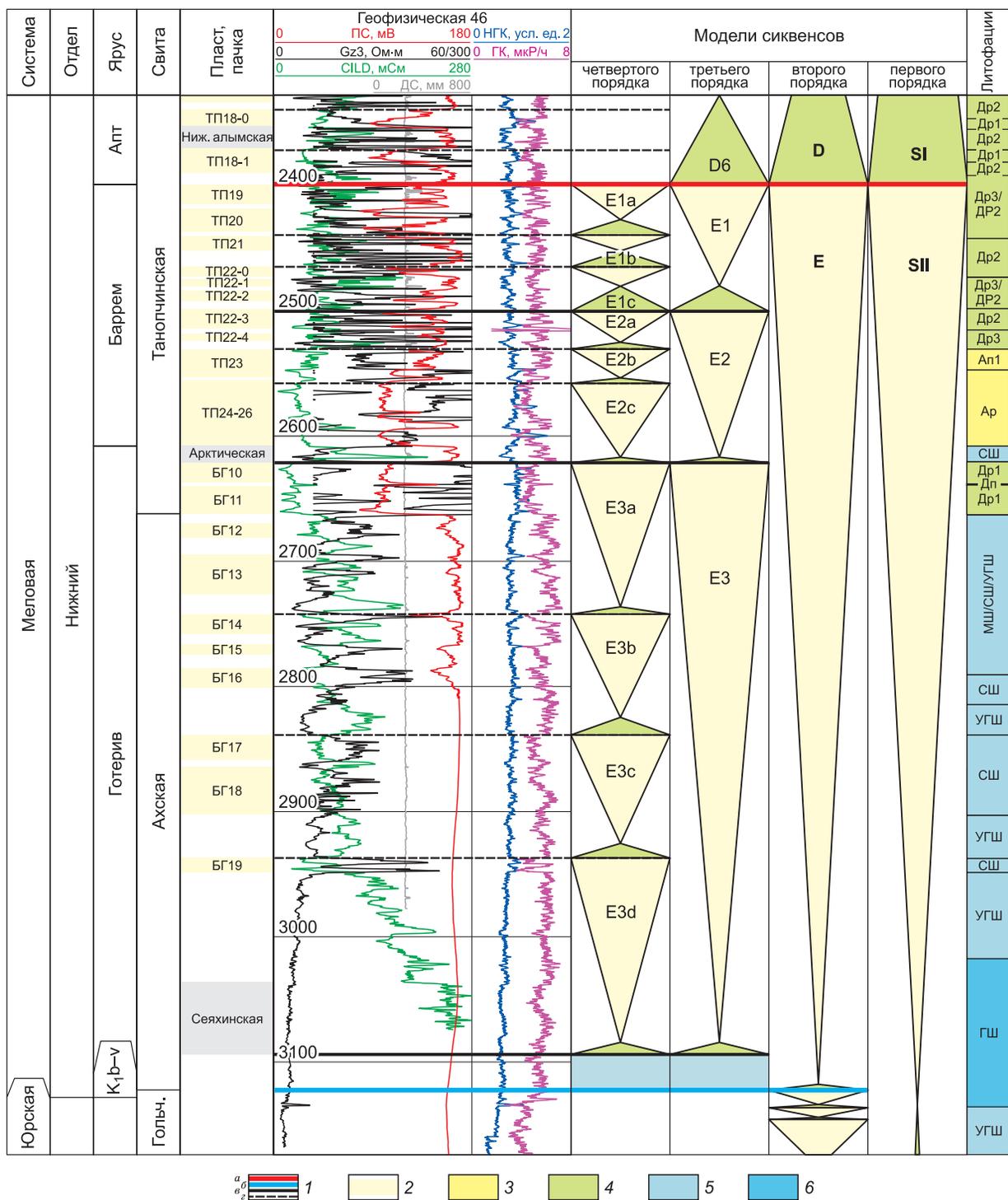


Рис. 2. Сиквенс-стратиграфическая и литофациальная модели неокомских отложений исследуемой территории.

1 — границы сиквенсов (*a* — первого, *b* — второго, *в* — третьего, *г* — четвертого порядков); 2 — песчаные пласты; литофации: 3 — континентальные, 4 — переходные, 5 — морские (мелкий, среднеглубокий и умеренно-глубокий шельф), 6 — глубоководно-морские; фации: Ар — руслового заполнения, Ап — пойменная (Ап1 — прирусловых валов и трещинных конусов выноса, Ап2 — пойменной равнины, Ап3 — заболачивающейся пойменной равнины), Др — дельтовой равнины (Др1 — дельтового рукава, Др2 — междрукавного пространства, Др3 — дельтового залива), Пк-Пм — прибрежные литофации (лагуны, приливно-отливная и надприливная равнины), МШ — мелкого шельфа, СШ — среднеглубокого шельфа, УГШ — умеренно-глубокого шельфа, ГШ — глубокого шельфа.

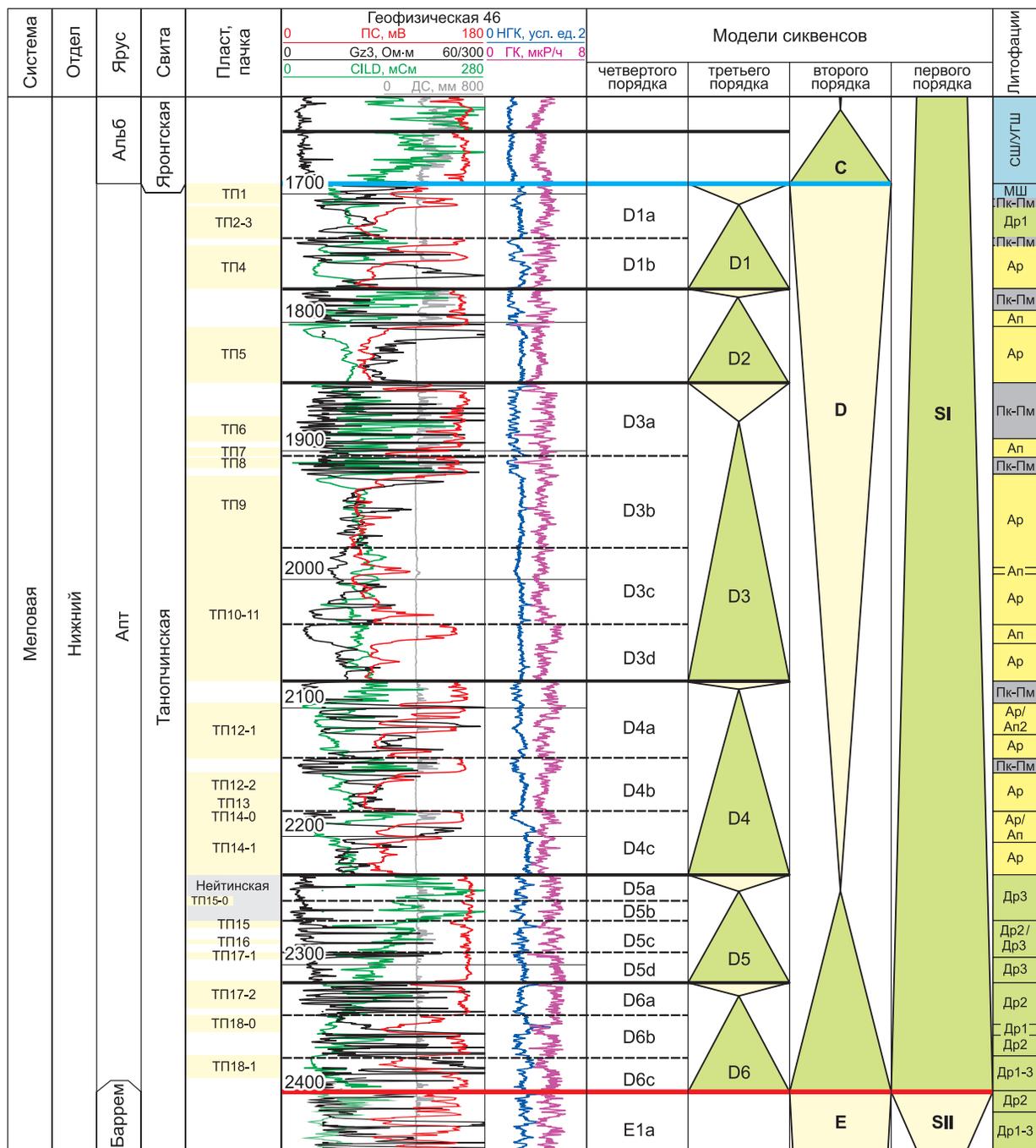


Рис. 3. Сиквенс-стратиграфическая и литофациальная модели аптских отложений исследуемой территории.

Усл. обозн. см. на рис. 2.

Методологическая основа сиквенс-стратиграфического анализа освещена в многочисленных публикациях П.Р. Вейла, Р. Митчема, Д. Ван-Вагонера, Б. Хака, Г. Посаментьера, В. Галловя, А. Эмбри, Э. Йоханнессена, О. Катуняну и других исследователей. В качестве иерархической модели осадочной толщи была использована модель П.Р. Вэйла [Vail et al., 1991], согласно которой выделяются сиквенсы шести порядков, различающиеся по продолжительности и природе границ. Сиквенсы первого и второго порядков, принято называть соответственно мега- и суперсиквенсами.

В изученном разрезе мезозойских отложений Геофизической площади были выделены сиквенции 1-, 2-, 3- и 4-го порядков. В интервале берриас—апта выделены неокомский (берриас-барремский) и

аптский суперсиквенсы (рис. 2, 3). Неокомский суперсиквенс продолжительностью 15.1 млн лет отличается клиноформное строение разреза, обусловленное боковым заполнением относительно глубоководного бассейна в результате лавинной седиментации [Ершов и др., 2018]. На нем с перерывом залегают аптский суперсиквенс, продолжительность формирования которого составляет 12.0 млн лет. В пределах Ямало-Гыданского фациального района, где расположена территория исследования, неокомский сиквенс соответствует ахской свите (берриас—верхний готерив) и низам танопчинской свиты (верхний готерив—баррем), аптский сиквенс — верхней, аптской части танопчинской свиты. В составе указанных суперсиквенсов выделено 9 сиквенсов третьего порядка, границы трактов высокого и низкого стояния уровня моря и поверхности максимального затопления. Таким образом, был сформирован сиквенс-стратиграфический каркас, который использован в дальнейшем при детальной корреляции нижнемеловых пластов и палеогеографических реконструкциях.

Интерпретация обстановок седиментации нижнемеловых отложений выполнялась на основе детального послойного описания керна, петрографического анализа алевритопесчаных пород, изучения споропыльцевых и микрофаунистических комплексов, анализа данных геофизических исследований скважин (кривые стандартного и радиоактивного каротажа).

В процессе литолого-фациального анализа интервалов, охарактеризованных керном, наиболее значимым являлось изучение вещественно-текстурных особенностей отложений и выявление закономерностей их изменения по вертикали и латерали. Использовались палеонтологические данные и минералогические индикаторы условий седиментации, а также результаты исследования следов жизнедеятельности донных организмов, запечатленных в породе (ихнофоссилий). Методические приемы изучения глинисто-терригенных отложений, формирующихся в различных палеогеоморфологических обстановках, изложены в многочисленных публикациях, а также в целом ряде крупных обобщающих монографий [Ботвинкина, 1962; Frey, Seilacher, 1980; Рейнек, Сингх, 1981; Муромцев, 1984; Frey, Pemberton, 1985; Обстановки..., 1990; Pemberton, MacEachern, Frey, 1992; Einsele, 2000; Алексеев, 2014; и др.]. Для реконструкции палеообстановок по палинологическим данным учитывались сведения по фациальной приуроченности определенных таксонов спор, пыльцы, микрофитопланктона и их групп [Pestchevitskaya et al., 2012; и др.].

БИО- И ЛИТОФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Специалисты ИНГГ СО РАН в разрезе берриас—баррем Западной Сибири выделяют 20 сиквенсов третьего порядка [Ершов, 2018]. Три самых нижних берриасских сиквенсов относятся к титон-берриасскому суперсиквенсу, остальные семнадцать — к неокомскому (Е) (см. рис. 2).

В пределах Геофизической площади большую часть разреза неокомского суперсиквенса представляют три готерив-барремских сиквенции третьего порядка (Е1—Е3). В юго-восточной части выделяется также дистальная часть сиквенса Е4. Остальные тринадцать берриас-нижнеготеривских сиквенсов (Е5—Е17) представляют собой в исследуемом районе глинистую пачку толщиной не более 20–30 м, залегающую в основании клиноформного комплекса. Как отмечалось выше, стратиграфически неокомский суперсиквенс включает ахскую и низы танопчинской свит.

Ахская свита (берриас—верхний готерив) в нижней части представлена клиноформными образованиями, верхняя характеризуется горизонтально-слоистым залеганием пластов и пачек. В основании свиты залегают пачка толщиной 20—45 м, которая делится на маломощную конденсированную пачку и фондотему одного из нижнеготеривских сиквенсов третьего порядка (Е4). Эта часть разреза имеет преимущественно глинистый состав с редкими песчано-алевритовыми линзами и объединяет в себе подачимовскую, ачимовскую и низы надачимовской толщ. Керном в основании готерива охарактеризованы черные и буроватые аргиллиты с единичными прослоями алевролитов. Породы массивные, с нечеткой тонкой горизонтальной слоистостью. Отмечен уровень с ихнофоссилиями *Phycosiphon*. Присутствуют редкие выделения пирита. По литологическим данным, формирование этих отложений происходило преимущественно в спокойной гидродинамической среде, алевритовый материал поступал с мелководья эпизодически.

Верхняя, большая, часть ахской свиты относится к готеривскому сиквенсу третьего порядка (Е3), который представлен плохо проявленным трансгрессивным системным трактом (5—30 м) и мощным системным трактом высокого стояния уровня моря (470—545 м) (см. рис. 2). В нижней, наиболее глинистой части сиквенса, где проведена поверхность максимального затопления (уровень сяхинской пачки), в охарактеризованных керном интервалах вскрыты черные и буроватые аргиллиты с единичными прослоями глинистого алевролита. Породы массивные, с нечеткой тонкой горизонтальной слоистостью, иногда с ихнофоссилиями *Phycosiphon*, редким пиритом и сидеритом. Формирование отложений происходило в обстановке относительно глубокого шельфа в спокойной среде, с периодически возникавшими аноксидными условиями. Алевритоглинистый материал поступал в бассейн во время штормов в виде дистальных турбидитов.

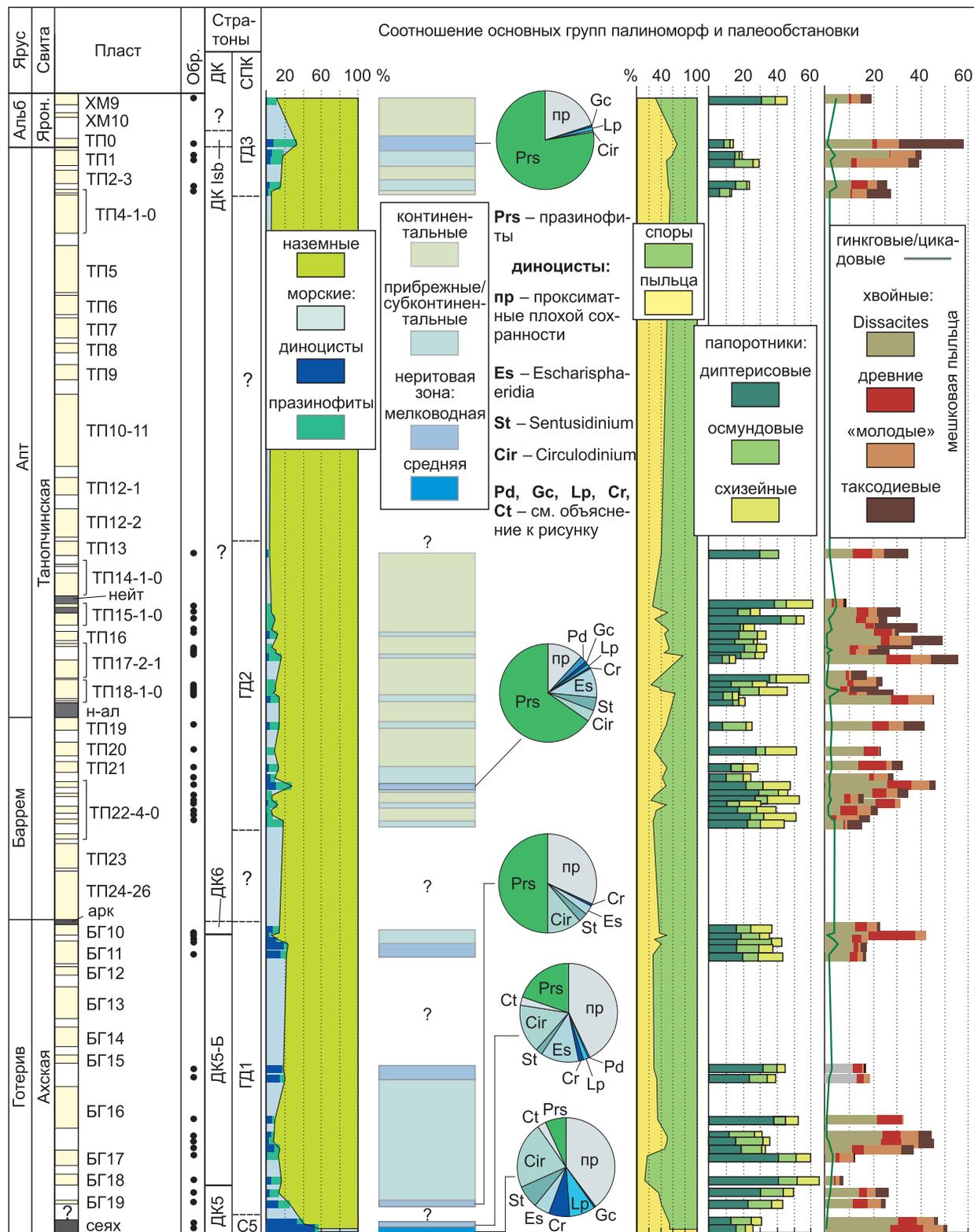


Рис. 4. Биостратиграфическое расчленение и соотношение основных групп палиноморф в готериве—альбе исследуемой территории.

ДК — слой с диноцистами, СПК — слой со спорами и пыльцой, Pd — Pareodinoideae, Gc — Gonyaulacoideae, Lp — Leptodinioidae, Cr — Cribroperidinoideae, Ct — Ceratiaceae.

По палинологическим данным, в середине нижнего готерива реконструированы обстановки средней части неритовой зоны: доминируют палиноморфы морского генезиса, среди которых отмечено большое количество диноцист, представленных в основном семействами *Gonyaulacaceae* и *Areoligeraceae* (рис. 4).

Верхняя часть готеривского сиквенса ЕЗ сложена чередованием алевритоглинистых пачек и алевритопесчаных пластов. Последние на территории Гыданского полуострова индексируются как БГ₁₀—БГ₁₉, имеют преимущественно проградационное строение, а толщины их составляют от первых метров до 40 м.

Флюидоупор между пластами БГ₁₈ и БГ₁₉ толщиной 19—40 м, по данным ГИС, имеет однородный, существенно глинистый состав. В керне представлены буроватые аргиллиты с тонкой и мелкой линзовидной и волнистой слоистостью, образованной распределением примеси алевритового материала. Характерна мелкая биотурбация, в том числе многочисленные ихнофоссилии *Chondrites*, присутствует микрофауна (комплекс фораминифер). В более мощных алевритовых прослоях отмечена тонкая косоволнистая слоистость. Формирование отложений на севере и северо-западе изученной территории происходило в обстановке умеренно-глубокого шельфа (дальняя зона). В юго-восточном направлении палеобассейн становился более мелководным. В восточной части по палинологическим данным восстанавливаются обстановки мелководной части неритовой зоны, приближенной к берегу, о чем свидетельствует незначительное количество микрофитопланктона и диноцист (см. рис. 4).

Пласт БГ₁₈ (13—47 м) представлен песчаниками мелкозернистыми, алевролитами крупнозернистыми светло-серыми, часто в неравномерном тонком и мелком переслаивании с алевритоглинистыми породами. Отложения интенсивно переработаны деформативной биотурбацией, следами мелких смятий и размывов до комковатого облика. Среди ихнофоссилий идентифицированы *Schaubcylindrichnus (Terebellina)* и *Teichichnus* (ихнофагия *Cruziana*). В редких случаях присутствуют сохранившиеся следы симметричной ряби. Углефицированный растительный детрит (мелкий, реже крупный) встречается спорадически. Отмечены редкие выделения пирита и сидерита. Формирование отложений на севере и северо-западе изученной территории происходило в обстановках дистальной части среднеглубокого шельфа (переходная зона) — проксимальной части умеренно-глубокого шельфа (дальняя зона). В низкоэнергетических условиях происходило осаждение глинистого материала и интенсивная биотурбация. Южная и восточная части территории по-прежнему характеризовались более мелководными обстановками, что подтверждается палинологическими данными.

Алевритоглинистая пачка между пластами БГ₁₆ и БГ₁₇ (16—39 м) представлена проградационными последовательностями, сложенными переслаиванием алевролитов и аргиллитов с редкими мало-мощными прослоями песчаников. Характерна интенсивная переработка отложений биотурбационными процессами. Идентифицированные ихнофоссилии представлены многочисленными *Phycosiphon*, *Teichichnus*, реже *Chondrites* и *Schaubcylindrichnus (Terebellina)*. Строение и состав этой пачки на рассматриваемой территории отражают последовательную проградацию обстановок седиментационного шельфа.

Пласт БГ₁₆ (8—49 м) также имеет проградационное строение. В нижней части он сложен неравномерным волнисто-линзовидным переслаиванием алевролитов и аргиллитов, нарушенным смятием и биотурбацией. Верхняя часть разреза пласта представлена песчаниками светло-серыми мелкозернистыми, неравномерно-глинистыми, с деформативной пятнистой текстурой за счет интенсивной биотурбации. Отмечаются прослойки разнозернистых алевролитов с тонкой субгоризонтальной слоистостью и знаками ряби течения. Встречены отдельные следы ихнофагии *Cruziana*, комплексы микрофауны. Формирование пласта происходило при общем выдвигении прибрежных седиментационных систем в сторону бассейна и смене обстановок от среднеглубокого шельфа к мелкому (переходная—предфронтальная зоны).

Алевритоглинистая пачка между пластами БГ₁₅ и БГ₁₆ (9—29 м) представлена проградационными последовательностями, сложенными переслаиванием алевролитов и аргиллитов с подчиненным значением аргиллитов. В прослоях алевролитов отмечается тонкая косоволнистая слоистость, знаки ряби. Присутствуют аутигенные пирит и сидерит. Характерна интенсивная переработка отложений биотурбационными процессами. Идентифицированные ихнофоссилии представлены *Phycosiphon*, *Chondrites* и *Schaubcylindrichnus (Terebellina)*. Зафиксировано наличие микрофауны. Формирование отложений происходило в обстановках умеренно-глубокого (дальняя зона) и среднеглубокого (переходная зона) шельфа.

Формирование алевритопесчаных пластов БГ₁₂—БГ₁₅, по результатам интерпретации материалов ГИС, связано с появлением вдольбереговых баров мелководного шельфа. Формирование существенно глинистых пачек, разделяющих пласты, происходило в обстановке умеренно-глубокого шельфа.

По палинологическим данным, верхняя часть ахской свиты в центральных и восточных частях изученной территории формировалась в условиях прибрежной части мелководной неритовой зоны. В палинологических спектрах постоянно доминируют споры и пыльца наземных растений, микрофит-

планктон (преимущественно прازیнофиты *Leiosphaeridia*) содержится в небольшом количестве (5—20 %). Вверх по разрезу, в соответствии с развитием регрессии, наблюдается общее сокращение микрофитопланктона, особенно диноцист, среди которых сохраняются только таксоны, способные выживать в прибрежных условиях. Это в основном гониаулакоидные простые морфотипы группы *Escharisphaeridia-Sentusidinium* и представители ареолигеровых (*Circulodinium*). Периодическое увеличение количества и разнообразия микрофитопланктона и диноцист свидетельствует о кратковременных трансгрессиях.

Состав спор и пыльцы наземных растений показывает, что снос терригенного материала происходил с континентальных областей, занятых преимущественно хвойными лесами с примесью гинкговых, которые произрастали в условиях достаточно влажного умеренно-теплого климата. В спорово-пыльцевых ассоциациях в значительном количестве отмечена мешковая пыльца древних хвойных плохой сохранности (5—24 %) и группы *Alisporites-Pseudopicea* (2—20 %), а также более «молодого» облика, представленная в основном *Piceapollenites* (1—8 %) и *Ginkgocycadophytus* (2—7 %). Присутствует пыльца таксодиевых (2—5 %). Определены виды, широко распространенные на территории Сибири и других бореальных областей: *Protopinus subluteus*, *Pseudopicea magnifica*, *Piceapollenites mesophyticus* и другие. Пыльца хейролепидиевых (*Classopollis* spp.), которая рассматривается как показатель жаркого аридного климата, встречается непостоянно (0—4 %). Более влажные участки вблизи морского бассейна и рек, видимо, были заняты в основном циатейными или диптерисовыми папоротниками: в споровой части спектров в наибольшем количестве встречены гладкие трехлучевые споры группы *Cyathidites-Biretisporites* (12—41 %). Повышенное количество этих спор отмечается в керне северных и северо-восточных скважин, тогда как пыльца хвойных более характерна для западных и южных частей территории.

Танопчинская свита (верхний готерив—апт) начинается с пластов БГ₁₁ и БГ₁₀, которые выделяются в верхней части разреза сиквенса третьего порядка ЕЗ. Алевритопесчаный пласт БГ₁₁ имеет толщину 18—29 м и представлен песчаниками светло-серыми мелкозернистыми, в разной степени алевритистыми, до алевропесчаников и крупнозернистых алевролитов. Сортировка обломочного материала хорошая и средняя, преобладают угловатые обломки. Слоистость неравномерная, преимущественно тонкая пологокосая и косоволнистая, участками троговая, обусловленная намывом углисто-глинистого, часто сидеритизированного материала. Отмечаются прослойки аргиллитов и участки волнисто-линзовидного переслаивания аргиллитов и алевролитов, нарушенного смятиями и мелкой биотурбацией. Формирование пласта происходило в результате латеральной миграции крупных дельтовых рукавов, с периодически возникавшими обстановками внутридельтовых заливов и дельтовой равнины. По палинологическим данным на севере изученной территории реконструируются этапы кратковременных морских ингрессий: в палинологических ассоциациях увеличивается содержание микрофитопланктона, появляются диноцисты.

Пачка, разделяющая пласты БГ₁₀ и БГ₁₁ (3—11 м), сложена неравномерным волнисто-линзовидным переслаиванием алевритоглинистых пород, часто нарушенным смятием и мелкой биотурбацией, в том числе идентифицированы ихнофоссилии *Planolites* и *Thalassinoides*. В алевритовых прослоях встречается тонкая косоволнистая слоистость, знаки ряби. Присутствуют мелкий и тонкоперетертый растительный детрит, сгустки сидерита. Формирование отложений происходило в обстановке прodelьты, в которую в периоды штормов проникали потоки обломочного материала.

Пласт БГ₁₀ имеет толщину 10—18 м. Его нижняя часть представлена алевролитами светло-серыми крупнозернистыми, иногда разнозернистыми, участками глинистыми. Слоистость пологокосая, участками горизонтальная, волнистая, косоволнистая, подчеркиваемая намывами углефицированного растительного детрита и сгустками сидерита. Формирование этой части разреза происходило в условиях однонаправленного потока со слабоизменчивой гидродинамикой в обстановке приустьевого бара. Перекрывающие его среднезернистые песчаники сформировались в результате врезания дельтового рукава в подстилающие отложения, вызванного продолжавшейся проградацией дельтового комплекса. На севере изученной территории прибрежные области подвергались периодическому затоплению, о чем свидетельствует присутствие диноцист в палинологических ассоциациях.

Завершается неоконский суперсиквенс двумя сиквенсами третьего порядка верхнеготерив-барремского возраста Е1 и Е2, которые залегают в нижней части танопчинской свиты (выше пласта БГ₁₀). Их суммарная толщина составляет 225—250 м.

Верхнеготерив-нижнебарремский сиквенс третьего порядка Е2 (пласты ТП₂₂³—ТП₂₆) толщиной 120—130 м представлен в основании арктической пачкой глин морского генезиса, а в верхней части отложениями континентальной группы. Керном охарактеризован пласт ТП₂₃ и перекрывающая его глинистая пачка. Пласт ТП₂₃ представлен песчаниками светло-серыми, участками сильно карбонатизированными, мелкозернистыми, реже среднезернистыми массивными и с редкой пологокосой и субгоризонтальной слоистостью за счет намывов растительного детрита. Формирование его происходило в обстановке руслового заполнения. Присутствуют отдельные маломощные прослойки аргиллита с тонкой

субгоризонтальной слоистостью, которые проинтерпретированы как реликты отложений пойменной равнины, перерабатывавшейся мигрирующими руслами меандрирующей реки. Пачка, разделяющая песчаные пласты ТП₂₃ и ТП₂₂⁴, сложена аргиллитами темно-серыми массивными, с тонкими прерывистыми субгоризонтальными прослоями глинистых алевролитов. Их формирование могло происходить в спокойных гидродинамических условиях дельтовой равнины или аллювиальной поймы.

Верхнебарремский сиквенс третьего порядка E1 толщиной 100—125 м включает группу пластов ТП₁₉—ТП₂₂², сложенных песчаниками мелкозернистыми, реже среднезернистыми, иногда алевролитистыми, алевроитовыми, до алевропесчаников и алевролитов крупнозернистых. Преобладают массивные и косослоистые текстуры, иногда отмечена мелкая мигрирующая рябь течения, флазерная, субгоризонтальная и пологоволнистая слоистость. Характерен мелкий и довольно крупный растительный детрит, часто в разной степени сидеритизированный, концентрирующийся послойно. Присутствуют уровни, насыщенные глинистыми, реже углистыми интракластами. Периодически в прослоях алевролитов встречаются ихнофоссилии *Skolithos* и *Ophiomorpha*. Разделяющие песчаные пласты алевроитоглинистые пачки часто углистые, содержат значительное количество ризоидов, отпечатки растений средней и хорошей сохранности. Участки тонкого и мелкого переслаивания алевролитов и аргиллитов нарушены следами смятия, реже следами локальных размывов и деформации при гравитационной нагрузке. Часто присутствуют выделения сидерита. Формирование этой части разреза происходило преимущественно в дельтовом комплексе. Песчаные тела накапливались в обстановке флювиальных дельтовых рукавов, алевроитоглинистые пачки — в межукавных пространствах, часто заболачивающихся, реже в дельтовых заливах.

Неокомская сиквенция завершает верхнетриас-барремский мегасиквенс, фиксируя финал регрессии бассейна.

Аптский суперсиквенс выделяется в объеме одноименного яруса и представлен **верхней частью танопчинской свиты** мощностью 660—725 м. В его составе выделены шесть сиквенсов третьего порядка (см. рис. 3). Характерна малая толщина трактов высокого стояния. Поверхность максимального затопления проводится в середине нейтинской пачки глин. Нижняя часть аптского сиквенса (от подошвы апта до кровли нейтинской пачки) традиционно рассматривается на севере Западной Сибири совместно с берриас-нижнеаптским нефтегазоносным мегакомплексом, так как нейтинская пачка и ее возрастной аналог — кошайская являются региональным флюидоупором. Верхняя часть суперсиквенса рассматривается обычно в составе апт-сеноманского нефтегазоносного комплекса.

Разрез аптского суперсиквенса представлен неравномерным чередованием песчано-алевроитовых пластов ТП₁—ТП₁₈⁰⁻¹ (мощностью до 102 м), алевроитоглинистых пачек и отдельных маломощных пластов и линз угля. Охарактеризованные керном песчаники преимущественно мелко- и среднезернистые, иногда алевроитистые до алевролитов. Текстуры массивные и косослоистые за счет концентрации мелкого и крупного, иногда сидеритизированного растительного детрита. Встречены остатки растений хорошей сохранности, уровни с глинистыми и углистыми интракластами. Пачки, разделяющие алевроитопесчаные пласты, представлены преимущественно переслаиванием алевролитов, в разной степени глинистых, аргиллитов и глин. Характерны растительный детрит, конкреции сидерита, встречаются ризоиды и углистая. Формирование этих отложений происходило в пределах крупной аллювиальной равнины с меандрирующими реками. Лишь самая верхняя часть разреза танопчинской свиты (пласты ТП₁, ТП₂₋₃ и разделяющие их пачки) накапливалась в дельтовых и прибрежно-морских обстановках. Для них характерны проградационные последовательности, в алевроитоглинистых пачках с волнистой слоистостью встречен глауконит, детрит раковин двустворок, редкие ризоиды.

Чередование континентальных и субконтинентальных обстановок для барремской и аптской частей разреза также реконструируется по палинологическим данным. Микрофитопланктон присутствует в малом количестве (5—28 %) и почти полностью представлен прازیнофитами *Leiosphaeridia*. Небольшие трансгрессивные события в средней части баррема и на некоторых уровнях в апте фиксируются по появлению диноцист. Спорово-пыльцевые данные свидетельствуют о постепенной смене растительности на участках суши, служивших источниками сноса терригенного материала, что обусловлено как эволюционными процессами, так и изменением палеообстановок. В хвойных лесах преимущество получают сосновые, которые продуцировали мешковую пыльцу, близкую к современным морфотипам, и таксодиевые. В апте появляются первые покрытосеменные, которые в более поздних меловых растительных сообществах постепенно становятся одними из основных компонентов. В то же время в барреме возрастает количество и разнообразие спор схизейных папоротников, что может быть связано с развитием речной сети и образованием по берегам рек влажных, но дренируемых областей с достаточной освещенностью. В апте постепенно увеличивается количество спор сфагновых мхов, что могло быть вызвано расширением заболоченных территорий. Из верхней части танопчинской свиты и низов яронгской также получены палинологические данные, которые подтверждают периодическое возникновение прибрежно-морских обстановок (см. рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенного комплексного био- и литофациального изучения кернового материала скважин, вскрывших берриас-аптские отложения на Геофизической площади, было реконструировано шесть комплексов седиментационных обстановок: аллювиальный, прибрежно-континентальный, прибрежно-морской, дельтовый, мелководно-морской и глубоководно-морской, объединенных в три группы: континентальную, переходную и морскую. В составе этих комплексов, в свою очередь, выделено 19 обстановок и субобстановок накопления осадков (см. рис. 2, 3). В основании изученного разреза представлен комплекс отложений, сформировавшихся в относительно глубоководных морских обстановках (нижняя часть ахской свиты). Выше залегает комплекс морских литофаций мелкого, среднеглубокого и умеренно-глубокого шельфа (верхняя часть ахской свиты) (рис. 5). Самые низы таноупчинской свиты (пласты БГ₁₀ и БГ₁₁, верхи верхнего готерива) представлены набором дельтовых литофаций. Барремская часть разреза и нижняя часть апта (ниже нейтинской пачки) формировались в основном в обстановках дельтовой равнины (дельтовые заливы, межрукавные пространства и дельтовые рукава). В основании баррема в интервале пластов ТП₂₃ и ТП₂₄₋₂₆ выделяются литофации аллювиального комплекса. Большая часть разреза апта представлена преимущественно континентальными отложениями аллювиальных равнин. Завершается аптский разрез отложениями, сформированными в прибрежно-континентальных и прибрежно-морских обстановках.

Последовательность трансгрессивно-регрессивных событий хорошо реконструируется по палинологическим данным (см. рис. 4). Они демонстрируют четкий регрессивный тренд, в результате которого более глубоководные обстановки неритовой зоны раннего готерива довольно резко сменяются преимущественно прибрежными обстановками в середине и конце готерива. Дальнейшее обмеление палеобассейна наблюдается в барреме и раннем апте, где получают развитие прибрежные, субконтинентальные и континентальные обстановки. Кратковременные морские ингрессии мелкого масштаба реконструируются по появлению диноцист среди микрофитопланктона. Мелководно-морские обстановки вновь начинают преобладать на изученной территории только к концу апта.

Рассмотрим связь закономерностей изменения обстановок осадконакопления изученных берриас-аптских отложений с эволюцией седиментационного бассейна на севере Западной Сибири, отображенной на новейших палеогеографических картах [Конторович и др., 2014]. В берриасский век территория исследования располагалась преимущественно в зоне глубокого моря (гл. 200—400 м), однако, по оценкам некоторых исследователей, глубина палеобассейна на территории Гыдана в берриасе не превышала 160 м, а в районе Геофизического палеоподнятия составляла менее 120 м [Ершов, 2016]. Климат в это время был теплый и влажный, а связь бассейна с бореальным морем обеспечивала нормальную соленость морских вод [Конторович и др., 1975]. В раннем валанжине прослеживается расширение зоны мелкого моря. Нормальная соленость в глубоководной зоне на мелководье могла несколько понижаться, средняя температура вод была +15 °С [Гольберт и др., 1968]. В позднем валанжине в пределах территории исследования площади глубоководных зон остаются только на северо-востоке, остальное занимает мелководная зона с глубинами 100—200 м. Дальнейшая регрессия моря в готериве не привела к существенному перераспределению морских зон в пределах рассматриваемой территории. Глобальная регрессия, продолжившаяся и в барреме, завершает крупный верхнетриас-барремский трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл. В это время практически весь Гыданский полуостров представляет собой прибрежную равнину, временами заливавшуюся морем. Раннеаптская трансгрессия начинается новый апт-палеогеновый трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл, отражением которого в разрезе является одноименный мегасиквенс. На изученной территории сохраняется зона прибрежной равнины. Влажный и теплый, до субтропического, климат [Конторович и др., 1975] характеризуется общим увлажнением, на что указывает возобновившееся углекислотное накопление. Трансгрессия, которая произошла в конце раннего апта, сопровождалась формированием нейтинской пачки морских глин. В позднем апте она вновь сменяется регрессией моря, однако на севере Западно-Сибирского бассейна оно сохранилось практически в прежних границах, а территория исследования по-прежнему находилась в зоне прибрежной равнины, периодически заливаемой морем.

Формирование продуктивных и потенциально продуктивных пластов нижнего мела Гыданского полуострова, как было показано выше, происходило в широком диапазоне обстановок осадконакопления при общей их закономерной смене от глубоководно-морских в валанжине—готериве к преобладанию континентальных в апте.

В разрезе неокомского суперсиквенса самый нижний уровень локализации песчаных тел-коллекторов приурочен к ачимовской пачке ахской свиты и представляет собой серию линз относительно глубоководного генезиса. Пласты интерпретируются как образования конусов выноса, которые формировались у подножия аккумулятивного склона, и в пределах Гыданского полуострова являются возрастными аналогами мелководных пластов БГ₁₀—БГ₃₇ [Ершов и др., 2018]. В пределах территории исследования накапливались только аналоги БГ₁₇—БГ₂₀.

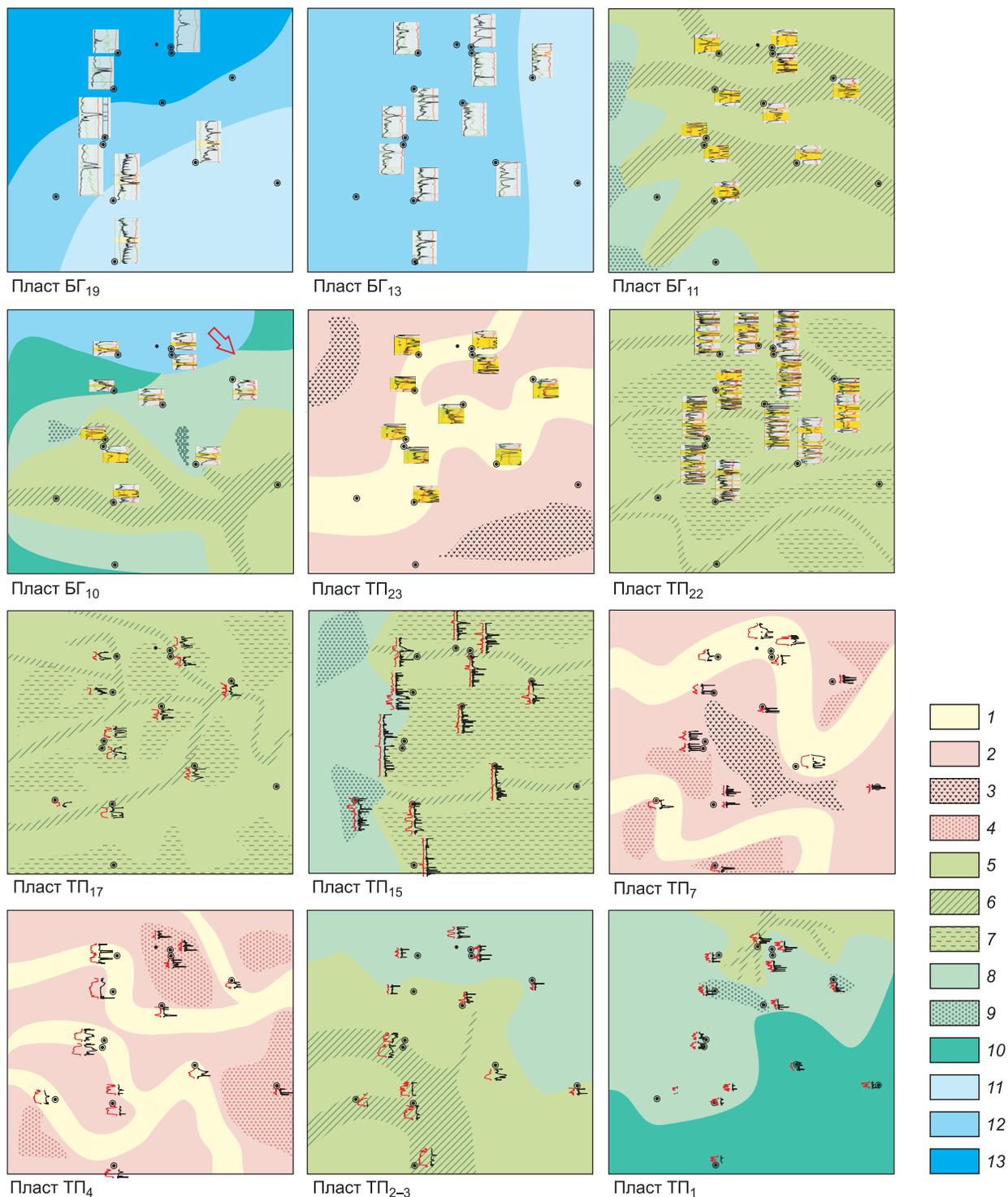


Рис. 5. Палеогеографические схемы на время формирования нижнемеловых песчаных горизонтов.

1 — русловое заполнение; 2 — пойменная равнина; 3 — заболачивающаяся пойменная равнина; 4 — прирусловые валы и трещинные конусы выноса; 5 — межрукавное пространство дельтовой равнины; 6 — дельтовый рукав; 7 — дельтовый залив; 8 — дистальная часть фронта дельты; 9 — приустьевый бар; 10 — продельта; 11 — мелководная равнина с песчаными отмелями, песчаными барами и отливными микродельтами; 12 — умеренно-глубокий (ниже базиса штормовых волн) и среднеглубокий шельф (ниже базиса нормальных волн); 13 — глубокий шельф. Красной стрелкой показана кратковременная ингрессия, кружками — местоположение изученных скважин, каротажные кривые: красного цвета — ПС, черного — КС, м-б 1:10 000.

Формирование нижних покровных песчаных пластов ахской свиты БГ₁₆—БГ₁₉ в момент накопления сиквенса Е3 происходило в обстановках среднеглубокого шельфа (см. рис. 2). К концу готерива при накоплении коллекторских горизонтов (пласты БГ₁₂—БГ₁₅) начали доминировать мелководно-морские обстановки, которые затем сменились дельтовыми (пласты БГ₁₀—БГ₁₁). Песчаные пласты ТП₁₉—ТП₂₆ барремских сиквенций Е1 и Е2 имеют преимущественно дельтовый генезис. Однако некоторые пласты (ТП₂₃ и ТП₂₄₋₂₆) сложены аллювиальными отложениями.

Продуктивные пласты неокома Западной Сибири, в том числе в пределах Гыданского полуострова, как было отмечено многими исследователями, в подавляющем большинстве случаев формировались в регрессивные этапы развития бассейна [Шпильман и др., 1979; Нежданов, 1988; Карогодин и др., 1996]. С позиций сиквенс-стратиграфии они приурочены к системным трактам высокого стояния уровня моря. Это относится не только к мелководным, но и к глубоководным пластам ачимовской толщи [Ершов, 2018]. В иерархической структуре сиквенс-стратиграфического каркаса как в неокомском, так и в аптском суперсиквенсах продуктивные пласты связаны с сиквенциями пятого и в редких случаях четвертого порядков.

В аптском суперсиквенсе на территории исследования продуктивные пласты в разрезах трансгрессивной и регрессивной частей отличаются как по условиям формирования, так и по приуроченности к системным трактам. Формирование песчаных тел-коллекторов пластов ТП₁₅—ТП₁₈ в раннем апте происходило аналогично барремским сиквенсам Е1 и Е2 в условиях проградации дельтовых осадочных систем высокого стояния уровня моря. Поскольку нижний апт северных районов Западной Сибири имеет сходное строение с барремской частью разреза неокома, то эти отложения, как отмечалось ранее, совместно с подстилающими образованиями берриас—готерива объединяются в берриас-нижнеаптский нефтегазоносный мегакомплекс, флюидоупором которого является региональная нейтинская пачка глин.

В регрессивную фазу аптского суперсиквенса в пределах территории исследования произошла резкая смена обстановок, в которых формировались продуктивные песчаные пласты. Большая их часть сложена литофациями руслового заполнения и пойменными литофациями. Некоторые из пластов, например ТП₆ и ТП₈, накапливались в прибрежно-континентальных и прибрежно-морских обстановках закрытого шельфа. Кроме того, как показали проведенные исследования, пласт ТП₂₋₃ в пределах исследуемой территории имеет дельтовую природу, а пласт ТП₁ накапливался в мелководно-морских условиях. С позиций сиквенс-стратиграфии продуктивные пласты континентального генезиса выделяются в составе системных трактов низкого стояния уровня моря (русловые врезы) и трансгрессивных системных трактов. К системным трактам высокого стояния уровня моря с уверенностью можно отнести продуктивный пласт ТП₁ и отдельные песчаные линзы пласта ТП₆.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов ФНИ № 0331-2019-0021, № 0331-2019-0017, № 0331-2019-0004, IGSP 608, IGSP 632, IGSP 679, РФФ 18-17-00038 (восстановление обстановок по палинологическим данным) и РФФИ 18-05-00210 А и 18-05-70074 «Ресурсы Арктики».

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев В.П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-Югра). Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2014, 284 с.

Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины / Ред. И.И. Нестеров. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1976.

Ботвинкина Л.Н. Слоистость осадочных пород. М., Изд-во АН СССР, 1962, 542 с.

Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Стратиграфо-корреляционная основа геологического моделирования нижнемеловых отложений Гыданской нефтегазоносной области севера Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2014, № 3, с. 12—19.

Генераленко О.С., Бардаченко Е.Н. Фациальная модель формирования отложений танопчинской свиты на примере месторождений Ямало-Гыданской НГО ЗС // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге. Томск, Изд-во ЦППС НД, 2017, с. 69—76.

Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д., Сакс В.Н., Тесленко Ю.В. Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М., Наука, 1968, 152 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. Сиквенс-стратиграфия берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (7), с. 1106—1123.

Ершов С.В., Бардачевский В.Н., Шестакова Н.И. Особенности строения и корреляция продуктивных пластов берриас-нижнеаптских отложений Гыданского полуострова (Российская Арктика) // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (11), с. 1870—1882.

Карогодин Ю.Н., Ершов С.В., Сафонов В.С., Ефремов И.Ф., Манугян П., Овердал Ф., Валасек Д., Потапов А.М., Конышев А.И., Кузнецов В.И., Разяпов Р.К. Приобская нефтеносная зона Западной Сибири: системно-литологический аспект. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1996, 252 с.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 680 с.

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.

Муромцев В.С. Электротрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. Л., Недра, 1984, 260 с.

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

Обстановки осадконакопления и фации. Т. 1. М., Мир, 1990, 352 с.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2006, вып. 36, 64 с.

Пешевичкая Е.Б. Палинологические последовательности готерива—альба на территории Гыданского района (север Западной Сибири) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Девятого Всероссийского совещания. Белгород, ПОЛИТЕРРА, 2018, с. 218—221.

Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М., Недра, 1981, 439 с.

Скоробогатов В.А., Строганов Л.В. Гыдан: геологическое строение, ресурсы углеводородов, будущее. М., Недра, 2006, 263 с.

Стрепетилова В.Г. Стратификация нижнемеловых отложений Гыданской нефтегазоносной области // Палинологические критерии в биостратиграфии Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1994, с. 79—84.

Стрепетилова В.Г., Пуртова С.И., Поповичева Л.В. Расчленение и корреляция нижнемеловых отложений севера Западно-Сибирской равнины по новым палинологическим данным // Стратиграфия и фации фанерозоя Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1982, с. 21—28.

Шпильман М.К., Плавник Г.И., Судат Л.Г., Гришкевич В.Ф., Тараканова Н.Н. Основные факторы, контролирующие размещение перспективных ловушек в резервуарах нижнего мела // Особенности строения литологически и стратиграфически экранированных залежей нефти и газа в мезозое Западно-Сибирской равнины. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1979, с. 100—109.

Einsele G. Sedimentary basins: evolution, facies, and budget. Springer, 2000, 795 p.

Frey R.W., Seilacher A. Uniformity in marine invertebrate ichnology // Lethaia, 1980, v. 13, p. 183—207.

Frey R.W., Pemberton S.G. Biogenic structures in outcrops and cores. I. Approaches to ichnology // Bull. Can. Petrol. Geol., 1985, v. 33, p. 72—115.

Pemberton S.G., MacEachern J.A., Frey R.W. Trace fossil facies models: Environmental and allostratigraphic significance // Facies models: response to sea level change / Eds. R.G. Walker, N.P. James. Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 1992, p. 47—72.

Pestchevitskaya E.B., Smokotina I.V., Baykalova G.E. Lower Valanginian palynostratigraphy of southeastern regions of Siberia, palaeoenvironment and vegetation reconstructions // J. Stratigr., 2012, v. 36 (2), p. 179—193.

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

*Рекомендована к печати 21 марта 2019 г.
Б.Л. Никитенко*

*Поступила в редакцию 10 декабря 2018 г.,
после доработки — 31 января 2019 г.*