

УДК 550.834.05 + 550.8.052 + 551.7.022 + 551.87

DOI 10.31087/0016-7894-2022-2-31-44

Особенности строения продуктивного интервала отложений нижнего и среднего миоцена (дагинский горизонт) на участке Киринского блока Сахалинского шельфа

© 2022 г. | В.И. Шегай¹, Я.И. Штейн², А.В. Толстиков³¹ООО «ПетроТрейс», Москва, Россия; vadim.shegay@ptgeos.com;²ООО «Арктический Научный Центр», Москва, Россия; iaishstein@rn-anc.ru;³ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, Россия; a_tolstikov@vniigaz.gazprom.ru

Поступила 21.12.2021 г.

Доработана 17.01.2022 г.

Принята к печати 25.01.2022 г.

Ключевые слова: Охотоморский регион; Сахалин; Киринский блок; сиквенс-стратиграфия; фациальный анализ; дагинский горизонт, коллектор.

Аннотация: Изучение разреза целевых средне- и верхнедагинского подгоризонтов ($N_1^{1-2}dg$ — ранний – средний миоцен, ОГ 6а – ОГ 6) в пределах Киринского перспективного лицензионного участка шельфа Охотского моря выполнено на основе комплексного анализа скважинных и сейсмических данных. В изучаемом интервале выделено семь седиментационных циклитов (SB_6-SB_0), для каждого из которых построены фациальные схемы. Исследования показали, что в течение большей части указанного периода преобладал регрессивный характер осадконакопления, в результате чего был сформирован проградационный пакет парасиквенсов (SB_6-SB_2). В конце дагинского времени регрессия сменяется агградацией. Сформированный в это время циклит SB_1 характеризуется высокой песчаностью и хорошей латеральной выдержанностью. Завершает формирование дагинского комплекса развитый локально трансгрессивный циклит SB_0 . Ареал его распространения ограничивается западной частью Киринского участка. Такие особенности строения верхнедагинского подгоризонта обусловили несоответствие индексации продуктивных пластов используемой на объектах западной части исследуемой площади (Лунское, Южно-Лунское месторождения) схеме расчленения целевого продуктивного разреза, принятого на Киринском, Южно-Киринском и Мынгинском месторождениях южной и восточной частей изучаемой площади. Результаты исследований, приведенные в данной статье, позволяют увязать в единую непротиворечивую систему все полученные в процессе геологического изучения месторождений фактические данные о строении продуктивного разреза крупного активно развивающегося газодобывающего района.

Для цитирования: Шегай В.И., Штейн Я.И., Толстиков А.В. Особенности строения продуктивного интервала отложений нижнего и среднего миоцена (дагинский горизонт) на участке Киринского блока Сахалинского шельфа // Геология нефти и газа. – 2022. – № 2. – С. 31–44. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-2-31-44.

Structural features of Lower and Middle Miocene pay interval (Daginsky Horizon) in the area of the Kirinsky Block, the Sakhalin Shelf

© 2022 | V.I. Shegai¹, Ya.I. Shtein², A.V. Tolstikov³¹PetroTrace, Moscow, Russia; vadim.shegay@ptgeos.com;²Arkticheskii nauchnyi tsentr, Moscow, Russia; iaishstein@rn-anc.ru;³Gazprom VNIIGAZ, Moscow, Russia; a_tolstikov@vniigaz.gazprom.ru

Received 21.12.2021

Revised 17.01.2022

Accepted for publication 25.01.2022

Key words: the Sea of Okhotsk region; Sakhalin; Kirinsky Block; Sequence Stratigraphy; Facies Analysis; Daginsky Horizon, reservoir.

Abstract: Studies of target Middle and Upper Daginsky subhorizon section ($N_1^{1-2}dg$ — Early – Middle Miocene, 6a Reflector – 6 Reflector) within the promising Kirinsky License Area on the Sea of Okhotsk Shelf were carried out on the basis of integrated analysis of well and seismic data. Seven depositional cyclothems (SB_6-SB_0) were identified in the interval under consideration with building facies schemes for each of them. The studies demonstrated that regressive sedimentation prevailed for much of the mentioned period, resulting in the formation of a progradational package of parasequences (SB_6-SB_2). In the late Daginsky time, the regression changes for aggradation. SB_1 cyclothem formed at that time has high net-to-gross and good lateral continuity. The locally occurring transgressive SB_0 cyclothem closes formation of the Daginsky series. Area of its occurrence is limited to the western part of the Kirinsky area. These structural features of the Upper Daginsky subhorizon are responsible for mismatch in indexing pay horizons, which is used for the objects in the western part of the study area (Lunskoe, South Lunskoe fields) in the target pay interval subdivision scheme accepted for the Kirinsky, South Kirinsky, and

Mynginsky fields in the southern and eastern parts of the area under consideration. Results of the studies presented in the paper allow obtaining a single consistent system that includes all actual data about pay section architecture within this large rapidly-developing gas producing region, which were obtained during the course of geological studies of the fields.

For citation: Shegai V.I., Shtein Ya.I., Tolstikov A.V. Structural features of Lower and Middle Miocene pay interval (Daginsky Horizon) in the area of the Kirinsky Block, the Sakhalin Shelf. *Geologiya nefi i gaza*. 2022;(2):31–44. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-2-31-44. In Russ.

Введение

На сегодняшний день промышленная нефтегазодобыча в пределах Киринского перспективного участка установлена в отложениях дагинского горизонта ($N_1^{1-2}dg$ — ранний – средний миоцен) [1–5]. Стратотипом является дагинская свита, развитая в среднем течении р. Даги (о-в Сахалин). В дагинской свите выделяется три подсвиты — нижняя, средняя и верхняя, сложенные преимущественно переслаиванием мощных пластов песчаников и алевролитов, содержащих прослойки глин. В средней части развиты пласты угля.

На месторождениях суши о-ва Сахалин (Катанглийском, Монгинском), а также на морском Лунском месторождении по литологическим признакам и данным палеонтологических исследований разрез дагинского горизонта разделен на три подгоризонта: нижнедагинский (подугленосный), среднедагинский (угленосный), верхнедагинский (надугленосный). Расчленение отложений на участках акватории, расположенных восточнее (Южно-Лунское, Киринское, Южно-Киринское и Мынгинское месторождения), на сегодняшний день не выполнялось, поскольку палеонтологические исследования пород разреза не проводились. Существенную помощь в решении данного вопроса может оказать построенная и приведенная в данной статье схема межскважинной корреляции и взаимной увязки всех вскрытых разрезов акватории Киринского участка, подтвержденная результатами интерпретации сейсмических данных 3D, покрывающих значительную часть площади.

Главную роль в накоплении дагинских отложений сыграли крупные дельтовые системы, контролировавшие привнос и распределение песчаных осадков. В их строении отчетливо различаются дельтовая платформа, фронт дельты и продельта, в сторону бассейна переходящая в незатронутую процессами формирования дельты часть шельфа. Однонаправленность седиментационных потоков обеспечила ярко выраженную литологическую асимметрию. Мощность дагинских отложений уменьшается в восточном направлении. Одновременно с этим происходит региональное сокращение мощности песчаных пластов. Коллекторы выклиниваются и замещаются глинистыми породами.

Изучение закономерностей фациальной изменчивости и установление положения границы замещения коллекторов дагинского горизонта имеют высокую практическую ценность, позволяя снизить риски нефтегазопромышленных исследований и обеспечить более эффективную разработку место-

рождений. Решение поставленных задач обеспечила хорошая освещенность изучаемого участка сейсмическими, геолого-геофизическими и керновыми данными, а также высокое качество камеральной интерпретации и комплексного анализа сейсмических и скважинных данных, выполненных коллективом авторов статьи.

Корреляция и взаимная увязка разрезов скважин

В пределах Киринского блока северо-восточного шельфа о-ва Сахалин в разные годы открыто пять газо- и нефтегазоконденсатных месторождений (рис. 1). Каждое из них изучалось как самостоятельный объект, что отразилось на индексации продуктивных пластов дагинского горизонта. Вместе с достаточно интенсивной литолого-фациальной изменчивостью этих отложений это привело к значительным расхождениям в моделях расчленения целевого разреза по площади и, как следствие, — к погрешностям при исследовании истории развития этого участка шельфа.

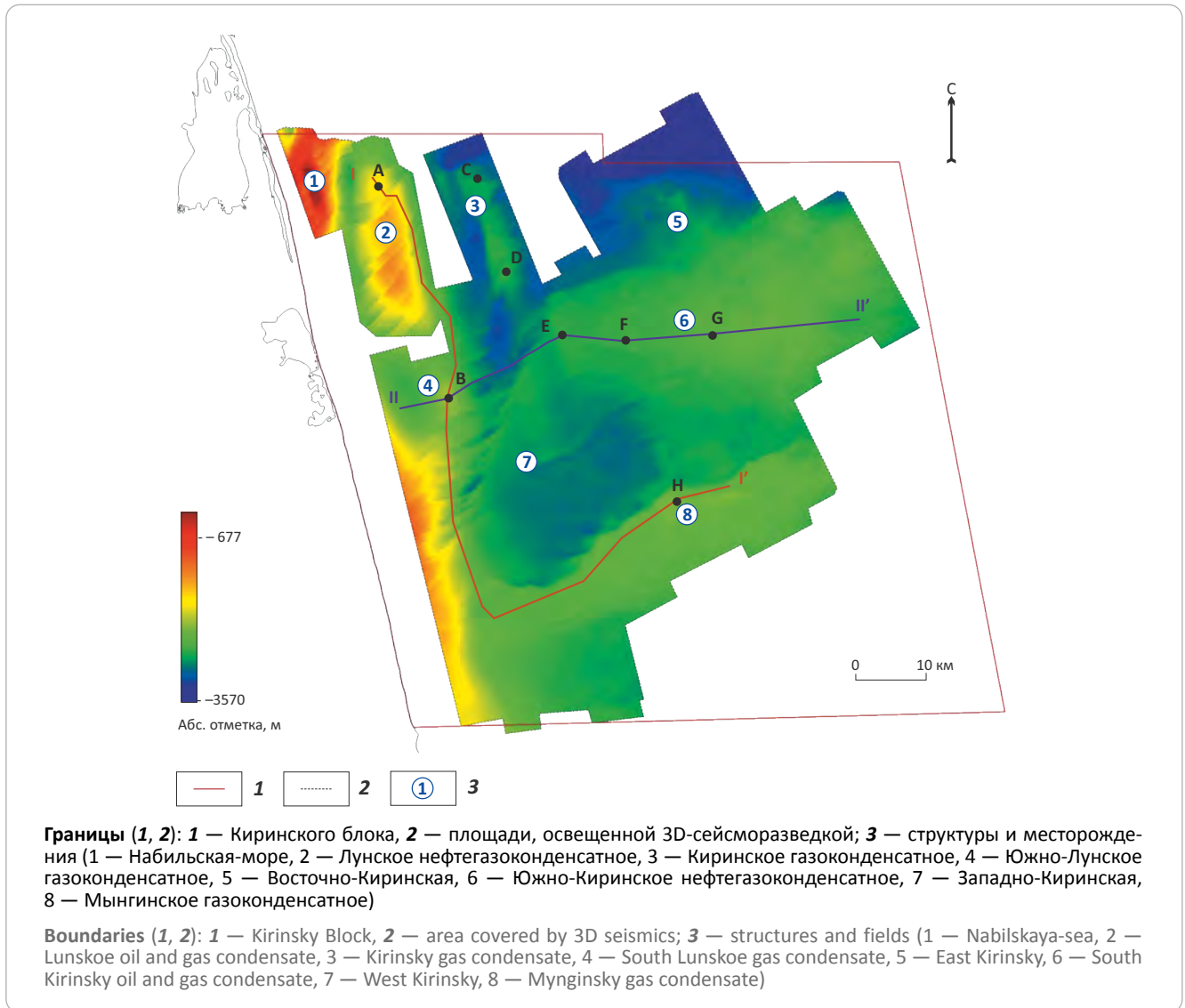
Учитывая это, на начальном этапе была проведена взаимная увязка разрезов пластов дагинского горизонта. Она выполнялась на основе комплексного анализа сейсморазведочных и скважинных данных. По результатам сейсмостратиграфической привязки скважин в целевом (дагинском) интервале разреза был достигнут высокий (0,75–0,85) коэффициент корреляции. Хорошая взаимная увязка между синтетическими и реальными сейсмограммами обеспечила высокую достоверность проводимых исследований.

Совместное изучение данных сейсморазведки и скважин показало, что наиболее выраженные в сейсмическом волновом поле отражения приурочены к поверхностям седиментационных циклов. В их названии использован индекс SB (sequence boundary), как это принято для обозначения таких стратиграфических единиц при выполнении сиквенс-стратиграфического анализа¹ [6–8]. В разрезе средне-позднедагинского разреза выделено шесть таких циклов.

Большой проанализированный объем материалов съемок 3D высокого качества позволил надежно проследить границы секвенций по сейсмическим данным. После этого хроностратиграфические гра-

¹Ольнева Т.В. Прогнозирование морфометрических характеристик литологических ловушек на основе объектно-ориентированного сейсмогеологического анализа : автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. — СПб. : Санкт-Петербургский гос. ун-т, 2018. — 37 с.

Рис. 1. Схема расположения опорных разрезов на структурной схеме по ОГ Dgl
Fig. 1. Location map: reference sections on the structural scheme of Dgl Reflector



ницы были прослежены и по скважинам (рис. 2, 3, см. рис. 1). Проведенные изыскания выявили несоответствие индексации продуктивных пластов Лунского и Южно-Лунского месторождений схеме расчленения целевого продуктивного разреза, принятого на Киринском, Южно-Киринском и Мынгинском месторождениях. Это наглядно иллюстрирует сводная таблица взаимной корреляции пластов дагинского горизонта (таблица). Выявленные различия объясняются тем, что в западной части изучаемого участка развиты отложения циклита SB₀ и увеличены толщины интервала SB₁.

Литофациальная характеристика разреза

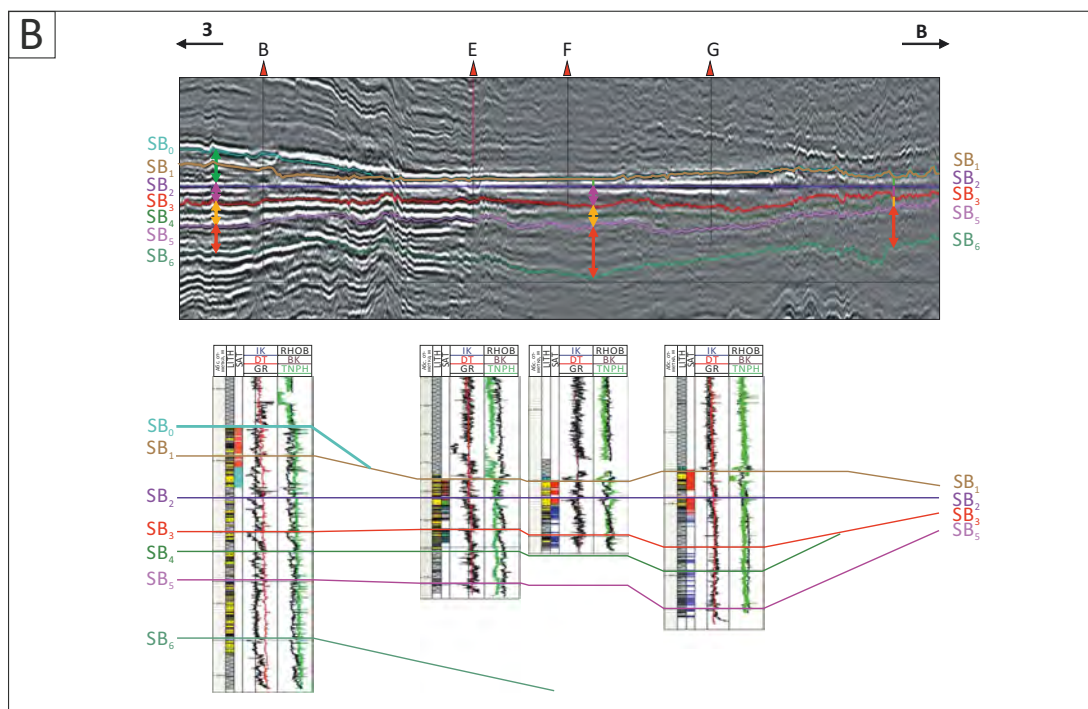
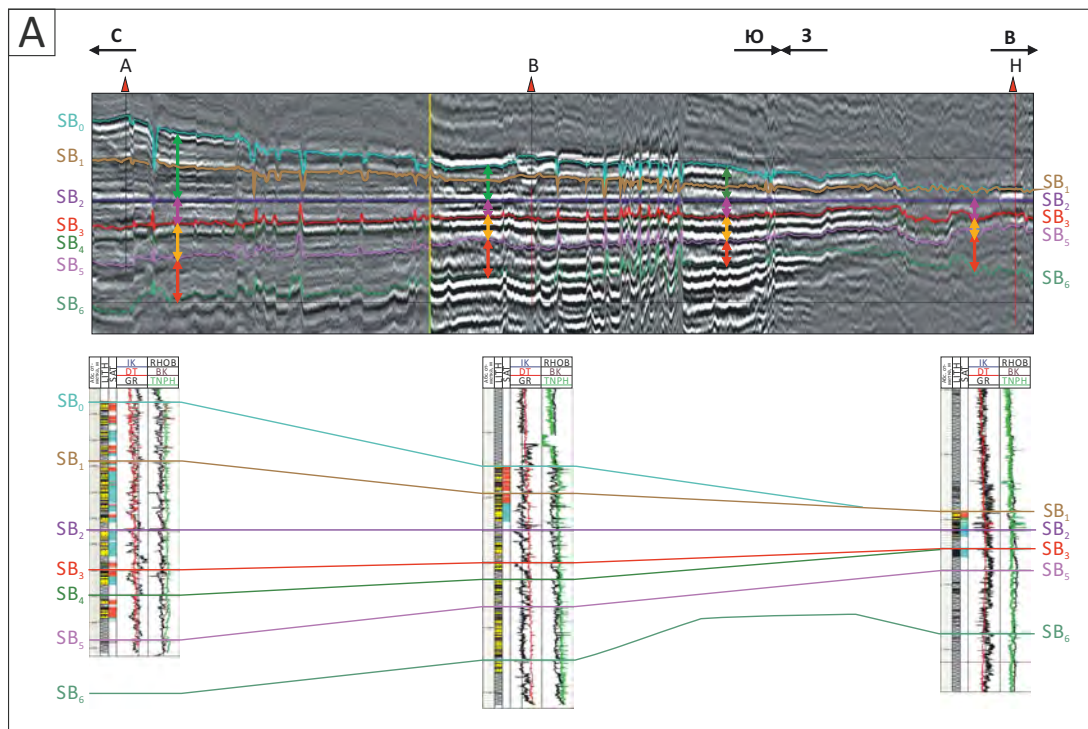
Литолого-фациальные и седиментологические исследования ядра выполнены на основе скважинных данных Лунского, Южно-Лунского, Киринского, Южно-Киринского, Мынгинского месторождений и Восточной площади, что позволило подробно изучить фациальную характеристику верхнедагинских отложений (рис. 4).

Отложения средне- и верхнедагинской подсистемы представляют собой мощный ритмично построенный комплекс. В разрезах наиболее крупных циклов выделяются: отложения трансгрессивной фазы (алевропесчаные породы), фазы выдвигания и роста (песчаники массивные однородные), фазы агградации (песчаники крупнозернистые биотурбированные) с характерными текстурно-структурными особенностями. Отложения фазы агградации соответствуют началу трансгрессивной последовательности. В ряде крупных циклов выделяются базальные отложения, которые представлены конгломератами, гравелитами и интенсивно биотурбированными песчаниками. Для этой ассоциации характерно: наличие поверхностей размыва и базального горизонта конгломератов в основании и резкое повышение глинистости песчаных пород вверх по разрезу. Эти зоны разреза выделяются по данным ГИС как участки улучшенных коллекторских свойств.



METHODOLOGY OF PROSPECTING AND EXPLORATION OF OIL AND GAS FIELDS

Рис. 2. Сейсмогеологические разрезы (палеореконструкция на конец седиментационного цикла SB₂)
Fig. 2. Geoseismic section (paleoreconstruction to the end of SB₂ depositional cycle)

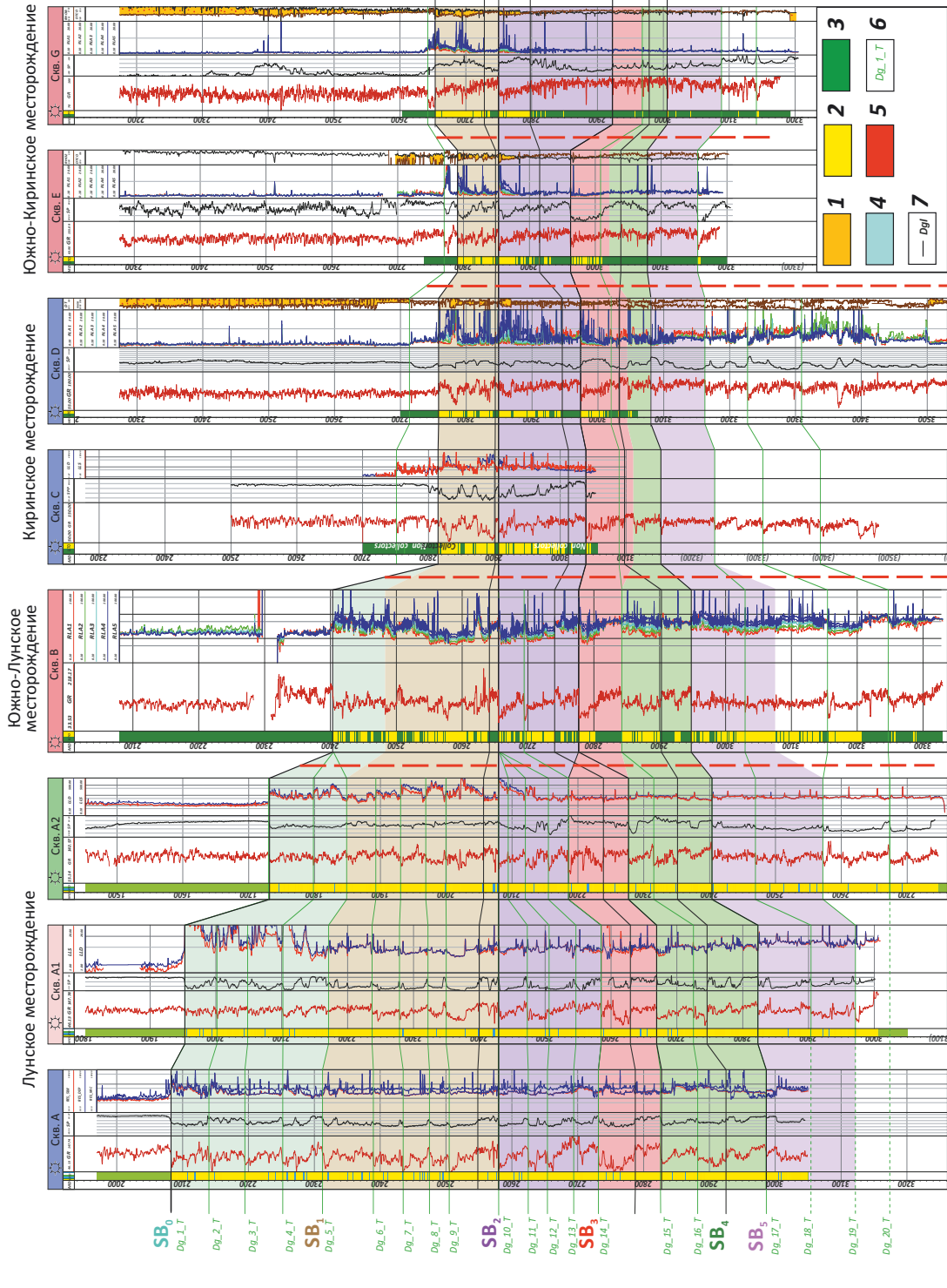


Разрезы по линиям: А — I—I', В — II—II'
 Sections along the lines: А — I—I', В — II—II'

Ритмичное строение разреза сохраняется на всей площади перспективного участка. В циклах, образующих пласты нижней части дагинского разреза, наблюдается закономерное увеличение песчаности вверх по разрезу и плавное изменение гранулометрического состава, что свидетельствует

об относительном преобладании процесса прогибания дна над скоростью привноса осадочного материала. Кроме того, плавность изменения гранулометрического состава и большие мощности интервалов указывают на практически компенсированный характер этих процессов.

Рис. 3. Схема межскважинной корреляции западной (Лунское, Южно-Лунское месторождения) и восточной (Кириновое, Южно-Кириновое месторождения) частей Кириновского блока
Fig. 3. Correlation chart across the wells in the western (Lunskoe, South Lunskoe fields) and eastern (Kirinsky, South Kirinsky fields) parts of the Kirinsky Block



1 — высокопористые песчаники и конгломераты; **2** — песчаники; **3** — алевролиты и глинистые породы; **4** — карбонатизированные породы; **5** — уплотненные породы (сидериты, карбонатизированные породы); **6** — индексация пластов Лунского месторождения; **7** — индексация пластов Южно-Кириновского месторождения
1 — highly porous sandstone and conglomerate; **2** — sandstone; **3** — siltstone and argillaceous rocks; **4** — consolidated rock (siderite, carbonatized rocks); **5** — indexing of Lunskoe field layers; **7** — indexing of South Kirinsky field layers



Таблица. Сводная взаимная корреляция пластов дагинского горизонта на Киринском лицензионном участке

Table. Multiple cross-correlation of layers within the Daginsky Horizon, Kirinsky License Area

Сиквенсы	ОГ	Месторождения				
		Лунское	Южно-Лунское	Киринское	Южно-Киринское	Мынгинское
ПетроТрейс 2021 г.		ПЗ 2015 г.	ОПЗ 2017 г.	ОПЗ 2017 г.	ОПЗ 2018 г.	ОПЗ 2019 г.
SB ₀	DgI	Dg_1_T	DgI	—	—	—
SB ₁		Dg_5_T	+	DgIIV	DgI	DgI
SB ₂	DgII	Dg_10_T	DgII	+	DgII	DgII
SB ₃	DgIII	Dg_14_T	DgIII	DgV	DgIII	DgIII
SB ₄	DgIV	Dg_15_T	DgIV	+	+	—
SB ₅	DgV	Dg_17_2_T	DgV	+	DgV	DgIV
SB ₆	DgVI	Dg_19_T	DgVI	+	+	+
6a	6a	•	+	+	•	DgX

Примечание. Циклы: + — развит на участке, не учтен в действующей индексации, + — предположительно развит на участке, не учтен в действующей индексации, — — не развит на участке, • — интервал не вскрыт скважинами.

Note. Cycles: + — occurs in the area, not accounted for in the current indexing, + — supposedly occurs in the area, not accounted for in the current indexing, — — does not occur in the area, • — interval is not encountered by wells.

Для верхней части разреза (циклиты SB₁, SB₀) характерно присутствие ритмов с обратной закономерностью — нижние части пластов характеризуются большим содержанием песчаного материала и имеют улучшенные коллекторские свойства. Песчаность этих пластов уменьшается вверх по разрезу. Для этого интервала типично развитие базальных трансгрессивных пачек, которые приурочены к верхним частям отдельных ритмов, а также присутствие поверхностей размыва, сопровождающихся интервалами субконтинентальных отложений с большим количеством крупнообломочного материала, в том числе обломков терригенных пород. Этот факт, а также отсутствие в верхней части разреза некоторых циклов дают возможность предположить, что часть отложений уничтожена эрозией в пределах палеоподнятий и, возможно, переотложена в локальных впадинах. Эти процессы могли способствовать формированию более мощных песчаных пластов на отдельных участках.

Представленная характеристика свидетельствует о постепенной смене режима осадконакопления с регрессивного на трансгрессивный, произошедшей на завершающем этапе формирования дагинского горизонта. Это хорошо видно по изменению формы каротажных диаграмм, записанных в скважинах, и закономерностям изменчивости фильтрационно-емкостных свойств в разрезе. Такая характеристика геофизических и керновых материалов хорошо гармонирует с результатами региональных исследований [9]. Выявленные тенденции позволяют констатировать развитие в пределах Киринского блока трех фациальных зон позднедагинского времени, сменяющих друг друга с запада на восток.

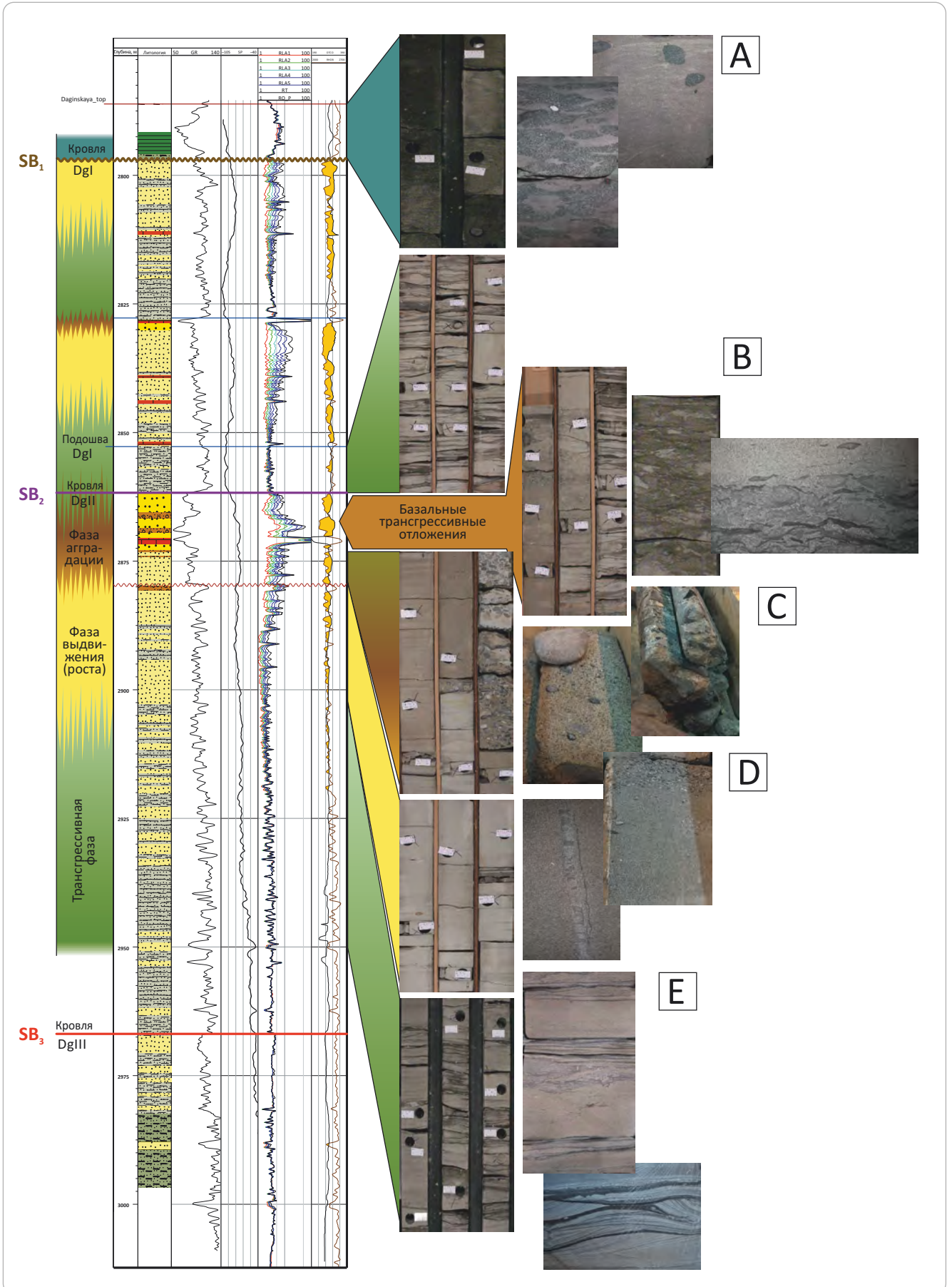
Дельтовая равнина занимает западную и центральную части изучаемой площади. Эта зона характеризуется частой сменой субаэральных обстановок

вок лагун, заливов и эстуариев, где накапливались глинистые отложения, субаквальные обстановки с преобладанием морских приливно-отливных процессов, где формировались преимущественно песчаные осадки. В этих фациальных зонах в позднедагинское время существовали обстановки барового волнового поля, пляжа и предфронтальной зоны пляжа (верхняя сублитораль). Исследуемый разрез представляет собой ритмичное чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов с мощными песчаными пластами. Глинистые интервалы, разделяющие ритмично построенные песчаные пачки, сформированы в зоне проделты, которая характеризуется обстановкой мелководья открытого моря — средней сублиторали. Здесь накапливались чередующиеся алевроглинистые и в меньшей степени песчаные осадки.

Продельта выделяется в восточной части площади (восточнее скв. G, см. рис. 1). Несмотря на относительное сокращение количества песчаного материала, скважинные данные позволяют установить наличие в разрезе участков с чередованием режимов субконтинентального и мелководно-морского типов осадконакопления. В этой зоне отмечается начало литологического замещения песчаных коллекторов, что хорошо видно на субширотных корреляционных схемах и сейсмических разрезах (рис. 5, см. рис. 3).

Вместе с тем в восточной части площади вблизи от линии литологического замещения установлено относительное увеличение в разрезе субконтинентальных разностей терригенных пород наряду с общей глинизацией всего разреза в целом. Наличие мелководной фациальной зоны в этом районе подтверждается характерными текстурами и большим количеством углисто-растительного детрита в массе пород. Это может быть объяснено тем, что на распространение песчаных отложений позд-

Рис. 4. Основные литологические типы пород и строение разреза на примере скв. E
 Fig. 4. Main lithological types of rocks and structure of the section by the example of E well



Усл. обозначения к рис. 4

Legend for Fig. 4

А — аргиллиты (характерны интенсивная биотурбация, углефицированный растительный детрит, ракушечный детрит, линзы песчаников, обогащенных хлоритом; интенсивная карбонатизация по массе), В — песчаники среднезернистые коричневатые-серые (характерны комковатые текстуры, интенсивная биотурбация, текстуры взмучивания осадка, рассеянный углефицированный растительный детрит, резкое увеличение содержания глинистого материала вверх по разрезу), С — конгломераты и гравелиты (хорошо окатанная галька магматических и метаморфических пород размером до 2–3 см; средне- и слабоокатанные обломки осадочных пород; характерна слабая цементация), D — песчаники средне- и крупнозернистые массивные и мелко- и среднезернистые массивные однородные хорошо сортированные (характерно отсутствие слоистости, параллельная горизонтальная или наклонная (крупная косая) слоистость; биотурбация), E — переслаивание алевропесчаников (характерны тонкая слоистость (иногда ритмичная и градационная), волнистая, косоволнистая и косая слоистость в песчаных прослоях; рябь волнения, текстуры течения, оползания, взмучивания, интенсивная биотурбация)

A — claystone (intense bioturbation, coalified plant slack, shell detritus, chlorite-rich sandstone lenses; intense carbonatization by weight), B — medium-grained brownish-grey sandstone (lumpy texture, intense bioturbation, sediment roiling structure, scattered coalified plant slack, sharp increase in argillaceous material up the section are typical), C — conglomerate and gravelstone (well-rounded pebble of igneous and metamorphic rocks up to 2–3 cm large; semiangular and poorly rounded fragments of sedimentary rocks; poor case-hardening is typical), D — medium and coarse grained massive and fine and medium grained homogeneous fine-graded sandstone (absence of bedding, horizontal parallel or oblique (coarse cross) bedding; bioturbation are typical), E — interbedding of silty sandstone (thin bedding (sometimes rhythmic and graded), convolute, cross-convolute and cross-bedding in sandy partings; wave ripples, flow, creep, soil roiling structures, and intense bioturbation are typical)

недагинского возраста большое влияние оказывал постепенный рост антиклинального Южно-Кириинского поднятия, установленный по палеотектоническим построениям на завершающем этапе формирования дагинской толщи.

Сублитораль занимает крайнюю восточную часть изучаемой площади. Здесь происходило накопление преимущественно глинистых осадков внешнего шельфа. Однако необходимо отметить, что разрез дагинских отложений, особенно вблизи линии литологического замещения песчаников, сохраняет уверенную корреляцию геологических границ и закономерность внутреннего строения. В разрезе также сохраняются породы-коллекторы в ограниченном количестве.

Фактические данные свидетельствуют о возрастающей роли тектонической активности во время формирования верхней части разреза дагинского горизонта (циклиты SB_1 , SB_0). Тектонические процессы локально нарушили седиментационную структуру разреза и конфигурацию всей дельтовой системы в плане. Так, в западной части площади в описываемое время интенсивно развивается зона линейного прогиба с конседиментационным заполнением осадками, поступающими с материка. В восточной части Южно-Кириинской площади и на Мынгинской площади начинают формироваться поднятия. Мынгинское поднятие развивается относительно более интенсивно вплоть до выхода осадков на дневную поверхность и образования локальной области эрозии в купольной части структуры и зоны переотложения размытого материала в южном направлении. Анализ палеорекоконструкций (рис. 6) наглядно показывает ступенчатое сокращение мощности начиная с интервала пластов DgV – $DgVI$ (SB_5 – SB_6), достигающее максимального развития ко времени формирования пласта $DgIII$ (SB_3). В дальнейшем воздымание Мынгинского поднятия продолжается, сопровождаясь становлением

впадины Пограничного прогиба к югу. Таким образом, на момент завершения агградационного цикла (SB_1) осадочный бассейн оказывается разделенным на две части субширотной зоной поднятий.

Сиквенс-стратиграфический анализ

Создание единой модели расчленения целевого интервала дагинского горизонта позволило проанализировать особенности строения дагинских отложений на Кириинском блоке на основе принципов сиквенс-стратиграфического анализа [6–8]. Для этих целей было использовано 11 скважин (см. рис. 1, 3, 5).

Отложения дагинского горизонта на исследуемой площади можно разделить на две пачки, разделенные поверхностью SB_2 . Нижняя включает седиментационные циклы SB_6 – SB_2 . Она представляет собой четкую проградационную последовательность напластованных по вертикали комплексов дельтовых осадков. Ниже представлена краткая характеристика каждого из них.

SB_6 — полностью вскрыт 4 скважинами и представляет собой ярко выраженный трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл. По данным ГИС, интервал представлен преимущественно глинистыми отложениями. Мощная (более 50 м) пачка песчаников вскрыта лишь скв. Вблизи поверхности сиквенса SB_6 (см. рис. 3, 5). Единичные пласты песчаников также выделяются в разрезе некоторых скважин Лунского месторождения.

SB_5 — полностью вскрыт 6 скважинами. Данный интервал представляет собой трансгрессивный системный тракт, сложенный песчаными и глинистыми породами. Как и в интервале SB_6 , здесь отмечается тенденция к постепенной глинизации разреза с запада на восток. Наибольшая доля песчаников вскрыта скважинами, пробуренными на западе участка.

Рис. 5. Межскважинная корреляционная схема седиментационных циклов по опорным скважинам Киринского блока
 Fig. 5. Depositional cyclothem correlation chart across the key wells of the Kirinsky Block

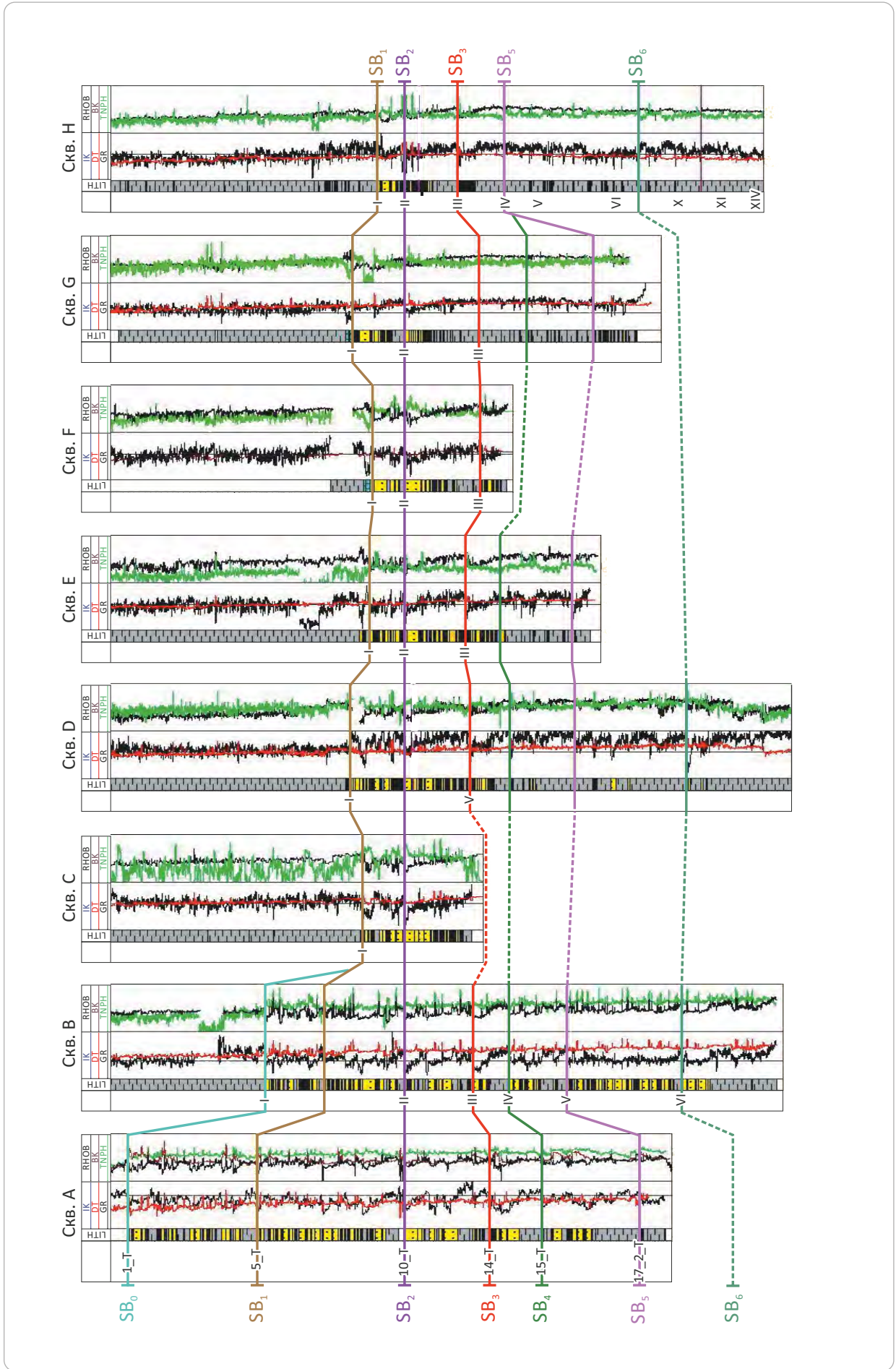
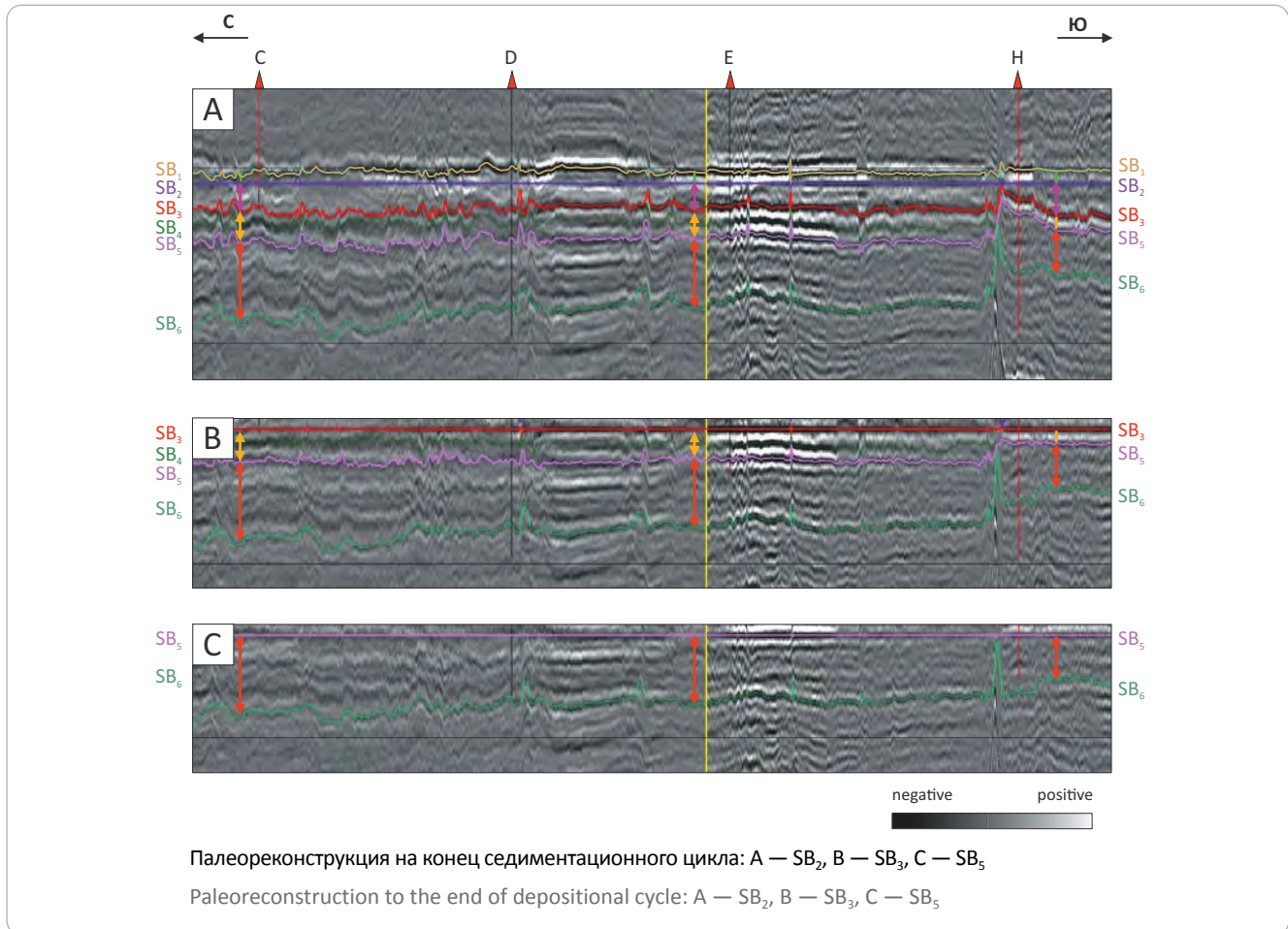




Рис. 6. Сейсмический разрез через скважины С, D, E, H
Fig. 6. Seismic section across C, D, E, H wells



SB₄ — полностью вскрыт 8 скважинами. По данным ГИС хорошо видно, что интервал SB₅ сложен серией проградационных парасиквенсов (см. рис. 3, 5). Песчаность интервала снижается с запада (Лунский, Южно-Лунский участки) на восток.

SB₃ — полностью вскрыт 10 скважинами и представляет собой трансгрессивно-регрессивный цикл. Особенностью этого цикла является то, что значительный объем песчаных отложений выявлен во всех опорных скважинах, кроме скв. G.

SB₂ — этот цикл, как и все вышележащие, полностью вскрыт всеми скважинами, керн которых отобран для анализа. Он имеет ярко выраженную трансгрессивно-регрессивную характеристику по ГИС и, по-видимому, завершает проградационный этап осадконакопления. В данном интервале также наблюдается тенденция к глинизации с запада на восток, однако выдержанные пласты песчаников представлены повсеместно.

Завершение цикла SB₂ сопровождается резким повышением относительного уровня моря, в результате чего регрессивный характер накопления осадков, преобладавший все дагинское время, сменился на трансгрессивный. Это событие маркирует базальная трансгрессивная пачка.

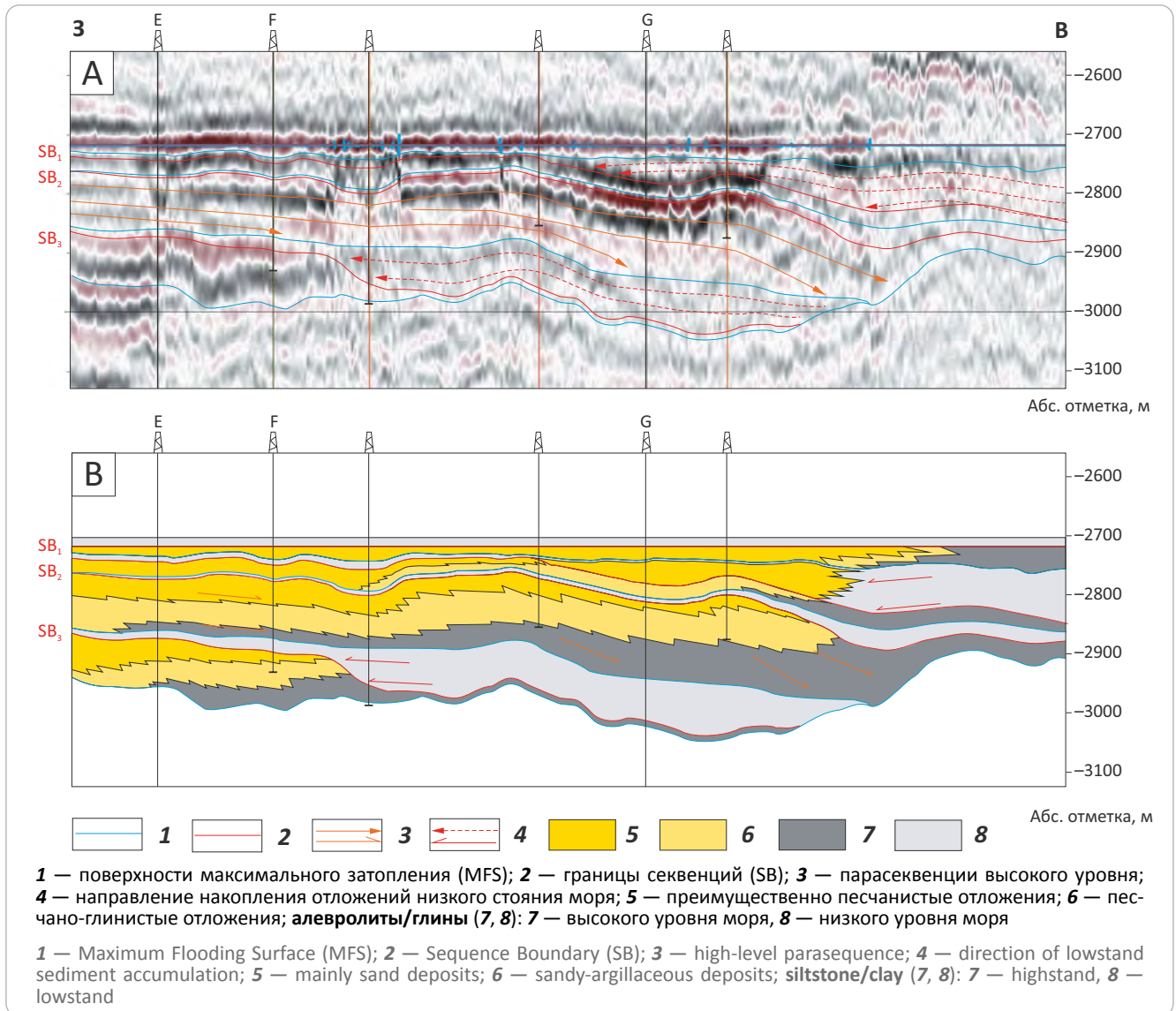
SB₁ — основной продуктивный интервал дагинского горизонта, сложенный преимущественно песчаниками с тонкими пропластками глин. Этот интервал характеризуется высокой латеральной выдержанностью и песчаностью почти по всей площади Киринского блока. Такое строение объясняется рядом факторов.

1. Агградационным (регрессивно-трансгрессивным) характером этого седиментационного цикла, что объясняет и частую смену положения относительного уровня моря, и большой объем обломочных осадков, накопившихся в это время.

2. Активизацией роста Южно-Киринского и Мынгинского поднятий в конце дагинского времени. То есть поднятия выступили в роли седиментационной дамбы, ограничившей поступление обломочного материала вглубь бассейна, что, по-видимому, тоже повлияло на высокую песчаность этого циклита. Пример такого комплекса выделен в нижней части циклита SB₁, в районе скв. G (рис. 7).

SB₀ — этот ретроградационный цикл представлен только в скважинах Лунского и Южно-Лунского участков, на остальной площади он не развит. Результаты комплексного сейсмогеологического ана-

Рис. 7. Сиквенс-стратиграфическая схема верхнедагинских отложений в районе Южно-Киринского поднятия
 Fig. 7. Sequence-stratigraphy scheme of Late Daginsky deposits in the area of the South Kirinsky High



лиза позволяют довольно точно спрогнозировать границу его выклинивания. Данный интервал в пределах изучаемой площади характеризуется высоким коэффициентом песчаности.

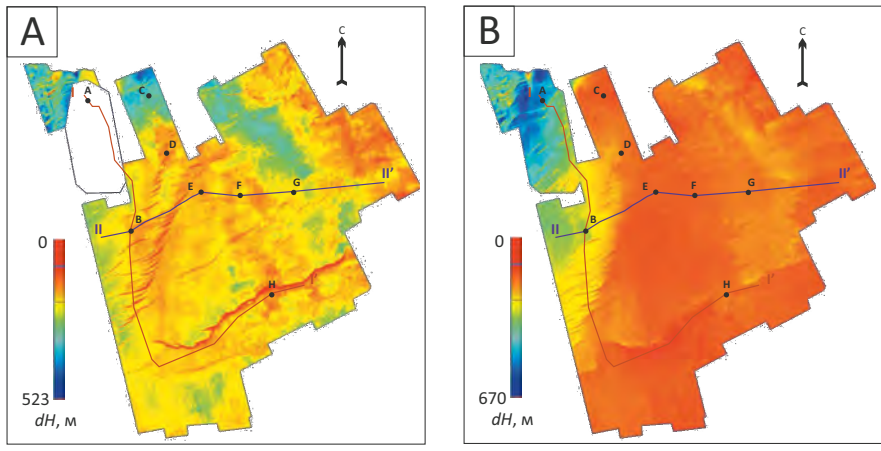
Для дальнейшего анализа фациальных обстановок была выполнена «сшивка» структурных карт прошлых лет по поверхностям, ограничивающим средне-позднедагинский интервал разреза (ОГ 6а, 6), а также построена карта поверхности седиментационного цикла SB₂. Это позволило построить схемы толщин проградационного (ОГ 6а–SB₂) и ретроаградационного (SB₂–ОГ 6) комплексов дагинского горизонта (рис. 8). Их изучение показывает, что проградационный комплекс достаточно равномерно развит в пределах Киринского блока. Небольшое увеличение толщин отмечается на периферии Южно-Киринского и вдоль южного крыла Мынгинского поднятий. Вероятно, эти участки маркируют области повышенной песчаности, сформированные на этапах роста этих структур. Макси-

мальные мощности проградационного комплекса закартированы в северо-западной части исследуемого участка и отражают южное окончание крупного седиментационного депоцентра, приуроченного к Чайвинской синклинали зоне. Мощности ретроаградационного комплекса выдержаны почти по всей площади Киринского блока. Лишь на северо-западе отмечается резкое увеличение толщин, которое маркирует область развития циклита SB₀.

Проведенные исследования позволили составить принципиальные фациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта, к которым приурочены продуктивные и перспективные горизонты Дагинского нефтегазосносного района (рис. 9). На сегодняшний день эти схемы базируются на скважинных данных и изучении серии сейсмических разрезов и требуют дальнейшего уточнения за счет корреляции поверхностей сиквенсов (см. таблицу) по всем сейсмическим кубам Киринского блока. Расчет набора структур-

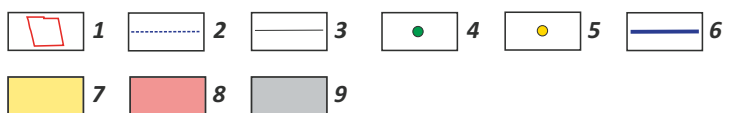
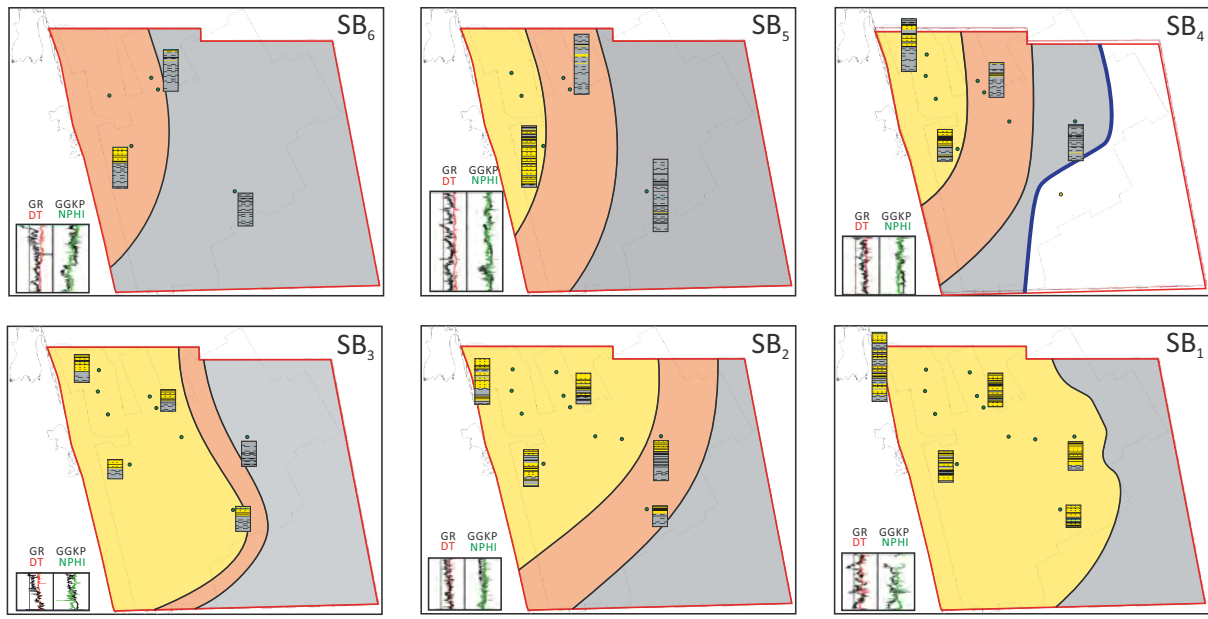
METHODOLOGY OF PROSPECTING AND EXPLORATION OF OIL AND GAS FIELDS

Рис. 8. Схемы толщин седиментационных комплексов дагинского горизонта
Fig. 8. Schemes of depositional sequence thickness, the Daginsky Horizon



A — проградационный (ОГ 6а-SB₂), B — ретроаградационный (SB₂-ОГ 6)
 A — progradational (6a Reflector – SB₂), B — retroaggradational (SB₂ – 6 Reflector)

Рис. 9. Фациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта
Fig. 9. Facies schemes of main depositional cycles, the Daginsky Horizon



Границы (1, 2): 1 — Киринского лицензионного блока, 2 — площади, освещенной 3D-сейсморазведкой; 3 — береговая линия о-ва Сахалин; **скважины (4, 5):** 4 — вскрывшие седиментационный цикл, 5 — не вскрывшие седиментационный цикл; 6 — граница развития седиментационного цикла; **фации (7-9):** 7 — проксимальной дельты, 8 — дистальной дельты, 9 — глинистые шельфа

Boundaries (1, 2): 1 — Kirinsky license block, 2 — area covered by 3D seismic data; 3 — coastline of Sakhalin Island; **wells (4, 5):** 4 — encountering depositional cycle, 5 — not encountering depositional cycle; 6 — boundary of depositional cycle occurrence; **facies (7-9):** 7 — proximal delta, 8 — distal delta, 9 — argillaceous of shelf

ных карт, карт толщин и динамических атрибутов позволит существенно уточнить представление о строении дагинского горизонта на этом участке.

Выводы

1. Совместное изучение данных сейсморазведки и скважинных материалов позволило надежно проследить границы секвенций на изучаемой площади Киринского перспективного участка и определить положение хроностратиграфических границ в разрезах, в результате чего установлено несоответствие индексации продуктивных пластов дагинского горизонта, используемой на объектах западной части площади Киринского блока (Лунское, Южно-Лунское месторождения), принятой в центральной и восточной частях участка (Киринское, Южно-Киринское, Мынгинское месторождения, Восточный объект). Составлена схема корреляции пластов дагинского горизонта на Киринском лицензионном участке, которая позволяет увязать в единую непротиворечивую систему все фактические данные о строении продуктивного разреза, полученные в процессе геологического изучения месторождений. Ее применение позволило повысить качество исследований строения резервуаров дагинского горизонта и проследить зональные тен-

денции его латеральной изменчивости на изучаемом участке.

2. Изучение особенностей строения разреза позволило сделать вывод, что большую часть средне-позднедагинского времени осадконакопление имело регрессивный характер, что хорошо проявляется на фациальных схемах. В интервале SB₆–SB₂ происходит постепенное продвижение палеodelьты вглубь бассейна, в результате чего отмечается постепенное опесчанивание разреза и расширение ареала накопления обломочных отложений снизу вверх по разрезу. Формирование проградационного пакета парасиквенсов завершает резкое повышение относительного уровня моря, в результате чего регрессия, преобладавшая все дагинское время, сменяется трансгрессией. Анализ данных ГИС и материалов керна свидетельствует об аградационном характере седиментационного цикла SB₁, что объясняет и частую смену положения относительного уровня моря, и большой объем обломочных осадков, накопившихся в это время. Завершает формирование дагинского горизонта ретроградационный цикл SB₀. В пределах Киринского блока он имеет локальное развитие и представлен только в скважинах Лунского и Южно-Лунского участков и в районе перспективной структуры Набильская-море.

Литература

1. Астафьев Д.А., Толстиков А.В., Наумова Л.А., Кабалин М.Ю. Перспективные направления газонефтепоисковых работ на морском шельфе России в XXI веке // Журнал ROGTEC. – 2020. – № 58. – С. 74–91.
2. Бычков А.В., Коблов Э.Г., Харахинов А.В. Направления поисковых работ на нефть и газ на Северном Сахалине // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 3. – С. 8–11.
3. Гайнаншин Р.Н., Логвиненко Н.В., Жуковская Е.А., Сначев М.В., Литвин В.В., Таныгин И.А. Шельф о. Сахалин – новые горизонты // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 12. – С. 22–26. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-22-24.
4. Новиков Ю.Н., Маргулис Л.С., Андиева Т.А., Гома Л.М., Пылина Л.М., Большакова Н.В., Крестина О.И., Турова Е.С. Территориальный углеводородный потенциал Дальнего Востока в XXI веке: итоги геологоразведочных работ и тенденции недропользования [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – № 2. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2015.pdf (дата обращения 12.11.2021 г.). DOI: 10.17353/2070-5379/23_2015.
5. Толстиков А.В., Астафьев Д.А., Кабалин М.Ю., Наумова Л.А., Шаров С.А. Новые направления поисково-разведочных работ на северо-восточном шельфе о. Сахалин [Электронный ресурс] // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2020. – № 3. – С. 3–15. – Режим доступа: http://vesti-gas.ru/sites/default/files/files/vgn_3-45-2020-all.pdf (дата обращения 12.11.2021 г.)
6. *Sequence Stratigraphy of Siliciclastic Systems – The ExxonMobil Methodology (Concepts in Sedimentology and Paleontology (CSP) Series)* / Под ред. V. Abreu, J. Neal, K. Bohacs, J. Kalbas. – SEPM, 2010. – 226 с.
7. Emery D., Myers K. *Sequence stratigraphy*. – London : Blackwell science Ltd, 1996. – С. 23–25.
8. Ольнева Т.В. Сейсмофациальный анализ. Образы геологических процессов и явлений в сейсмическом изображении. – СПб. : Институт компьютерных исследований, 2018. – 152 с.
9. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. – М. : Научный мир, 2010. – 276 с.

References

1. Astafyev D.A., Tolstikov A.V., Naumova L.A., Kabalin M.Yu. Russian Offshore Promising Oil & Gas Exploration Areas. *ROGTEC*. 2020;(58): 74–91. In Russ.
2. Bychkov A.V., Koblov E.G., Kharakhinov A.V. Oil and gas exploration trends of North Sakhalin and offshore. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik OAO "NK "Rosneft"*. 2012;(3):8–11. In Russ.
3. Gainanshin R.N., Logvinenko N.V., Zhukovskaya E.A., Snachev M.V., Litvin V.V., Tanygin I.A. The Sakhalin offshore – new horizons. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2018;(12):22–26. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-22-24. In Russ.
4. Novikov YU.N., Margulis L.S., Andieva T.A., Goma L.M., Pylina L.M., Bol'shakova N.V., Krestina O.I., Turova E.S. Regional hydrocarbon potential of the far east in the XXI century: exploration results and trends in subsoil use. *Neftgazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. 2015;(2): Available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2015.pdf. DOI: 10.17353/2070-5379/23_2015 (accessed on 12.11.2021). In Russ.
5. Tolstikov A.V., Astafyev D.A., Kabalin M.Yu., Naumova L.A., Sharov S.A. New challenges of geological prospecting and exploration at Northeast shelf of Sakhalin. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik "Vesti gazovoi nauki"*. 2020;(3):3–15. Available at: http://vesti-gas.ru/sites/default/files/files/vgn_3-45-2020-all.pdf. (accessed on 12.11.2021). In Russ.

METHODOLOGY OF PROSPECTING AND EXPLORATION OF OIL AND GAS FIELDS

6. *Sequence Stratigraphy of Siliciclastic Systems – The ExxonMobil Methodology (Concepts in Sedimentology and Paleontology (CSP) Series)*. In: V. Abreu, J. Neal, K. Bohacs, J. Kalbas., eds. SEPM; 2010. 226 p. In Russ.
7. *Emery D., Myers K.* Sequence stratigraphy. London: Blackwell science Ltd; 1996. pp. 23–25. In Russ.
8. *Ol'neva T.V.* Seismofatsial'nyi analiz. Obrazy geologicheskikh protsessov i yavlenii v seismicheskom izobrazhenii [Seismofacial analysis. Images of geological processes and phenomena in a seismic image]. St. Petersburg: Institut komp'yuternykh issledovaniy; 2018. 152 p. In Russ.
9. *Kharakhinov V.V.* Neftegazovaya geologiya Sakhalinskogo regiona [Petroleum Geology of the Sakhalin Region]. Moscow: Nauchnyi mir; 2010. 276 p. In Russ.

Информация об авторах

Шегай Вадим Игоревич

Ведущий геолог

ООО «ПетроТрейс»,

115114 Москва, ул. Летниковская, д. 10, стр. 4

e-mail: vadim.shegay@ptgeos.com

ORCID ID: 0000-0002-1066-5300

SCOPUS ID: 57112514200

Штейн Ян Игоревич

Кандидат геолого-минералогических наук,
главный специалист

ООО «Арктический научный центр»,

119049 Москва, ул. Большая Якиманка, д.33/13, стр.2

e-mail: iaishtein@rn-anc.ru

Толстик Алексей Владимирович

Начальник лаборатории

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

142717 Московская область, Видное, п. Развилка,

пр-д Проектируемый № 5537, зд. 15, стр. 1

e-mail: A_Tolstikov@vniigaz.gazprom.ru

Information about authors

Vadim I. Shegay

Leading Project Specialist

PetroTrace,

10/4 ul. Letnikovskaya, Moscow, 115114, Russia

e-mail: vadim.shegay@ptgeos.com

ORCID ID: 0000-0002-1066-5300

SCOPUS ID: 57112514200

Yan I. Shteyn

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Chief specialist

Arkticheskii nauchnyi tsentr,

33/13, str. 2 ul. Bolshaya Yakimanka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: iaishtein@rn-anc.ru

Alexey V. Tolstikov

Head of the Laboratory

Gazprom VNIIGAZ,

15 Proyektiruyemyy proyezd № 5537, bld. 15, poselok Razvilka,

Vidnoye, Moscow region, 142717, Russia

e-mail: A_Tolstikov@vniigaz.gazprom.ru