

Драганчук Ольга Анатольевна, геолог 1 категории лаборатории оперативного подсчета запасов по месторождениям Ямалского района Центра геологического моделирования и подсчета запасов, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, тел. 8(3452)545272, e-mail: DraganchukOA@tmn.lukoil.com

Титов Юрий Владимирович, геолог 1 категории лаборатории камеральной обработки и профильных исследований керна Центра исследования керна и пластовых флюидов, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, тел. 8(34667)60045, e-mail: TitovYV@nipi.ws.lukoil.com

Draganchuk O. A., Geologist of the 1st Category of the Laboratory of Operational Estimation of Reserves for Yamal Region Fields of the Center for Geological Modeling and Stock Counting, Branch of LLC «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPneft» in Tyumen, phone: 8(3452)545272, e-mail: DraganchukOA@tmn.lukoil.com

Titov Yu. V., Geologist of the 1st Category of the Laboratory of Processing and Core Research of the Center for Drill Sample and Reservoir Fluids, Branch of LLC «LUKOIL-Engineering» «KogalymNIPneft» in Tyumen, phone: 8(34667)60045, e-mail: TitovYV@nipi.ws.lukoil.com

УДК 550.834

ЗАГЛИНИЗИРОВАННАЯ БЕРРИАС-ГОТЕРИВСКАЯ ТОЛЩА НА ЯМАЛЕ И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛОВУШКИ ВЫКЛИНИВАНИЯ BERRIASIAN-HAUTERIVIAN SHALE SEQUENCE AND ASSOCIATED PINCH-OUT TRAP PROSPECTS OF THE YAMAL PENINSULA

А. А. Куркин, Н. В. Янкова, В. И. Кузнецов, С. К. Стуликов
A. A. Kurkin, N. V. Yankova, V. I. Kuznetsov, S. K. Stulikov

ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: неантиклинальные перспективные объекты;
ловушки выклинивания; клиноформы; медвежья толща*
Key words: non-anticline prospects; pinch-out traps; clinoforms; Medvezhya sequence

Согласно официальным оценкам, на Ямале содержатся колоссальные объемы ресурсов углеводородов (УВ): 10 400 млрд м³ ресурсов газа и 220 млн т нефти. Больше трети ресурсов газа сосредоточено в мелких структурных ловушках апт-альб-сеноманского комплекса (рис. 1), где на Ямале и Гыдане отмечается низкий процент успешности поисково-разведочного бурения [1]. Крупных надежных структурных поднятий для постановки поискового бурения на Ямале не осталось.



Рис. 1. Распределение запасов и ресурсов газа по интервалам на юго-востоке Ямала

Вместе с тем относительно невысокие официальные оценки ресурсов неокомских отложений, включая ачимовскую толщу, представляются заниженными. На юге Ямала открыты крупные месторождения в этом интервале — Ростовцевское и Новопортовское. Также получены притоки УВ из неокомских и ачимовских объектов, не числящихся на государственном балансе, на многих других площадях: Малыгинская [2], Сядорская, Пяседайская, Верхнетиутейская, Хамбате́йская, Среднеямальская, Южно-Нурминская. Отсюда следует вывод, что ресурсная база



Рис. 2. Карта толщин глинистого берриас-готеривского интервала (восходная толща)

тивные ловушки барьерного типа [8, 9].

Для корректной ресурсной оценки необходимо обобщение результатов ранее проведенных работ в единую модель. Дело в том, что большинство числящихся на государственном балансе перспективных ловушек было выделено на основе 2D сейсмических работ 25-летней давности по методически различным подходам и рассредоточено по всей обширной площади Ямала.



Рис. 3. Сейсмический разрез по линии 1 (расположение отмечено на рис. 6)

Ямала может быть существенно увеличена за счет выявления новых перспективных объектов неантиклинального типа в неокомском интервале [3]. Так, в целом по Ямало-Ненецкому автономному округу в ходе геолого-разведочных детализирующих и обобщающих работ за последние 10–15 лет ресурсы ачимовского нефтегазоносного комплекса (НГК) увеличились на 30–50 % [4]. Опыт разведки крупнейших месторождений севера Западной Сибири показывает, что оцениваемые запасы УВ в неомских залежах возрастают относительно первоначальных оценок [5].

В качестве одного из приоритетных перспективных направлений поиска новых неантиклинальных ловушек следует рассматривать юго-восточную часть Ямала (рис. 2), где неомский интервал имеет особо сложное, двухэтажное строение, при этом местами он сильно опесчанен (так называемая новопортовская толща). Здесь на сейсмических разрезах выделяются отражающие границы не только традиционного западного падения, но и юго-восточного, и северо-восточного падения [6] (рис. 3).

Предположения о наличии перспективных объектов в зоне «интерференции» клиноформ встречного падения высказывались еще в конце 1980-х гг. А. Л. Наумовым, В. С. Соседковым [7] и др. Современными исследователями здесь выделяются перспек-

Ранее выполненные обобщающие работы основывались на региональной сети профилей и были нацелены на выделение крупных перспективных зон внутри региональных и зональных неокомских циклитов. Опубликованных современных обобщающих работ, учитывающих и сохраняющих степень детализации материалов площадных съемок, нет.

Цель работы — изучение особенностей строения неокомского интервала, поиск и картирование перспективных объектов неантиклинального типа на юго-востоке полуострова Ямал на основе создания единой детальной сейсмогеологической модели.

Исходными данными для сейсмогеологического каркаса были материалы бурения 170 скважин, сейсмические профили 2D общей длиной более 20 000 пог. км, переобработанные по современной методике, а также 3D-съемки на Мало-Ямальском и Новопортовском участках недр. Проведена детальная скважинная и сейсмическая корреляция неокомского интервала — прослежено 13 отражающих горизонтов, закартированы границы их распространения и выклинивания, построены структурные карты. По картам толщин и визуально по сейсмическим разрезам были определены геоморфологические границы — верхние («бровки») и нижние перегибы клиноформ.

Надо отметить, что выделение геоморфологических границ затруднено из-за пологости клиноформ Ямала, связанной с условиями их формирования. Большая часть неокомских отложений Ямала относится к барремским комплексам, а на юге полуострова — к позднеготеривским [10]. Это последний цикл бокового заполнения бассейна, для которого характерны большая удаленность от восточных источников сноса и более мелководные условия осадконакопления.

На основе палеогеоморфологического анализа и атрибутного анализа сейсмических данных с учетом скважинных материалов были выделены зоны предполагаемого накопления песчаного материала в унда-, фондо- и клиноте. Методические приемы картирования неантиклинальных ловушек неокома Западной Сибири на основе данных сейсморазведки хорошо известны и подробно описаны в работах многих авторов [11–13]. Зоны выделялись по двум основным критериям — наличие геологически значимых раздувов толщин и/или сейсмических аномалий. Аномалии картировались с помощью атрибутного анализа, а также визуально по сейсмическим разрезам.

Результаты. Глинистая берриас-готеривская толща на юго-западе Ямала. Отличительной особенностью строения неокомских отложений Ямала, как уже ранее было сказано, является наличие на сейсмических разрезах отражающих границ юго-восточного и северо-восточного падений, которые нельзя отождествить с традиционными клиноформами западного падения ахской свиты (см. рис. 3). В результате детальной корреляции эти аномальные отражающие границы были выделены в отдельную толщу. Назовем ее берриас-готеривской, обоснование возраста по керну приведем далее. Толща была выделена по характерному рисунку сейсмической записи — плоскопараллельные, пологие клинья; к кровле комплекса приклиниваются традиционные клиноформы, — а также по скважинным данным. В интервале этой толщи ни в одной скважине коллекторы не обнаружены.

Наибольшие толщины описываемого комплекса наблюдаются в районе Щучинского выступа и Нурминского поднятия и составляют более 400 м (см. рис. 2).

На всей территории по керну рассматриваемая толща представлена черными и темно-серыми плитчатыми слюдистыми аргиллитами, а на самом западе — серыми алевролитами, с вкраплениями пирита, что предполагает глубоководные морские условия осадконакопления. Возрастные биостратиграфические определения были проведены по микрофауне и аммонитам в скважинах 301, 302 Западно-Яротинских, 3002 Мало-Ямальской, 8 Южно-Нурминской (рис. 4), 94 Ростовцевской [14]. Возраст изменяется в широких пределах от берриаса до готерива.

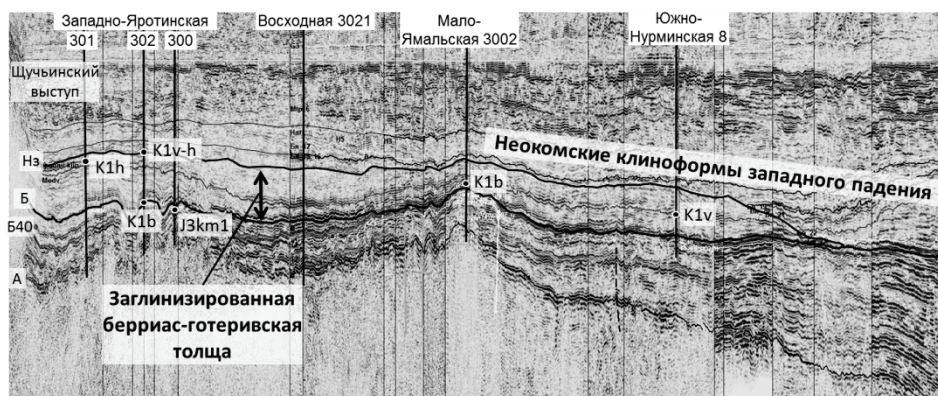


Рис. 4. Сейсмический разрез по линии 2 (расположение отмечено на рис. 6)

Таким образом, данная глинистая толща накопилась раньше традиционных неокомских клиноформ, которые, как было отмечено ранее, на юге Ямала имеют позднеготеривский возраст. Это подтверждается сейсмическим образом исследуемых отложений. В зоне между Нурминским и Нулмуяхинским (Ростовцевским) поднятиями четко видно выклинивание фондоформы более поздних клиноформ западного падения на кровлю берриас-готеривской толщи по характерным сейсмofациям подошвенного прилегания, а также по аномалиям «яркие пятна», соответствующим песчаным пластам, накапливающимся в зонах приклинивания (рис. 5).

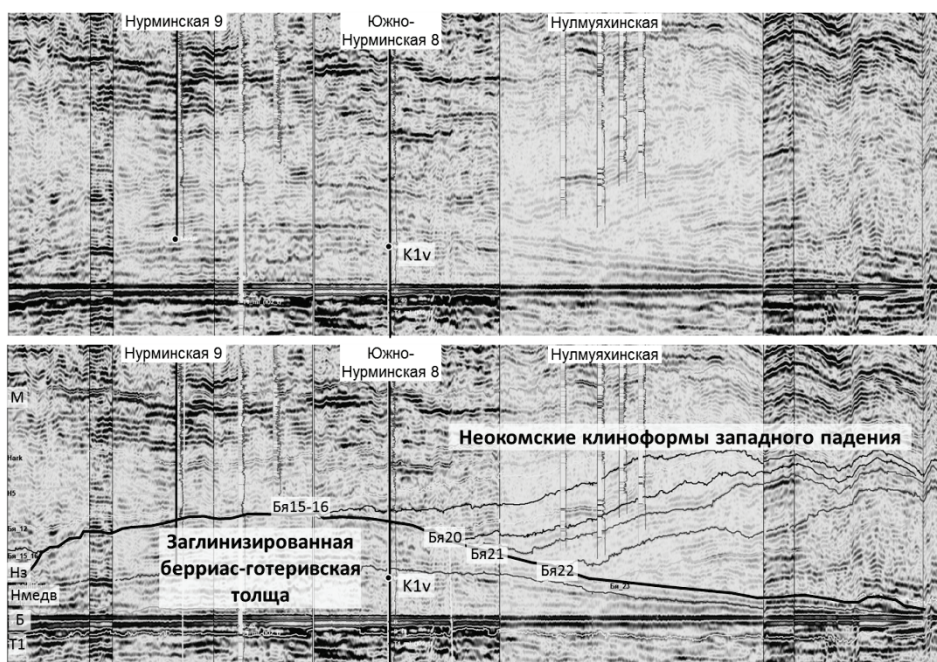


Рис. 5. Сейсмический разрез по линии 3 без (вверху) и с интерпретацией (внизу) (расположение отмечено на рис. 6)

Следует отметить, что кровля комплекса отображается на временных разрезах порой достаточно условно. Так, в зоне между Нурминским и Хамбате́йским поднятиями подошвенное налегание прослеживается хуже. Это можно объяснить

схожими акустическими свойствами — в данной зоне фондоформные части клиноформ западного падения, вероятно, также заглинизированы.

Карта толщин между первой покровной неокомской арктической пачкой и кровлей рассматриваемой толщи иллюстрирует палеорельеф дна неокомского бассейна на момент начала накопления традиционных клиноформ (рис. 6). Очевидно, что в рельефе дна палеобассейна был выражен структурный нос, выпирающий в зоне наибольшей мощности глинистой толщи — в районе Нурминского поднятия.

Какова же геологическая интерпретация и происхождение данной толщи? Некоторые исследователи, например В. С. Соседков, трактовали этот комплекс как *западные клиноформы восточного падения* [7] Уральско-Пайхойского сноса [15]. Действительно, на композитном сейсмическом разрезе на рисунке 4 виден источник сноса рассматриваемого комплекса — Щучинский выступ. Об этом свидетельствуют пологие клинья внутри толщи, падающие в северо-восточном направлении. Однако клиноформы четко прослеживаются лишь ближе к источнику сноса, а при удалении от него на восток резко выполаживаются и переходят в плоскопараллельный рисунок сейсмической записи. На большей части площади, к востоку от Восходной скважины, внутри толщи не выделяется выраженных клиноформ. Это обусловлено, по всей видимости, низкими темпами осадконакопления и глинистым составом отложений.

По А. А. Нежданову в пределах рассматриваемой территории выделяется берриас-ранневаланжинская *медвежья толща* [16], которая тянется от Карского моря через западную часть Ямала на юг в виде линейной зоны увеличения толщин параллельно Уралу до территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, где переходит в тутлеймскую свиту.

Толща сложена преимущественно битуминозными аргиллитами. На сейсмических разрезах к югу и северу от Ямала она четко отличается от клиноформ восточного

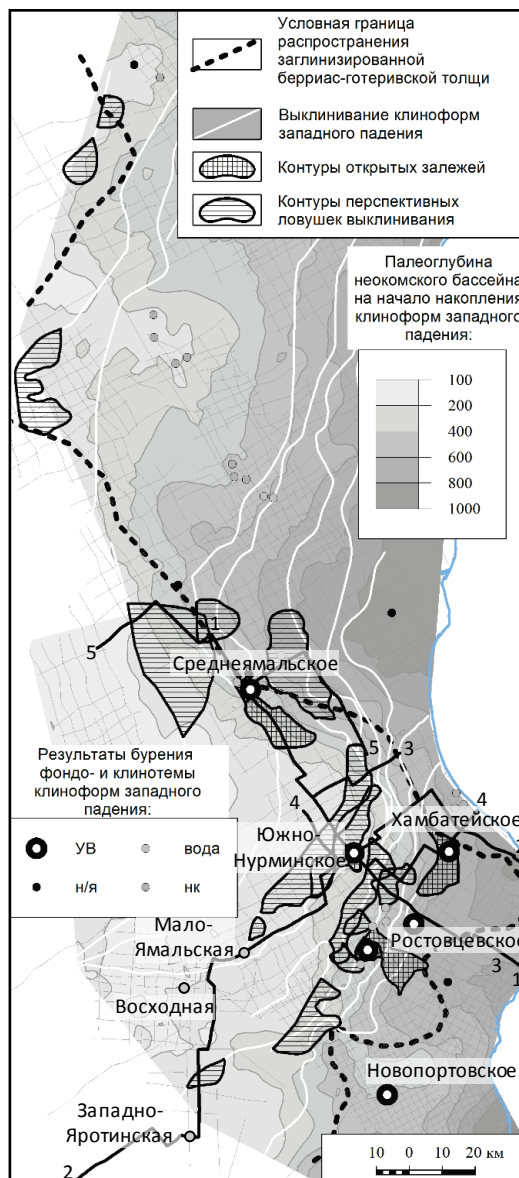


Рис. 6. Перспективные ловушки выклинивания пластов клиноформ западного падения на кровлю восходной толщи

падения. Происхождение ее связывается с тектоническими явлениями: прогибанием, накоплением морских глин и последующим воздыманием в ходе позднекиммерийской складчатости. По крайней мере, нижнюю часть выделенного глинистого комплекса на юго-западе Ямала можно отождествить с медвежьей толщей. Верхняя же часть по возрастным определениям в скважинах Западно-Яротинской площади имеет готеривский возраст (см. рис. 4).

Таким образом, рассматриваемая берриас-готеривская заглинизированная толща имеет характерные черты обоих предложенных моделей: на западе у Щучинского выступа ее можно интерпретировать как западные клиноформы восточного падения, переходящие в медвежью толщу на востоке. В связи с этим, авторы предлагают выделить этот комплекс в отдельную толщу в составе ахской свиты. Толща имеет локальное распространение на юго-западе Ямала. Название ей можно было бы дать по площадям скважин (Яротинская, Нурминская, Нулмуяхская), где имеются возрастные определения, и описан керн из данного интервала, но они уже заняты. Поэтому предлагается назвать толщу *восходной* — по скв. 3021 одноименной площади, вскрывшей интервал на полную мощность. Литологический состав толщи — аргиллиты, глины, на западе встречаются алевролиты. Возраст — берриас — ранний готерив.

Внизу толща подстилается титонской баженовской и келловей-киммериджской нурминской свитами, также преимущественно заглинизированными. Сверху на толщу приклинаются позднеготеривские-барремские клиноформы западного падения с песчаными пластами.

Надо отметить, что нижняя часть рассматриваемой толщи иногда относится некоторыми авторами к баженовской свите, например на Западно-Яротинской площади [8]. Но в этом интервале по керну определены берриасские алевролиты, а не баженовские аргиллиты.

Влияние на распределение песчаного материала. На основе всего вышесказанного получается следующая модель развития неокомского интервала. В конце юры — начале неокома в районе современных Новопортовской и Среднеямальской структур в ходе позднекиммерийской складчатости испытывали рост палеоподнятия, а между ними, в районе Нурминской площади, сформировалась седловина. В пределах этой седловины в берриасе — раннем готериве откладывались морские глинистые осадки, сносимые с Щучинского выступа. Стоит отметить, что в начале формирования юрских отложений как раз в районе современного Нурминского поднятия фиксировалась зона разгрузки осадочного материала, поставляемого с приподнятой зоны на юго-западе по четко выделяемой в толщинах и на сейсмических разрезах палеодолине, связанной с глубинными разломами. Таким образом, проявляется унаследованный характер развития площади в ходе всей юры и раннего неокома.

К концу готерива, когда к Ямалу подошли проградирующие с востока клиноформы западного падения, в этом районе сформировался палеовыступ, сложенный берриас-готеривскими глинистыми осадками. Его формирование может быть связано как с перекомпенсацией рельефа в ходе накопления дистальных частей Уральских клиноформ восточного падения, так и с тектоническим воздыманием. Последнее может быть связано с локальным сжатием на южном окончании глубинных разломов Нурминского мегавала в результате правостороннего сдвига вдоль них.

Рассматриваемая глинистая берриас-готеривская восходная толща сыграла огромную роль в распределении осадочного материала более поздних неокомских клиноформ и предопределила повышенное содержание песчаной компоненты на юге полуострова. Сформировавшийся палеовыступ в районе Мало-Ямальской и Нурминской площадей (см. рис. 6) служил препятствием на пути распространения осадков, так называемым боковым палеоподпором [7]. Это вызвало формирование террас в склоновой части клиноформ западного падения и мелководных, благо-

приятных условий для накопления пластов-коллекторов так называемой новопортовской толщи. Этим и объясняется аномально высокая песчанистость низов ахской свиты на Новопортовском и Ростовцевском месторождениях, расположенных на южном склоне восходной толщи. При этом в зоне максимальных толщин восходной толщи нижняя часть ахской свиты отсутствуют, поскольку для ее накопления не было аккомодации — к этому случаю относится Нурминское поднятие.

Влияние на нефтегазоносность. Перспективные ловушки. Несмотря на то что восходная толща полностью заглинизирована, она оказала непосредственное влияние на распределение залежей УВ. Выше было отмечено, каким образом толща предопределила накопление пластов-коллекторов и, соответственно, формирование залежей Новопортовского и Ростовцевского месторождения. Вышеуказанные месторождения приурочены к структурным поднятиям в современном плане. Однако цель нашей работы — поиск и картирование ловушек неантиклинального типа. На рассматриваемой территории получены притоки УВ из неокомского интервала в скважинах, пробуренных в неструктурных условиях — 8 Южно-Нурминская, 13 и 14 Среднеямальские, 57 Хамбательская и скважины на западе Нулмуяхинской площади. Нами установлено, что эти залежи приурочены к ловушкам выклинивания пластов-коллекторов клиноформ западного падения на кровлю заглинизированной восходной толщи (см. рис. 6). Эти ловушки характеризуются аномалиями волнового поля в зонах приклинивания (рис. 7).

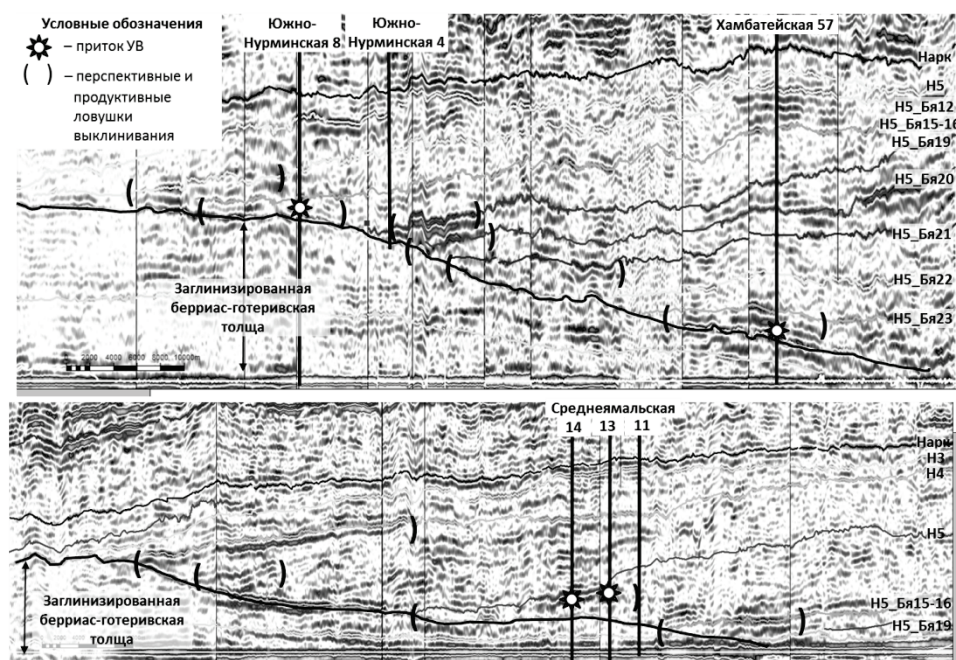


Рис. 7. Сейсмические разрезы по линиям 4 и 5 (расположение отмечено на рис. 6)

Коллектор в перспективных ловушках имеет разный генезис в зависимости от того, какой частью клиноформы западного падения выклиниваются на кровлю восходной толщи: на востоке это классические глубоководные ачимовские конусы выноса (Хамбательская залежь), на западе — шельфовые пласты (ловушка к западу от Среднеямальской площади).

В итоге, как и предполагали А. Л. Наумов и В. С. Соседков, вдоль всей границы распространения западного неокомского клина, по нашей интерпретации вос-

ходной толщи, перспективные ловушки выклинивания клиноформ западного падения были локализованы, и было установлено их развитие (см. рис. 6, 7).

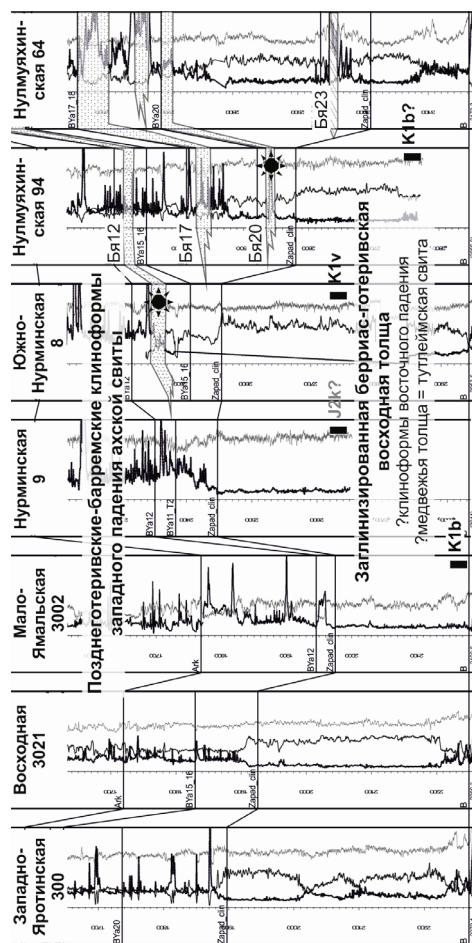


Рис. 8. Схема корреляции скважин. Отмечены притоки УВ и биостратиграфические определения

Этим объясняется, в частности, водоносность неокомских пластов Мало-Ямальской площади.

Выводы

В результате создания единой сейсмогеологической модели на основе детальной сейсмической и скважинной корреляции неокомского интервала на юго-западе Ямала в составе ахской свиты выделена берриас-раннеготеривская восходная толща, сложенная преимущественно морскими аргиллитами. Ее мощность достигает более 400 м. С кровлей толщи ассоциируется отражающая граница — клин восточного падения, встречного к традиционным неокомским клиноформам. Толща формировалась до накопления традиционных клиноформ. Ее образование связано как с тектоническим фактором, так и с проградацией осадков в северо-восточном направлении с Щучинского выступа.

Эта толща служила в качестве бокового подпора при накоплении клиноформ западного падения и предопределила аномально высокое содержание песчаной

Все локализованные сейсмические аномалии, вскрытые скважинами, подтверждаются бурением в части наличия коллектора. В соответствии с этим фактом неопределенные аномалии следует также считать перспективными зонами развития песчаников. Надо отметить, что эти зоны не стоит напрямую связывать с наличием залежей, поскольку аномалии «яркие пятна» на сейсмических разрезах необязательно свидетельствуют в пользу перспективности ловушки, а могут быть связаны с водонасыщенным коллектором либо с плотными пропластками коллектора, где нет промышленных притоков УВ. Таким образом, выделенные объекты требуют дальнейшего изучения в ходе детализирующих сейсморазведочных работ.

Схожие перспективные ловушки локализуются и на северо-востоке Ямала, куда протягивается граница распространения восходной толщи (см. рис. 2), в частности на Сядорской площади. К западу от рассмотренной территории прогнозируется аналогичная перспективная ловушка выклинивания в шельфовом пласте на Еркута-яхской площади.

Восходная толща оказывала и отрицательное влияние на заполнение ловушек УВ — мощный глинистый интервал служил крышкой, изолирующей меловые коллекторы от юрских нефтегазоматеринских пород.

компоненты на юге полуострова. Этим объясняется формирование мощных пластов-коллекторов и залежей УВ в низах ахской свиты Новопортовского и Ростовцевского месторождений.

Вдоль границы распространения толщи в виде сейсмических аномалий локализуются ловушки выклинивания пластов клиноформ западного падения на кровлю восходной толщи. Продуктивность этого типа неантиклинальных ловушек подтверждена бурением на Южно-Нурминской, Среднеямальской, Хамбатеиской, Нулмуяхинской площадях.

Относительно оценки ресурсной базы в результате проведенного уточнения строения неокома ресурсы изученной территории перераспределяются следующим образом (см. рис. 1). Максимальные объемы ресурсов смещаются с апт-альб-сенноманского и юрского комплексов на неантиклинальные ловушки неокомского интервала, включая ачимовский. Это рекомендуется учитывать при планировании геолого-разведочных работ на Ямале.

Библиографический список

1. Куркин А. А. Причины неподтверждения структурных объектов при поисково-разведочном бурении в Ямальной и Гыданской НГО // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 5 (58). – С. 27–32.
2. Пути наращивания газового потенциала п-ова Ямал / А. Д. Митрофанов [и др.] // Геология нефти и газа. – 2016. – № 2. – С. 18–23.
3. Скоробогатов В. А., Строганов Л. В., Копеев В. Д. Геологическое строение и газонефтеобеспеченность Ямала. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 343 с.
4. Бородин В. Н., Курчиков А. Р. Характеристика геологического строения и нефтегазоносности ачимовского нефтегазового комплекса Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – 300 с.
5. Нежданов А. А., Огибенин В. В., Давыдов А. В. Ретроспективный анализ эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ в Западной Сибири // Газовая промышленность. – 2014. – № 716 (специальный выпуск). – С. 113–118.
6. Уточнение границ сейсмификационных комплексов неокома в пределах акватории Карского моря / В. Н. Бородин [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2015. – № 11. – С. 14–24.
7. Соседков В. С., Четвертных В. П., Сурков Ю. Н. Уточнение структурных карт и схем по отложениям чехла северной части Западно-Сибирской низменности на основе обобщения дополнительной геофизической информации. Отчет о результатах работ тематической партии 103/87-88. – Лабытнанги: ПГО «Ямалгеофизика», 1988.
8. Кислухин И. В. Особенности геологического строения и нефтегазоносности юрско-неокомских отложений полуострова Ямал / Под ред. И. И. Нестерова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 116 с.
9. Кислухин И. В. Экранированные ловушки — основной объект поисков залежей углеводородного сырья на полуострове Ямал // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2009. – № 6. – С. 67–73.
10. Региональная система корреляции и индексации ачимовских резервуаров на севере Западной Сибири / С. А. Горбунов [и др.] // Экспозиция Нефть Газ – 2016. – № 6 (52). – С. 16–21.
11. Игошкин В. П. Сейсмостратиграфический анализ неокомских отложений северных и западных районов Широкого Приобья в связи с поиском и разведкой сложнопостроенных залежей нефти: Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. – М., 1992. – 18 с.
12. Кузнецов В. И. Решение геологических задач на основе объемной сейсморазведки с нерегулярной сетью наблюдений (на примере Западной Сибири): Автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук. – Тюмень, 1998. – 32 с.
13. Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири / А. А. Нежданов [и др.]. – М.: Издательство Академии горных наук, 2000. – 247 с.
14. Нестеров И. И. Отчет «Уточнение и детализация стратиграфического расчленения мезозоя и кайнозоя Западной Сибири с увязкой сейсмических отражающих горизонтов, возрастных и литологических границ на основе обобщения и комплексной интерпретации геолого-геофизической информации» / И. И. Нестеров – Тюмень: ОАО «СибНАЦ», 2009.
15. Отчет о результатах поисковых площадных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ Нулмуяхинской СП 49/86-87 / Л. Е. Сокол [и др.]. – Лабытнанги: ПГО «Ямалгеофизика», 1988.
16. Влияние позднекембрийской складчатости на стратификацию ранне-неокомских отложений Западной Сибири / А. А. Нежданов [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 7 (60). – С. 18–22.

Сведения об авторах

Куркин Александр Анатольевич, начальник отдела региональных работ, ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень, тел. 89058205869, e-mail: aakurkin@novatek.ru

Янкова Наталья Владимировна, старший эксперт, ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень, тел. 8(3452)680300

Кузнецов Владислав Иванович, д. г.-м. н., Тюменский индустриальный университет, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора по науке, ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень, тел. 8(3452)680300

Стуликов Семен Константинович, главный специалист, ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень, тел. 8(3452)680300

Information about the authors

Kurkin A. A., Head of Exploration Group, LLC «NOVATEK NTC», Tyumen, phone: 89058205869, e-mail: aakurkin@novatek.ru

Yankova N. V., Chief Expert, LLC «NOVATEK NTC», Tyumen, phone: 8(3452)680300

Kuznetsov V. I., Doctor of Geology and Mineralogy, Industrial University of Tyumen, Senior Researcher, Deputy General Director for Science, LLC «NOVATEK NTC», Tyumen, phone: 8(3452)680300

Stulikov S. K., Chief Specialist, LLC «NOVATEK NTC», Tyumen, phone: 8(3452)680300