

ГОЛЬЧИХИНСКАЯ СВИТА (ВЕРХИ БАТА – НИЗЫ БОРЕАЛЬНОГО БЕРРИАСА) ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА (ЗАПАД СЕВЕРО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)

Никитенко Б. Л., Девятков В. П., Родченко А. П., Левчук Л. К., Пещевицкая Е. Б., Фурсенко Е. А.

Аннотация

Глинистые горизонты верхов бата – низов бореального берриаса (гольчихинская свита) Енисей-Хатангского регионального прогиба рассматриваются как потенциально нефтематеринские толщи. Значительный отбор керн в разрезах свиты, вскрытых скважинами Пайяхской площади, и наличие нефтей в перекрывающих толщах шуратовской свиты, позволяет осуществить комплексные стратиграфические (био-, лито-, хемо- и сейсмостратиграфические) и геохимические (органическое вещество, нефти) всего разреза гольчихинской свиты и пограничных слоев, выявить нефтепроизводящие уровни и определить соответствие нефтей по генотипу и уровню зрелости с потенциально нефтематеринским органическим веществом (ОВ) пород. Проведено детальное зональное расчленение разрезов гольчихинской свиты по микрофоссилиям. Сравнительный анализ вариаций $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в разрезе волжского яруса и низах бореального берриаса с таковыми из Баренцевского шельфа и северо-востока Восточной Сибири, позволил уточнить и обосновать положение границ ярусов и подъярусов разрезов на Пайяхской площади в интервалах не содержащих фоссилий. Изученный разрез гольчихинской свиты расчленен на восемь литологических пачек увязанных с био- и сейсмостратиграфическими подразделениями. Предложены критерии распознавания верхней границы гольчихинской свиты по материалам ГИС. Анализ био- и хемотратиграфических данных позволил привязать серию сейсмических отражающих горизонтов, прослеженных в гольчихинской свите и на ее границах, к геологическому разрезу и увязать с лито- и биостратонами. Установлено, что максимально обогащенные органическим веществом толщи приходятся на верхнюю часть гольчихинской свиты (верхневолжский подъярус и основание бореального берриаса). По данным отражательной способности витринита катагенез ОВ верхневолжского интервала соответствует главной зоне нефтеобразования, что подтверждается пиролитическими исследованиями. Таким образом, эти толщи могут рассматриваться как нефтепроизводившие. Низкие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ подтверждают преимущественно аквагенный состав ОВ. Результаты аналитического исследования нефтей из меловых продуктивных толщ Пайяхской площади позволяют считать их образованными в единый этап аккумуляции за счет аквагенного ОВ верхней части гольчихинской свиты. Стратиграфическая полнота изученных разрезов и комплексная характеристика гольчихинской свиты на Пайяхской площади позволяют рассматривать их в качестве гипостратиграфических.

Ключевые слова:

Юра, мел, Арктика, Енисей-Хатангский прогиб, стратиграфия, микрофоссилии, геохимия органического вещества и нефтепроявлений

**ГОЛЬЧИХИНСКАЯ СВИТА (ВЕРХИ БАТА – НИЗЫ БОРЕАЛЬНОГО БЕРРИАСА)
ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА (ЗАПАД СЕВЕРО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)**

Б.Л. Никитенко^{1,2}, В.П. Девятков³, А.П. Родченко¹, Л.К. Левчук

Е.Б. Пещевицкая¹, Е.А. Фурсенко^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск,
просп. академика Коптюга, 3, e-mail: NikitenkoBL@ipgg.sbras.ru

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³АО "Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья",
630091, Новосибирск, Красный пр., 67.

Юра, мел, Арктика, Енисей-Хатангский прогиб, стратиграфия, микрофоссилии, геохимия органического вещества и нефтепроявлений, углеводороды-биомаркеры нефти

Глинистые горизонты верхов бата – низов бореального берриаса (гольчихинская свита) Енисей-Хатангского регионального прогиба рассматриваются как потенциально нефтематеринские толщи. Значительный отбор керна в разрезах свиты, вскрытых скважинами Пайяхской площади, и наличие нефтей в перекрывающих толщах шуратовской свиты, позволяет осуществить комплексные стратиграфические (био-, лито-, хемо- и сейсмостратиграфические) и геохимические (органическое вещество, нефти) всего разреза гольчихинской свиты и пограничных слоев, выявить нефтепроизводящие уровни и определить соответствие нефтей по генотипу и уровню зрелости с потенциально нефтематеринским органическим веществом (ОВ) пород. Проведено детальное зональное расчленение разрезов гольчихинской свиты по микрофоссилиям. Сравнительный анализ вариаций $\delta^{13}C_{org}$ в разрезе волжского яруса и низах бореального берриаса с таковыми из Баренцевского шельфа и северо-востока Восточной Сибири, позволил уточнить и обосновать положение границ ярусов и подъярусов разрезов на Пайяхской площади в интервалах не содержащих фоссилий. Изученный разрез гольчихинской свиты расчленен на восемь литологических пачек увязанных с био- и сейсмостратиграфическими подразделениями. Предложены критерии распознавания верхней границы гольчихинской свиты по материалам ГИС. Анализ био- и хемостратиграфических данных позволил привязать серию сейсмических отражающих горизонтов, прослеженных в гольчихинской свите и на ее границах, к геологическому разрезу и увязать с лито- и биостратонами. Установлено, что максимально обогащенные органическим веществом толщи приходятся на верхнюю часть гольчихинской свиты (верхневолжский подъярус и основание бореального берриаса). По данным отражательной способности витринита катагенез ОВ верхневолжского интервала соответствует главной зоне нефтеобразования, что подтверждается пиролитическими исследованиями. Таким образом, эти толщи могут рассматриваться как нефтепроизводившие. Низкие значения $\delta^{13}C_{org}$ подтверждают преимущественно аквагенный состав ОВ. Результаты аналитического исследования нефтей из меловых продуктивных толщ Пайяхской площади позволяют считать их образованными в единый этап аккумуляции за счет аквагенного ОВ верхней части гольчихинской свиты. Стратиграфическая полнота изученных разрезов и комплексная характеристика гольчихинской свиты на Пайяхской площади позволяют рассматривать их в качестве гипостратиграфических.

ВВЕДЕНИЕ

Арктические территории Сибири, в том числе, Енисей-Хатангский региональный прогиб, имеют высокий нефтегазовый потенциал, но до сих пор остаются слабоизученными. Верхнеюрские и меловые терригенные толщи на значительной части Северного Полушария включают благоприятные сочетания коллекторов и флюидоупоров, а также высокоуглеродистые осадочные формации. На территории Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающей части Западно-Сибирской геосинеклизы одной из нефтепроизводящих толщ рассматривается гольчихинская свита [Филипцов и др., 2006; Ким, Родченко, 2013 и др.]. В последние годы этот объект начал интенсивно изучаться по материалам бурения, ГИС и сейсмическим данным [Головин, 2009; Конторович, 2011; Фомин, 2016; Афанасенков и др., 2016, 2017; Климова и др., 2018; Конторович и др., 2018; Рыжкова и др., 2018 и др.].

Гольчихинская свита была введена в региональные стратиграфические схемы Западной Сибири решением 5-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания (МРСС) [Решение..., 1991]. В качестве стратотипа свиты была предложена толща в интервале глубин 2937-3312 м, вскрытая в разрезе скважины Дерябинская 5 (рис. 1А) [Кукушкина, Кислухин, 1983; Кислухин, 1986]. В эти же годы [Карцева и др., 1983] в разрезе, вскрытом этой же скважиной, была выделена дерябинская свита с разделением на две подсвиты: нижнюю (инт. 2968-3313 м) и верхнюю (инт. 2510-2968 м). И в том и другом случае для двух новых свит предполагался близкий стратиграфический объем. Позднее было показано, что гольчихинская свита принята на МРСС в 1991 г. [Решение..., 1991] с номенклатурными нарушениями и игнорированием рекомендаций Стратиграфического кодекса [Стратиграфический..., 1992, 2006; Шурыгин и др., 2000]. Однако в дальнейшем использование этого литостратона вошло в практику геологоразведочных работ на северо-востоке Западной Сибири и Енисей-Хатангского прогиба. Свита характеризуется значительными колебаниями мощности и строения при общем относительно монотонном алеврито-глинистом составе.

Следует отметить, что опубликованная биостратиграфическая характеристика была очень схематичной, в одном случае отмечалось, что по данным исследований гольчихинская свита имеет келловей-волжский (возможно, раннеберриасский) возраст, но не приводился фактический материал (таксономический состав комплексов фоссилий), на основании которого был сделан этот вывод. В другом случае (для дерябинской свиты) были указаны названия комплексов фораминифер и некоторых аммонитов, но отсутствовала их привязка к стратотипическому разрезу [Карцева и др., 1983; Кислухин, 1986].

В 1989 г. Д.П. Куликовым [1989] в качестве нового стратотипа гольчихинской свиты был предложен разрез, вскрытый скв. Южно-Носковская 318 (рис. 1А), инт. 3720-4028 м, с выделением двух подсвит (нижняя — 3895-4028 м, верхняя — 3720-3895 м). Для этого разреза, как эталона гольчихинской свиты, была приведена детальная макро- и микропалеонтологическая информация. Но по исследованиям керн охарактеризованными оказались только интервалы верхов бата – келловей и в прикровельной части свиты, по шлам из одного интервалов (3690 – 3742 м) приведены находки фораминифер верхов оксфорда, кимериджа, волжского яруса и низов мела [Куликов, 1989]. В других разрезах Енисей-Хатангского прогиба определялись отдельные находки аммонитов и комплексов фораминифер келловей, верхов оксфорда, кимериджа, волжского яруса и низов бореального берриаса.

Согласно современной региональной стратиграфической схеме Западной Сибири [Решение..., 2004], гольчихинская свита является возрастным аналогом точинской (верхи бата – нижняя часть верхнего келловей), сиговской (верхи келловей – низы верхнего оксфорда) и яновстанской свит (верхи оксфорда – низы бореального берриаса) Усть-Енисейского района. Она согласно залегает на мальшевской свите и перекрывается в разных районах ахской, шуратовской и нижнехетской свитами. Однако, в многих разрезах верхняя граница гольчихинской свиты по исследованиям керн опознается с трудом, что не является исключением в связи с постепенным изменением литологического состава приграничных толщ баженовского и, вышележащего, куломзинского стратиграфических горизонтов, как и на востоке Западной Сибири. Следует отметить, что даже в последней региональной стратиграфической схеме Западной Сибири [Решение..., 2004] биостратиграфическая характеристика гольчихинской свиты не соответствует современным требованиям.

Пайяхский участок бурения (рис. 1Б, Г) находится в зоне периклинали западного склона Рассохинского мегавала и Беловского прогиба, или, по иному тектоническому районированию, в юго-западной части Восточно-Носковской впадины, представляя собой по кровле верхней юры – основанию мела довольно крутой моноклиальный склон [Исаев и

др., 2010; Конторович, 2011] (рис. 1В). Пайяхская площадь пересекается рядом сейсмических профилей, в том числе 3590010 и 0602113 в субширотном и субмеридиональном направлениях. На сейсмических разрезах интервал гольчихинской свиты характеризуется почти параллельной записью части высокодинамичных отражений. В этом районе гольчихинская свита имеет почти максимальную мощность (722 м). Полный разрез свиты вскрыт первой параметрической скважиной с забоем на глубине 4207 м, достигшим верхов малышевской свиты. В этой скважине керном охарактеризованы нижняя (инт. 4000-4029 м) и прикровельная (инт. 3453-3463 м) части гольчихинской, а также низы шуратовской (инт. 3322-3349 м) свит. Наиболее полно представлен керном разрез средней и верхней части гольчихинской свиты (инт. 3890-3900, 3785-3800, 3627-3730, 3463-3564,5 м) в скважине 4 с забоем на глубине 3910 м внутри свиты. В подошве шуратовской свиты залегает нефтенасыщенный существенно алевролитовый пласт (продуктивная группа пластов НХ-IV).

Значительный отбор керна в разрезах свиты, вскрытых скважинами Пайяхской площади, и наличие нефтей в меловой части этих разрезов, позволяет провести комплексные стратиграфические (био-, лито-, хемо- и сейсмостратиграфические) и геохимические (органическое вещество, нефти) исследования всего разреза гольчихинской свиты и пограничных слоев, выявить нефтепроизводящие уровни и определить соответствие нефтей с потенциально нефтематеринским ОВ пород по генотипу и уровню зрелости. Таким образом, этот разрез свиты можно рассматривать в качестве гипостратотипического.

Свита сложена относительно монотонной алеврито-глинистой толщей. По данным сейсмических работ ее мощность достигает более 800 м в погруженной части Центрально-Таймырского желоба, значения которой снижаются во всех направлениях, достигая первых десятком метров в краевых частях.

Распределение микрофауны в разрезе гольчихинской свиты центральной части запада Енисей-Хатангского прогиба весьма неравномерное. Многие образцы не содержат остатков микрофоссилий, что вероятно, связано с очень высокими темпами осадконакопления. Тем не менее, в настоящее время наиболее полное микропалеонтологическое обоснование стратиграфического положения гольчихинской свиты проведено именно по Пайяхской площади. Это дает возможность последующего детального сопоставления разноудаленных разрезов верхов средней юры – основания мела.

В итоге, результаты комплексных исследований (стратиграфических, геофизических и геохимических) позволяют предложить разрезы гольчихинской свиты Пайяхской площади в качестве эталона для разрезов верхов бата – низов бореального берриаса погруженных участков Енисей-Хатангского прогиба.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения литостратиграфического строения и положения границ гольчихинской свиты в разрезе использован анализ материалов ГИС: стандартного (спонтанной поляризации - ПС, кажущегося сопротивления - КС, кавернометрии - ДС), радиоактивного нейтронного (НГК) каротажа, гамма-каротажа (ГК) и акустического (АК) каротажа. Анализировались сейсмические разрезы, пересекающие Пайяхскую площадь с привязкой к разрезу высокодинамичных сейсмических отражений, приуроченных к гольчихинской свите и ее границам, что позволило проследить изменение морфологии и строения свиты в пространстве.

Микропалеонтологический анализ проведен для 212 образцов из разрезов гольчихинской свиты, вскрытой скважинами Пайяхская 1 и 4. При изучении микрофауны использовалась 200-граммовая навеска породы. Раздробленные образцы для их дезинтеграции обрабатывались путем неоднократной пропитки нагретым пересыщенным

раствором серноватистокислорого натрия (гипосульфита), с последующей кристаллизацией раствора при его охлаждении. Затем породу кипятили в воде в течение нескольких дней и отмывали под струей воды через сито с диаметром ячеек 56 мкм. В случае, если образец полностью не дезинтегрировался, сцементированный осадок взвешивался, и проводился пересчет обнаруженной микрофауны на 200 г навески. Во время отбора микрофауны определялась частота встречаемости каждого вида, соотношение целых и поломанных раковин, количество взрослых и ювенильных особей, регистрировался минеральный состав, зернистость, степень окатанности и сортировки осадка, наличие или отсутствие детрита, пирита, проблематики и др., а также вес осадка после отмывки и сушки.

Палинологическим методом исследовались 34 образца из разреза верхней юры по скв. Пайяхская 4. После предварительного очищения образцы дезинтегрировались до частиц размеров 2-4 мм и растворялись в плавиковой кислоте в течение нескольких суток. Затем они отмывались до нейтральной среды. Разделение органической и минеральной частей мацерата выполнялось центрифугированием в тяжелой кадмиевой жидкости с удельным весом 2,25. Затем образцы еще раз заливались на сутки плавиковой кислотой для растворения остаточных силикатов. После отмывки образцы обрабатывались соляной кислотой (2-3 часа) для удаления вторичных минералов. После вторичной отмывки образцы высушивались и заливались глицерином.

Полученные микропалеонтологические и палинологические данные использовались при биостратиграфическом анализе для прослеживания зональных подразделений по микрофоссилиям верхней юры и низов мела, определении стратиграфического положения границ сейсмогоризонтов. Для уточнения положения границ ярусов и подъярусов в изученных разрезах также использовались хемотратиграфические данные, полученные по вариациям $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в разрезе верхней юры и низов мела.

Геохимические исследования ОВ выполнены для 67 проб аргиллитов и алевролитов аргиллитов гольчихинской свиты и 13 проб алевролитов шуратовской свиты из скважин Пайяхская 1 и 4. Для проведения анализов породы предварительно дробились до размерности 0.25 мм. Содержание органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$ в % на породу) определялось в декарбонатизированной породе, после обработки образца 10 % соляной кислотой, методом сжигания в токе кислорода на приборе АН-7529 при температуре 1000-1100 °С. Пиролитические характеристики пород (S_1 , S_2 , T_{max}) измерялись в варианте «Rock-Eval» на приборе SourceRockAnalyzer (HumbleInstruments).

Катагенез ОВ оценивался по значениям отражательной способности витринита (R°_{vt}) для 11 образцов (заключение А.Н. Фомина, ИНГГ СО РАН) и анализу пиролитических данных.

Исследованные нефтяные пробы отбирались на устьях скважины Пайяхская 1 интервалы испытаний: 3420 – 3426 м (3 пробы), 1489 – 1501 и 1503 – 1506 (1 проба) и скважины Пайяхская 8: интервал испытаний 3458 – 3494 м (1 проба). Физико-химические характеристики нефтей (плотность, фракционный состав, содержание серы, групповой состав) получены стандартизованными методами. Методами газожидкостной хроматографии (ГЖХ, газовый хроматограф «Маэстро» Agilent Technologies 7820A GC System с кварцевой капиллярной колонкой HP5) и хроматомасспектрометрии (ХМС, газовый хроматограф «Hewlett Packard 5890» с кварцевой капиллярной колонкой HP5 в комплексе с масс-селективным детектором Agilent MSD 5972A) в углеводородных фракциях нефтей идентифицированы наборы углеводородов, применяемых для геохимических интерпретаций: n-алканы и ациклические изопрены, стераны, терпаны, ароматические соединения (дибензтиофены, фенантрены, моно- и триароматические стероиды). Углеводородные фракции получены методом элюентной жидкостной хроматографии нефтяных фракций с температурой начала кипения > 200°C с предварительным осаждением асфальтенов. Распределение идентифицированных углеводородов-биомаркеров

использовано для генетической типизации нефтей и определения уровня зрелости, генерировавшего их ОВ [Петров, 1984; Peters et al., 2005 и др.].

Определение отклонений изотопной сигнатуры стабильных изотопов углерода от стандартных значений ($\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$) недебитуминизированных бескарбонатных остатков пород выполнялось в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) с использованием масс-спектрометрического комплекса, состоящего из масс-спектрометра Finnigan MAT 253 и линии пробоподготовки Gas Bench II (Thermo Electron Corporation). Значения $\delta^{13}\text{C}$ нефтей определены на масс-спектрометре DELTA V Advantage (ThermoFisher) в Томском филиале АО "СНИИГГиМС" (г. Томск). Изотопный состав углерода характеризуется отношением $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, а также величиной отклонения $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ (в ‰) относительно международного белемнитового (V-PDB) стандарта: $\delta = [(\text{Образца} - \text{Стандарт}) / \text{Стандарт}] \times 1000$, где $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Погрешность полученных значений величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ находилась на уровне ± 0.1 (по стандартам) и менее ± 0.25 ‰ (для образцов). Погрешность изотопных исследований углерода бескарбонатного остатка пород не превышает 0.3 ‰, а нефтей 0.5 ‰.

РЕЗУЛЬТАТЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биостратиграфия.

Микрофауна. Распределение микрофауны в разрезе гольчихинской свиты Пайяхской площади достаточно спорадичное. Значительное количество анализируемых образцов не содержали микрофаунистических остатков (рис. 2). В нижней части гольчихинской свиты широко распространен комплекс фораминифер зоны *Dorothia insperata*, *Trochammina rostovzevi* JF25 [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013], имеющей достаточно широкий стратиграфический диапазон: верхи верхнего бата – келловей (рис. 3). Первые находки фораминифер (*Trochammina rostovzevi*, *Recurvoides cf. scherkalyensis*, *Ammobaculites borealis*, *Haplophragmoides cf. magnus*, *Saccammina compacta*) этого комплекса определены в глинистых, темно-серых алевролитах с глубины 4018 м, скв. Пайяхская 1 (рис. 1, 2). Несколько выше (гл. 4017.4 м) ранее были определены верхнекелловейские аммониты *Longaeviceras novosemelicum* [Алифинов, Меледина, 2010].

В ряде случаев в зоне развития низов гольчихинской свиты могут быть прослежены биостратоны по фораминиферам гораздо более узкого стратиграфического диапазона. Так в основании гольчихинской свиты Озерной и Хабейской площадей известны комплексы фораминифер слоев с *Kutsevelia memorabilis*, *Guttulina tatarensis* JF28 (верхи верхнего бата – низы нижнего келловей) [Карцева и др., 1983]. На более высоком стратиграфическом уровне в разрезе, вскрытом на Хабейской площади, обособляются верхнекелловейские фораминиферовые зоны *Ammobaculites igrimensis* JF31 и *Conorboides taimyrensis* JF32. В типовом разрезе гольчихинской свиты (скв. Южно-Носковская 318) в основании свиты (инт. 4021.2-4032.3 м) определены аммониты верхов бата – нижнего келловей: *Cadoceras sp. juv.*, *Cadoceratinae gen. et sp. ind.*, *Kosmoceras sp. juv.*, ?*Kepleritinae gen. et sp. ind.* Для средней части келловей (инт. 4011.9-4016.1 м) характерны находки *Rondiceras sp. juv.*, *R. ex gr. milashevici*. В инт. 3986.2-4010.7 м определены верхнекелловейские *Longaeviceras spp.*, *Quenstedtoceratinae* [Алифинов, Меледина, 2010]. Более высокие горизонты этого (рис. 1) эталонного для гольчихинской свиты разреза фоссилиями практически не охарактеризованы. Лишь в образцах шлама из интервала 3690-3742 м (верхи гольчихинской и низы нижнехетской свит) найдены фораминиферы характерные для кимериджа, волжского яруса и низов мела [Куликов, 1989].

Несколько выше, в интервале 4000-4015 м разреза скв. Пайяхская 1 (рис. 1, 2), из темно-серых слюдястых, в разной степени алевролитистых, аргиллитов выявлен другой комплекс фораминифер с *Trochammina cf. oxfordiana*, *Glomospira oxfordiana*, *Recurvoides scherkalyensis*,

Ammodiscus thomsi, *Ammobaculites* cf. *syndascoensis*, *Saracenaria* ex gr. *carzevae*, характерный для зоны *Trochammina oxfordiana* JF36 (нижний – основание верхнего оксфорда) (рис. 3) [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013].

Более высокие уровни гольчихинской свиты микропалеонтологически охарактеризованы в разрезе скв. Пайяхская 4 (рис. 1, 2). В интервале 3895–3900 м в темно-серых песчаных аргиллитах с гнездами глауконита определен таксономически разнообразный комплекс фораминифер с *Haplophragmoides* ex gr. *canuiformis*, *Trochammina* sp., *Recurvoides* ex gr. *sublustris*, *Lenticulina* cf. *mikhailovi*, *Saracenaria subsuta*, *Pseudonodosaria tutkowskii*, *Dentalina* sp., *Geinitzinita* cf. *praenodulosa*. Подобные ассоциации типичны для фораминиферовой зоны *Haplophragmoides canuiformis* JF40 (верхи верхнего оксфорда – нижний кимеридж). Однако учитывая значительную долю в комплексе известковистых форм, не исключено, что этот уровень относится только к верхней части этой зоны (JF39, верхи нижнего кимериджа) [Никитенко, 2009].

В средней части гольчихинской свиты, в интервалах 3785-3800, 3715-3730, 3700-3715, 3685-3700, 3671-3685 и 3657-3671 м в скв. Пайяхская 4, сложенной черными аргиллитами с прослоями алевролитов, в разной степени крупнозернистых, иногда с фрагментами раковин двустворок и онихитами, микрофауна не обнаружена (рис. 2).

В низах интервала 3657-3671 м скв. Пайяхская 4 в черных аргиллитах с прослоями алевролитов установлены комплексы с *Recurvoides* ex gr. *stschekuriensis*, *Dorothia tortuosa*, *Haplophragmoides* ex gr. *volgensis*, *Kutsevella* cf. *haplophragmoides*, *Lenticulina* ex gr. *sosvaensis*, *Cribrostomoides* sp., *Saracenaria* sp. наиболее характерные для верхней половины фораминиферовой зоны *Kutsevella haplophragmoides* JF44 или для нижней части зоны *Spiroplectamina vicinalis*, *Dorothia tortuosa* JF45, которые соответствуют верхам нижневожского подъяруса (рис. 2) [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013].

В вышележащей части разреза, вскрытой скв. Пайяхская 4 (инт. 3550-3464 и 3538-3550 м), в разной степени алевролитистых аргиллитах, черных с прослоями серых алевролитов выявлены комплексы, содержащие только агглютинирующие формы (*Recurvoides* ex gr. *praeobskiensis*, *Dorothia* cf. *tortuosa*, *Glomospira* sp., *Cribrostomoides* sp.ind., *Haplophragmoides* sp. ind., *Evolutinella* sp. ind.) с резким преобладанием *Trochammina septentrionalis*, часто образующих моновидовые скопления. Совместно с фораминиферами найдены аммониты *Dorsoplanites* sp. Фораминиферовая зона *Trochammina septentrionalis* JF46 широко прослеживается в арктических регионах Западной и Восточной Сибири [Никитенко, 2009] и соответствует средневожскому подъярису без верхней части (рис. 2, 3).

Верхняя часть гольчихинской свиты (инт. 3478-3538 м) на Пайяхской площади сложена черными аргиллитами с прослоями алевролитов. В основании этого интервала найдены обильные *Ammodiscus veteranus*, редкие *Evolutinella* ex gr. *emeljanzevi*, *Trochammina* ex gr. *rosacea*, *Recurvoides praeobskiensis*. Подобная структура комплекса и таксономический состав характерны для слоев с *Ammodiscus veteranus* JF55 (нижняя часть фораминиферовой зоны *Ammodiscus veteranus*, *Evolutinella emeljanzevi* JF52), сопоставляемых с самыми верхами средневожского подъяруса и низами верхневожского подъяруса. В остальной (верхней) части интервала спорадически встречаются редкие *Ammodiscus veteranus*, *Evolutinella emeljanzevi*, *Recurvoides praeobskiensis*, что позволяет отнести его к зоне JF52 (верхи средневожского подъяруса – основание бореального берриаса) (рис. 2, 3) [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013].

В прикровельной части гольчихинской свиты, сложенной аргиллитами черными, иногда с прослоями алевролитов в разной степени песчаных, тонкогоризонтально- и косослоистых, вскрытой скважинами Пайяхская 4 (гл. 3465 м) и Пайяхская 1 (гл. 3460 м) установлен комплекс фораминиферовой зоны *Gaudryina gerkei*, *Trochammina rosaceaformis* KF1 (нижняя часть бореального берриаса) (рис. 2, 3) [Никитенко и др., 2013; Nikitenko et al., 2018]. Здесь

выявлены редкие *Trochammina* ex gr. *rosaceaformis*, *Gaudryina* ex gr. *gerkei*, *Cribrostomoides* sp. (ex gr. *volubilis*), *Ammodiscus veteranus*, *Kutsevela praegoodlandensis*.

Палиноморфы. В верхней части гольчихинской свиты, интервале керна 3564,5–3508 м скважины Пайяхская 4 (рис. 1, 2) из образцов получен обильный палинологический мацерат. Он почти полностью состоит из органического вещества, сильно измененного и преобразованного, до пелитового состояния, что может быть результатом деятельности бактерий и детритофагов. Последнее не исключается, так как в некоторых слоях в разрезе наблюдались следы биотурбации. Палиноморфы встречаются крайне редко. В ассоциациях отмечаются споры и пыльца наземных растений, а также растительный детрит, сохранивший структуру растительных тканей, что может свидетельствовать о привносе континентального органического вещества. Следы пиритизации палиноморф, что часто рассматривается как показатель ярко выраженных застойных условий и сероводородного заражения, отсутствуют. Палиноморфы, в основном, представлены таксонами, имеющими широкий стратиграфический диапазон распространения. Спорадически встречаются ребристые и бугорчатые споры схизейных папоротников родов *Cicatricosisporites*, *Trilobosporites/Concavissimisporites*. Эти палиноморфы появляются в верхнем оксфорде в Сибири, Австралии, Северной Африке и на севере Западной Европы [Ильина, 1985; Шурыгин и др., 2000; Никитенко и др., 2015; Herngreen et al., 2000; Batten, 1996; Sajjadi, Playford, 2002]. В кимеридже и низах волжского яруса они встречаются редко. В верхневолжском подъярусе и берриасе их количество постепенно возрастает. На глубине 3561,48 м определены диноцисты *Gochteodinia mutabilis* (Riley in Fisher et Riley) Fisher et Riley, которые характерны для верхов кимериджа – низов верневолжского подъяруса [Powell, 1992; Herngreen et al., 2000].

В верхней части разреза гольчихинской свиты, вскрытого скважиной Пайяхская 4 (рис. 1, 2), в интервале 3508–3463 м, из образцов получен гораздо менее обильный органический мацерат. Сохранность его несколько лучше, отсутствует преобразованность, характерная для более низких слоев изученного разреза. Среди палиноморф резко доминируют прازیнофиты *Leiosphaeridia* spp., в верхней части достаточно многочисленны прازیнофиты *Tasmanites* spp. Обилие прازیнофитов часто связывают с дизоксидными и аноксидными обстановками [Tyson, 1995; Jansonius, McGregor, 1996; Ilyina et al., 2005]. Однако следы пиритизации палиноморф, рассматривающиеся как показатель ярко выраженных застойных условий и сероводородного заражения, отсутствуют. Обилие прازیнофитов также может быть связано с увеличением продуктивности фотической зоны и поступлением обильного органического вещества в придонные слои, что, в свою очередь благоприятно для развития бактериальной флоры, которая и может вызывать сероводородное заражение [Peters et al., 2005; Каширцев и др., 2018 и др.]. Наличие спор и пыльцы наземных растений и растительного детрита, сохранившего структуру растительных тканей, может свидетельствовать о привносе органического вещества с континента. Более частые находки ребристых и бугорчатых спор схизейных папоротников предполагают более высокий стратиграфический интервал, возможно соответствующий верхневолжскому подъярусу – нижней части бореального берриаса. На глубине 3491,05 м определены диноцисты *Apteodinium maculatum* Eisenack et Cookson, наиболее древние находки которых отмечаются на севере Сибири и на Русской платформе в верхах верхневолжского подъяруса – низах бореального берриаса [Pestchevitskaya et al., 2011].

Хемотратиграфия

Полученная кривая вариаций $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ на разрезах верхов кимериджа – низов бореального берриаса Пайяхской площади (рис. 2, 4) практически идентична по трендам развития с таковыми из Баренцевоморского шельфа (о-в Шпицберген) и северо-востока

Восточной Сибири (низовья р. Оленек), несмотря на различающиеся абсолютные значения [Hammer et al., 2012; Nikitenko et al., 2018] (рис. 4Б). Естественные выходы верхней юры и низов мела этих регионов имеют хорошо разработанную биостратиграфическую основу по разным группам фоссилий, что позволяет, с использованием корреляций разрезов по изотопно-углеродным данным, уточнить положение границ ярусов и подъярусов на Пайяхской площади в интервалах, не содержащих фоссилий. При сопоставлениях вариаций $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ разных регионов необходим биостратиграфический контроль. Совместное использование био- и хемотратиграфических данных позволяет увеличить точность глобальных корреляций.

Наиболее высокие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ (-24 -25‰) установлены в кимериджской части разреза Пайяхской площади, они постепенно снижаются в нижневолжской части разреза до -26,5 -27,9‰. Вблизи границы ниже- и средневолжского подъярусов отмечается незначительное повышение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ до -25,9‰. На этом рубеже в разрезах, и на Баренцевоморском шельфе, и в Восточной Сибири, так же отмечается малоамплитудное повышение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ (рис. 4) [Hammer et al., 2012; Nikitenko et al., 2018]. В средней части средневолжского подъяруса отмечается отрицательный экскурс, достигающий 2‰ с постепенным снижением значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ к верхневолжскому подъярусу до -28,5‰. В конце волжского яруса значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ уменьшаются до -29,5‰ и достигают минимума в основании бореального берриаса (-30 -31,2‰). Затем в нижней части бореального берриаса интервал с негативным экскурсом резко сменяется в разрезе интервалом с высокими значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$, достигающими в среднем -25,3‰ (рис. 2, 4).

Литостратиграфия

Анализ материалов ГИС и опубликованных данных [Карцева и др., 1983; Кислухин, 1986; Куликов, 1989 и др.] свидетельствует о том, что нижняя граница гольчихинской свиты определяется однозначно по смене песчаников с “пилообразной” кривой КС аргиллитами с низкими и слабо дифференцированными ее значениями, а также положительной аномалией ПС на глубине 4158 м в скв. 1 Пайяхской площади (рис. 1, 2). Граница шуратовской и гольчихинской свит по описанию керна в скв. Пайяхская 4 практически не опознается. И выше, и ниже этого уровня толщи сложены алевролитами черными плотными глинистыми, и только с глубины 3463 м и ниже описаны аргиллиты. В отличие от разных вариантов стратиграфического положения кровли свиты в публикациях [Злобина, Родченко, 2015; Климова и др., 2018 и др.], нами, вслед за производственными геологами и принципу комплексного обоснования верхней границы баженовского горизонта [Рыжкова и др., 2018], она фиксируется в подошве первого высокоомного (нефтеносного в скв. 1) пласта шуратовской свиты на глубине 3436 м в скв. Пайяхская 1 и 3435 м в скв. Пайяхская 4 (рис. 1, 2).

Существует мнение о том, что свита имеет четкое двучленное строение [Куликов, 1989; Борисов, 2015]. Нижняя подвита [Куликов, 1989 и др.] характеризуется более грубым составом слагающих пород, верхняя – существенно глинистая. При прослеживании по латерали эти отличия опознаются с трудом. Судя по анализу диаграмм ГИС скв. 1, разрез свиты имеет цикличное строение, что позволяет выделить восемь крупных сложнопостроенных пачек (рис. 2). Первая представляет собой два трансгрессивно-регрессивных цикла сложенных переслаиванием аргиллитов и алевролитов (репроциклитов по Ю.Н. Карогадину [1980]). Вторая имеет регрессивную направленность структурного состава от аргиллитов к алевролитам вверх по разрезу.

Первая и вторая пачки отвечают характеристике нижней подсвиты Д.П. Куликова [1989], поскольку являются более грубозернистыми по отношению к вышележащим слоям. Стратиграфическое положение нижней подсвиты было определено в объеме келловей –

нижнего кимериджа. Причем кимериджское или оксфордское стратиграфическое положение самых верхов подсвиты обосновано определениями двустворок (*Astarte sp. juv* (cf. *A. extensa*) и *Dacryomya sp. nov.*) из керна Среднеяровской скв. 4 (гл. 3302+12,5 м) [Куликов, 1989] и не может быть принято так однозначно, учитывая родовые определения. По нашим данным «грубозернистые» первая и вторая пачки не выходят за пределы келловея – низов оксфорда (рис. 2; фораминиферовые зоны JF36, JF25 и древнее).

Третья пачка также имеет регрессивную направленность состава с преобладанием аргиллитов. Четвертая пачка вверху сложена аргиллитами, внизу переслаиванием аргиллитов и алевролитов при доминанте последних, и в нижней части, содержит комплекс фораминифер кимериджской зоны JF40 или JF39 (рис. 2, 3). Пятая пачка является маркирующей в обоих ранее предложенных типовых разрезах гольчихинской свиты [Кислухин, 1986; Куликов, 1989] и на ряде других площадей правобережья р. Енисей, она сложена преимущественно высокоомными алевролитами и отличается аномально высокими значениями НГК (в стратотипах и ГК). Шестая пачка характеризуется регрессивной направленностью структуры пород с увеличением доли алевролитов вверх по разрезу и в средней части содержит комплекс фораминифер зон JF44, JF45 волжского яруса (рис. 2, 3). Седьмая пачка сложена аргиллитами, в т.ч. тонкоотмученными с комплексом фоссилий средневолжского подъяруса в верхней части. Восьмая пачка отличается стабильно высокими показателями радиоактивности глинистых пород, возрастающими вверх по разрезу (верхневолжский подъярус – низы бореального берриаса) (рис. 2).

За пределами Пайяхской площади (рис. 1) количество пачек, строение разреза свиты, как и ее мощность, резко меняются. Фациальная изменчивость свиты обусловлена, с одной стороны, составом пород и расчлененностью палеорельефа различных районов области сноса, удаленности от них и особенностями формирования инициальных частей верхнеюрско-нижнемелового клиноформного комплекса. Близкорасположенные разрезы скважин характеризуются различными трендами поведения кривых ГИС. Замещение точинско-сиговско-яновстанского типа разреза прибортовых частей бассейна на гольчихинский имеет весьма постепенный характер, поэтому в переходной зоне разными исследователями зачастую используются различные варианты расчленения разреза.

Сейсмостратиграфия

На сейсмических разрезах, пересекающих Пайяхскую площадь в субширотном и субмеридиональном направлениях (рис. 5), устанавливается ряд высокодинамичных сейсмических отражений, приуроченных к кровле нижележащей малышевской свиты (Tm1; верхи верхнего бата) и кровле гольчихинской свиты (Gl₁; низы бореального берриаса). Помимо этого, три отражающих горизонта (ОГ), формируя самостоятельные сейсмокомплексы, хорошо прослеживаются в средней части гольчихинской свиты, которые нами условно индексированы как Gl₂-Gl₄ с обоснованной ниже привязкой к геологическому разрезу.

Сейсмокомплекс Tm1 – Gl₄ (рис. 5). В рассматриваемом районе сейсмокомплекс отвечает нижней части гольчихинской свиты и характеризуется серией непрерывных протяженных отражений. В целом, на территории эта часть разреза, судя по ГИС, сложена преимущественно глинистыми алевролитами и характеризует относительно грубозернистую нижнюю часть свиты. Сейсмический горизонт Tm1 приурочен к кровле малышевской свиты, которая во многих разрезах охарактеризована комплексами фоссилий верхов верхнего бата [Шурыгин и др., 2000; Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013]. Стратиграфическое положение отражающего горизонта Gl₄ в разрезе, вскрытом скв. Пайяхская 1 ниже границы фораминиферовых зон келловея и оксфорда (JF25/JF36) дает основание полагать, что он соотносится с верхней частью келловея и, таким образом, сейсмокомплекс примерно

отвечает точинской свите юга Енисей-Хатангского прогиба. Стратиграфический объем сейсмокомплекса принимается как верхи верхнего бата – верхняя часть келловея (рис. 2, 3).

Сейсмокомплекс $Gl_4 - Gl_3$ (рис. 5) на сейсмической записи также характеризуется серией протяженных динамичных отражений. В то же время, намечается картина черепицеобразного подошвенного налегания отдельных сейсмических отражений (рис. 5б; профиль 3590010). В керне скв. Пайяхская 1 нижняя часть сейсмокомплекса представлена преимущественно темно-серыми до черных тонкогоризонтальнослоистыми слюдистыми аргиллитами с прослоями глинистых алевролитов, с остатками морских микрофоссилий и многочисленными стяжениями сидерита. Отражающий горизонт Gl_3 расположен между уровнями, охарактеризованными фораминиферовыми комплексами зоны JF36 (нижний – основание верхнего оксфорда) и зоны JF40 (верхи оксфорда – нижний кимеридж, или JF39 верхи нижнего кимериджа). Его положение по микропалеонтологическим данным соотносится с самыми верхами оксфорда или низами кимериджа и примерно соответствует границе между нижней и верхней подсвитами сиговской свиты (уровень барабинской пачки) в разрезах других фациальных районов Западной Сибири [Решение..., 2004; Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013]. Стратиграфический объем сейсмокомплекса принимается как верхняя часть келловея – верхи оксфорда/основание кимериджа (рис. 2, 3).

Сейсмокомплекс $Gl_3 - Gl_2$ (рис. 5) представлен серией непрерывных протяженных отражений. В геологическом разрезе соответствующая часть гольчихинской свиты представлена в нижней части темно-серыми аргиллитами, в разной степени алевроитовыми с линзочками глауконита, в верхней части – аргиллитами черными с прослоями алевролитов. Стратиграфическое положение сейсмогоризонта Gl_2 определяется его положением между фораминиферовыми зонами JF40 (верхи нижнего кимериджа) и JF44/JF45 (нижневолжский подъярус) и соответствует верхам кимериджа [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013]. На северо-востоке Западной Сибири, по обрамлению Сибирской платформы этот уровень может отвечать нижней границе яновстанской свиты. Таким образом, стратиграфический объем сейсмокомплекса принимается как верхи оксфорда/основание кимериджа – верхняя часть верхнего кимериджа (рис. 2, 3).

Сейсмокомплекс $Gl_2 - Gl_1$ (рис. 5) отличается от вышеописанных серией хорошо выраженных отражений, в верхней части сливающихся с клиноформными отражениями шуратовской свиты по типу кровельного прилегания (рис. 5а; профиль 3590010), отчего создается ложное впечатление стратиграфического несогласия. Близ подошвы сейсмокомплекса имеются фрагменты подошвенного налегания ОГ (рис. 5, б). В геологическом разрезе этот уровень сложен преимущественно аргиллитами черными, с прослоями алевролитов, местами глинистых. Стратиграфическое положение отражающего горизонта Gl_1 зафиксировано в нижней части фораминиферовой зоны KF1 (нижняя часть бореального берриаса) и отвечает самым низам бореального берриаса [Никитенко и др., 2013]. Стратиграфический объем сейсмокомплекса отвечает верхней части верхнего кимериджа – низам бореального берриаса (рис. 2, 3).

ГЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОЛЬЧИХИНСКОЙ СВИТЫ И НЕФТЕПРОЯВЛЕНИЙ В РАЗРЕЗАХ МЕЛА ПАЙЯХСКОЙ ПЛОЩАДИ

Изученные породы из разрезов гольчихинской и низов шуратовской свит по содержанию ОВ от 0.6 до 9.9 % на породу являются потенциально нефтегазопроизводящими (рис. 2). Для определения типа ОВ, содержащегося в породах, использовались результаты пиролиза и значений $\delta^{13}C_{орг}$, а также оценка его вариаций по разрезу оксфорда – низов бореального берриаса. Катагенез ОВ в изученных скважинах закономерно увеличивается с глубиной отбора образцов от градации MK_1^2 до MK_2 согласно шкале А.Э. Конторовича [1976]

– значения отражательной способности витринита находятся в интервале 0.70-1.14 %. В целом зрелость ОВ, оцененная по пиролитическим данным, соответствует результатам углепетрографических исследований. Проведенный анализ зависимости значений водородного индекса (HI) и пиролитической температуры T_{max} , отражающей качество ОВ (тип керогена) и степень его зрелости, позволил выявить определенные закономерности (рис. 6).

В темно-серых аргиллитах и алевролитах нижней части разреза гольчихинской свиты (низы оксфорда) из скв. Пайяхская 1 (верхи пачки 2) концентрации органического вещества изменяются в широких пределах, от 1.8 до 9.9 % на породу. Аномально высокие для низов гольчихинской свиты концентрации $C_{орг}$ – 6.0-9.9 % на породу имеют пробы из инт. 4009,0-4015,1 м (рис. 2), что связано с значительными содержаниями в составе аргиллитов рассеянного тонкодисперсного углефицированного растительного детрита. Для остальных образцов из низов оксфорда значения $C_{орг}$ составляют 1.8-4.1 % на породу. Определение типа ОВ по данным пиролиза для этих пород затруднительно, так как оно находится в начале глубинной зоны газообразования (ГЗГ) и почти полностью исчерпало свой начальный углеводородный потенциал (35-97 мг УВ/г $C_{орг}$) (рис. 6). При этом некоторое увеличение значений HI, до 77-97 мг УВ/г $C_{орг}$, вызвано значительным содержанием рассеянного углефицированного растительного детрита. По данным изотопного состава углерода в изученном интервале ОВ имеет смешанный, террагенно-аквагенный состав, так как присутствуют прослои аргиллитов, содержащих аквагенное или смешанное ОВ со значениями $\delta^{13}C_{орг}$ -27.2 и -29.9 ‰ (рис. 2).

В темно-серых и черных аргиллитах кимериджа из разреза, вскрытого скв. Пайяхская 4 (пачки 4 и 5), концентрации органического углерода изменяются от 0.6 до 2.8 % (среднее значение 1,4 %) на породу (рис. 2). Генерационный потенциал ОВ кимериджской части разреза гольчихинской свиты также достаточно сильно реализован. Значения HI изменяются от 48 до 68 мг УВ/г $C_{орг}$, а зрелость ОВ соответствует концу главной зоны нефтеобразования (ГЗН) – началу ГЗГ ($R_{vt}^o=1,09$ %, градация MK_2 , $T_{max}=453-465$ °С) (рис. 6). Изотопно тяжелый состав углерода ($\delta^{13}C_{орг}$ -24.8 -24.0 ‰) в этой части разреза позволяет диагностировать террагенный генотип ОВ (III тип керогена).

Органическое вещество аргиллитов нижнего и низов средневожского подъярусов (скв. Пайяхская 4, пачка 6) относится к преимущественно террагенному типу, связанному с высшей наземной растительностью. Значения $\delta^{13}C_{орг}$ в нерастворимых остатках пород в среднем составляют -26.3 ‰ (-26.9 -25.8 ‰) (рис. 2). Величины остаточного генерационного потенциала в образцах из этого интервала варьируют от 30 до 110 мг УВ/г $C_{орг}$ (среднее значение 75 мг УВ/г $C_{орг}$). Для двух образцов из нижнего подъяруса (гл. 3685 м) и нижней части средневожского яруса (гл. 3637 м) отмечается увеличение водородного индекса до 101 и 146 мг УВ/г $C_{орг}$ соответственно, что в совокупности с результатом изотопного состава углерода ($\delta^{13}C_{орг}$ (-27.7 и -28.3 ‰) позволяет предполагать в этой части разреза увеличение влияния морского ОВ. Значения R_{vt}^o в нижевожских аргиллитах, равные 0.87-1.01 %, указывают на зрелость ОВ градации MK_2 . В вышележащих средневожских толщах замеров значений отражательной способности витринита не было выполнено и глубину, соответствующую смене градаций MK_1^2 и MK_2 , сложно определить. Температуры T_{max} для всего интервала изменяются от 444 до 456 °С и указывают на ГЗН (см. рис. 6).

Максимально обогащенные ОВ (содержание $C_{орг}$ меняется от 1,0 до 5,0 %, со средними значениями 2,5 %) образцы аргиллитов верхов гольчихинской свиты (верхневожский подъярус и основание бореального берриаса) выявлены в разрезе скв. Пайяхская 4 (рис. 2). В верхах средневожской части разреза (верхи пачки 7) продолжается начавшийся в нижней части средней волги тренд на увеличение значений водородного индекса (от 109 до 203 мг УВ/г $C_{орг}$), здесь ОВ характеризуется смешанным аквагенно-террагенным типом ОВ (II/III). В верхневожском интервале (нижняя половина пачки 8) идентифицируется

преимущественно аквагенное ОВ (II и II/III тип керогена) со значениями НI больше 200 мг УВ/г $C_{орг}$ (рис. 6). В основании бореального берриаса (верхняя часть пачки 8) породы гольчихинской свиты характеризуются как высокими (265-312 мг УВ/г $C_{орг}$), так и пониженными (67.134, 155 мг УВ/г $C_{орг}$) значениями водородного индекса, указывающими на уменьшение доли аквагенного ОВ в составе пород в этом интервале.

Для проб из разреза от верхов средней волги до основания бореального берриаса характерны низкие значения $\delta^{13}C_{орг}$ от -31.2 до -28.2 ‰, подтверждающие преимущественно аквагенный состав ОВ (рис. 2). В синхронном стратиграфическом интервале разрезов центральной части Западной Сибири (баженовская свита) значения $\delta^{13}C_{орг}$ изменяются от -34.0 до -28.0 ‰ [Конторович и др., 1986], в естественных выходах побережья моря Лаптевых (паксинская свита) варьируют от -30.5 до -28.0 ‰ [Каширцев и др., 2018]. Катагенез ОВ верхневолжского интервала соответствует главной зоне нефтеобразования по данным отражательной способности витринита (0.70-0.80 %, градация MK_1^2) и подтверждается результатами пиролиза (T_{max} от 439 до 450 °C) (рис. 6).

В алевролитах низов шуратовской свиты (нижняя часть бореального берриаса) из скв. Пайяхская 1 содержание $C_{орг}$ находится на уровне кларкового значения 0,9 % (рис. 2) на породу по классификации Н.Б. Вассоевича [1973]. Органическое вещество в большинстве образцов шуратовской свиты из скв. Пайяхская 1 характеризуется III типом керогена, связанным преимущественно с остатками высшей наземной растительности. Величины водородного индекса для этого интервала меньше 150 мг УВ/г $C_{орг}$. Значения изотопного состава углерода нерастворимых остатков пород меняются в пределах от -25,5 до -24,2 ‰. Катагенез ОВ этой части разреза отвечает градации MK_1^2 со значением $R^o_{vt}=0,7$ % (рис. 6).

В пределах Пайяхской площади (рис. 1) при испытаниях получены притоки нефти из разных продуктивных горизонтов мела. Нефтяные пробы отбирались на устьях скважины 1 (рис. 2) (интервалы испытаний: 3420 – 3426 м, основание шуратовской свиты; 1489 – 1501 и 1503 – 1506 м, яковлевская свита) и скважины 8 (интервал испытаний 3458 – 3494 м, шуратовская свита).

Исследованные пробы характеризуются низкой (808,9 кг/ м³) и средней (849,8 – 868,7 кг/ м³) плотностями, в них содержится от 19 до 35 % фракций, выкипающих до 200°C. Нефти являются малосернистыми (содержание серы << 0,5 %) и парафинистыми (содержание парафинов ~ 4,0 %). В их составе преобладают углеводороды (> 85 %), смол значительно меньше (6,0 - 13,7 %), и еще меньше асфальтенов (0,16 – 0,53 %). Содержания насыщенных углеводородов более чем в два раза выше по сравнению с ароматическими соединениями.

Изученные нефти характеризуются легким изотопным составом углерода – $\delta^{13}C$ изменяется от -31.3 ‰ до -29.7 (рис. 2).

В насыщенной фракции нефтей методом ГЖХ идентифицированы н-алканы C_{12} - C_{40} с максимумом на C_{17} (8,2 – 9,4 % на сумму идентифицированных н-алканов). Такое распределение н-алканов типично для углеводородных флюидов. Среди идентифицированных ациклических изопренанов C_{13} - C_{25} больше всего пристана (32,5 – 37 % на сумму идентифицированных ациклических изопренанов), концентрации фитана (17,0 – 20,9 % на сумму) и норпристана (16,5 – 19,4 % на сумму) тоже высоки, но значительно ниже по сравнению с пристаном. Отношение н-алканы/ ациклические изопренаны изменяется в узком диапазоне (5,0-6,5). Другие геохимические показатели по составу н-алканов и ациклических изопренанов также имеют близкие значения: пристан/ фитан – 1,7 – 1,9; пристан/ н- C_{17} – 0,6 – 0,8; фитан / н- C_{18} – 0,4 – 0,5; индекс нечетности CPI – 1,06 – 1,08; н- C_{27} / н- C_{17} – 0,3 – 0,5.

При помощи ХМС насыщенных фракций нефтей установлено распределение в них стеранов и терпанов. Стераны C_{27} , C_{28} и C_{29} имеют близкие концентрации (28,7 – 36 %; 28 – 30,1 %; 26,9 – 31,1 % на сумму стеранов соответственно), а содержания стеранов C_{30}

значительно ниже (7,6 – 12,0 % на сумму стеранов). В двух пробах отмечено незначительное преобладание гомологов C_{29} над C_{27} , а в трех наоборот стеранов C_{27} немного больше по сравнению с C_{29} . Отношение стеранов C_{29}/C_{27} изменяется от 0,75 до 1,08. Среди изомерных групп стеранов преобладают регулярные структуры ($\alpha\alpha$ - и $\beta\beta$ -) по сравнению с диастеранами ($\beta\alpha$ -), а соотношение $\beta\alpha/(\alpha\alpha + \beta\beta)$ находится в диапазоне 0,5 – 0,8. Исследованные нефти характеризуются несущественным разбросом значений изомерных показателей зрелости по составу регулярных стеранов $C_{29} \beta\beta$ (20S+20R)/ $\alpha\alpha$ 20R (3,6 – 5,4) и $\alpha\alpha$ 20S/ $\alpha\alpha$ 20R (1,3-2,3). Среди идентифицированных терпанов преобладают гопановые структуры (гопан C_{30} , нор- (C_{27} - C_{29}) и гомогопаны (C_{31} - C_{35}); 70,8 – 84,4 % на сумму терпанов), далее в порядке убывания концентрации следуют трицикланы (хейлантаны) (C_{19} - C_{31} ; 10,3 – 24,8%), моретаны (C_{29} - C_{32} ; 2,4 – 4,5%) и тетрациклические терпаны (C_{24} - C_{27} ; 0,8 – 2,0 %). Соотношение между насыщенными стероидными структурами и терпанами изменяется от 0,5 до 0,7. Соотношения, рассчитанные по составу терпанов имеют следующие значения: T_s/T_m (18 α (H) 22,29,30-триснорнеогопан/ 17 α (H) 22,29,30-трисноргопан) - 1,77 – 2,37; гомогопаны C_{35} / гомогопаны C_{34} - (0,5 – 0,7); адиантан/ гопан C_{30} - 0,30 – 0,33; трициклановый индекс ($I_{tc} = 2 \cdot \sum C_{19-20} / \sum C_{23-26}$) - 0,4 – 0,6.

В составе нафтено-ароматической фракции нефтей методом ХМС идентифицированы дибензтиофены, фенантрены, моно- и триароматические стероиды. Максимум концентрации приходится на фенантрены (64,7 – 84,9 % на сумму идентифицированных ароматических соединений), значительно ниже содержания триароматических стероидов (4,9 – 20,8 %), а дибензтиофенов (6,4 – 9,5%) и моноароматических стероидов (0,7 – 7,8) на порядок меньше по сравнению фенантренами. Отношение фенантрены/ дибензтиофены изменяется от 8,8 до 11, а три-/ моноароматические стероиды – от 2,6 до 7,1. Показатели зрелости, рассчитанные по составу идентифицированных ароматических структур, имеют незначительные разбросы: дибензтиофеновый индекс (2- + 3 метилдибензтиофены/ дибензтиофен) – 0,8 – 1,1; фенантеновый индекс (2 метилфенантрен/ фенантрен) – 0,5 – 0,6; метилфенантеновый индекс 1 (1,5 • (2+3 метилфенантрен)/ (фенантрен + 9- + 1- метилфенантрен)) – 0,03 – 0,05; $R_0(0,6 \cdot \text{МФИ} + 0,4; \%)$ – 0,42 – 0,43.

Результаты аналитического исследования нефтей из меловых продуктивных толщ (бореальный берриас, апт-альб) Пайяхской площади показали сходство их физико-химических свойств, значений $\delta^{13}\text{C}$ и компонентного состава (углеводороды и ароматические соединения), что позволяет считать их образованными в единый этап аккумуляции за счет общего источника. Согласно изотопному составу углерода и генетическим показателям по составу идентифицированных соединений исследованные нефти могли быть образованными за счет преимущественно аквагенного органического вещества, которое накапливалось в слабо- и/или умеренно-восстановительных мелководно-морских обстановках в условия терригенной седиментации [Тиссо, Вельте, 1981; Петров, 1984; Конторович и др., 1986, 2013; Bray, Evans, 1961; Peters et al., 2005 и др.]. Уровень зрелости нефтей, согласно рассчитанным показателям зрелости, соответствует главной зоне нефтеобразования [Петров, 1984; Peters et al., 2005 и др.].

Согласно материалам по пиролизу и $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$, которые обсуждались выше, а также в соответствии с информацией по органической геохимии юры и нижнего мела Енисей-Хатангского региона [Ким, Родченко, 2013; Родченко, 2016] исследованные нефти по генотипу и уровню зрелости более всего соответствуют органическому веществу верхней части гольчихинской свиты. Наблюдаемое соответствие позволяет рассматривать толщу с преимущественно аквагенным ОВ в верхней части этой свиты (пачка 8; верхневолжский подъярус – основание бореального берриаса) в качестве нефтепроизводящей (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные комплексные исследования разрезов гольчихинской свиты (верхи бата – низы бореального берриаса), вскрытой скважинами Пайяхской площади в погруженной центральной части на западе Енисей-Хатангского прогиба позволяют рассматривать их в качестве эталонных. Учитывая недостаточную стратиграфическую характеристику предлагаемых ранее стратотипов гольчихинской свиты в скв. Дерябинская 5 или Южно-Носковская 318 [Кукушкина, Кислухин, 1983; Кислухин, 1986; Куликов, 1989; Решение..., 1991] разрезы Пайяхской площади предлагаются в качестве гипостратотипов свиты (рис. 1, 2).

В исследованных интервалах скв. Пайяхская 1 и 4 установлены фораминиферовые комплексы зон келлова (JF25), нижнего и основания верхнего оксфорда (JF36), верхов оксфорда – нижней части нижнего кимериджа или верхов нижнего оксфорда (JF40/ JF39), верхней части нижневолжского подъяруса (JF44/ JF45), нижней части средневолжского подъяруса (JF46), верхов среднего и низов верхневолжского подъяруса (JF55), верхов средневолжского подъяруса – основания бореального берриаса (JF52) и низов бореального берриаса (KF1) [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013]. Биостратиграфический анализ разрезов соседних площадей показывает, что граница между гольчихинской и шуратовскими свитами фиксируется внутри фораминиферовой зоны KF1 (низы бореального берриаса) (рис. 2, 3). Несмотря на неудовлетворительную сохранность палинономорф и их бедный таксономический состав, удалось обосновать положение в разрезе верхневолжского подъяруса.

Проведенный анализ вариаций отклонений изотопной сигнатуры стабильных изотопов углерода от стандартных значений ($\delta^{13}C_{орг}$) в верхней части гольчихинской и низах шуратовской свит (волжский ярус – нижняя часть бореального берриаса) позволил установить, что полученная кривая вариаций $\delta^{13}C_{орг}$ практически идентична по трендам развития с таковыми из Баренцевоморского шельфа (о-в Шпицберген) и северо-востока Восточной Сибири (низовья р. Оленек), несмотря на различающиеся абсолютные значения [Hammer et al., 2012; Nikitenko et al., 2018]. Это дало возможность уточнить и обосновать положение границ ярусов и подъярусов на Пайяхской площади в интервалах, которые не содержали фоссилий (рис. 2, 4).

Нижняя граница гольчихинской свиты по ГИС определяется изменениями “пилообразной” кривой КС низкими, слабо дифференцированными ее значениями, положительной аномалией ПС, фиксируя смену песчаников малышевской свиты аргиллитами гольчихинской (рис. 2). Верхняя граница, согласно принципу комплексного обоснования границы баженовского горизонта [Рыжкова и др., 2018], фиксируется в подошве первого высокоомного пласта шуратовской свиты (рис. 2). В разрезе гольчихинской свиты Пайяхской площади установлены восемь литологических пачек, увязанных с био- и сейсмостратиграфическими подразделениями. За пределами площади количество пачек, строение разреза свиты, как и ее мощность, изменяются. Фациальная неоднородность гольчихинской свиты также не позволяет всюду однозначно обособлять ранее предложенное расчленение на подсвиты [Куликов, 1989].

На сейсмических разрезах, пересекающих Пайяхскую площадь в субширотном и субмеридиональном направлениях (рис. 5), устанавливается ряд высокодинамичных сейсмических отражений, приуроченных к кровле нижележащей малышевской свиты (Tm1) и кровле гольчихинской свиты (G1₁). Внутри интервала развития свиты обособляются три отражающих горизонта (G1₂-G1₄), формирующих самостоятельные сейсмокомплексы. Анализ био- и хемотратиграфических данных позволил обоснованно привязать эти отражающие горизонты к геологическому разрезу.

Изученные породы из разрезов гольчихинской и низов шуратовской свит по содержанию ОВ от 0.6 до 9.9 % на породу (рис. 2) являются потенциально нефте- и

газопроизводящими. Установлено, что стабильно максимально обогащенные ОВ толщи приходится на верхнюю часть гольчихинской свиты (верхневолжский подъярус и основание бореального берриаса). Низкие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ подтверждают преимущественно аквагенный состав ОВ этой части разреза (рис. 2). По данным отражательной способности витринита катагенез ОВ верхневолжского интервала соответствует главной зоне нефтеобразования, что подтверждается пиролитическими исследованиями. Таким образом, эти толщи могут рассматриваться как нефтепроизводившие. Нижние слои свиты, по данным пиролиза ОВ, находятся в начале глубинной зоны газообразования, что указывает на то, что ОВ почти полностью исчерпало свой начальный углеводородный потенциал (рис. 6).

Результаты аналитического исследования нефтей из меловых продуктивных толщ Пайяхской площади показали сходство их физико-химических свойств, значений $\delta^{13}\text{C}$ и компонентного состава (углеводороды и ароматические соединения), что позволяет считать их образованными в единый этап аккумуляции за счет общего источника. Исследованные нефти по генотипу и уровню зрелости более всего соответствуют ОВ верхней части гольчихинской свиты (верхневолжский подъярус – основание бореального берриаса).

Авторы искренне признательны В.А. Каширцеву, В.Г. Князеву и Н.К. Лебедевой за ценные рекомендации, способствовавшие улучшению рукописи статьи. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ, проект 18-17-00038 и РФФИ, проект 18-05-70035.

ЛИТЕРАТУРА

Алифиров А.С., Меледина С.В. Келловейские аммониты Западной Сибири: хронология и стратиграфия // Новости палеонтологии и стратиграфии: Приложение к журналу "Геология и геофизика". – 2010. – Т. 51. – № 14. – С. 61-84

Афанасенков А.П., Бондаренко М.Т., Киссин Ю.М., Тарасенко Е.М., Кондратьев И.К. О выявлении перспективных нефтегазоносных объектов под глубокое бурение по результатам региональных сейсмических исследований Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология нефти и газа. – 2016. №3. – С. 44-54.

Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. Мезо- кайнозойская история развития севера Западной и Восточной Сибири на основе анализа сейсмических данных (Гыдан, Усть-Енисейский район) // Геология нефти и газа. – 2017. №1. – С. 34-40.

Борисов Е.В. Геологическое строение Гольчихинской свиты западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 13-25 апреля 2015 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология" : Сб. материалов в 3 т. – 2015. – Т. 1. – С. 13-17

Вассоевич Н.Б. Основные закономерности, характеризующие органическое вещество современных и ископаемых осадков /Н.Б. Вассоевич // Природа органического вещества современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1973. – С. 11-59.

Головин С.В. Классификация нефтегазоносных комплексов мезозоя Енисей-Хатангского прогиба // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2009. – Т.4. - №1.- С. 1-21.

Злобина О.Н., Родченко А.П. Литолого-геохимическая характеристика Гольчихинской свиты в разрезе скважины Пайяхская 4 (Гыданский фациальный район, север Средней Сибири) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 13-25 апреля 2015 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология": Сб. материалов в 3 т. – 2015. – Т. 1. – С. 48-53

Ильина В.И. Палинология юры Сибири. М., Наука. 1985.- 237с.

Исаев А.В., Девятков В.П., Кринин В.А., Карпухин С.М. Перспективы нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология нефти и газа. – 2010. - №10. - С.13-23.

Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность. Недропользование. М. – 1980. – 242 с.

Карцева Г. Н., Кузнецов Л. Л., Образцова В. П. Новые данные по стратиграфии юрских и меловых отложений в западной части Енисей-Хатангского прогиба // Реперные горизонты палеозоя и мезозоя севера европейской части СССР и Сибири: сб. науч. трудов. – Л.: ВНИГРИ, 1983. – С. 96–100.

Каширцев В.А., Никитенко Б.Л., Пещевицкая Е.Б., Фурсенко Е.А. Биогеохимия и микрофоссилии верхней юры и нижнего мела Анабарского залива моря Лаптевых // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 4. – С. 481-501

Ким Н.С., Родченко А.П. Органическая геохимия и нефтегазогенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба// Геология и геофизика, 2013, т. 54, № 8, с. 1236—1252.

Кислухин В. И. Литолого-фациальное районирование юрских и нижнемеловых отложений севера Западной Сибири // Нефтегазоносность отложений Северных районов Западной Сибири: сб. науч. трудов. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1986. – С. 13–31.

Климова Е.Н., Кучерявенко Д.С., Полякова А.А. Новые данные об условиях формирования резервуаров Пайяхского месторождения и перспективы их нефтеносности на территории Нижнеенисейского нефтегазоносного района // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – т.13. - №3. – С. 1-17.

Конторович А.Э., Верховская Н.А., Тимошина И.Д., Фомичев А.С.Изотопный состав углерода органического вещества и битумоидов и некоторые спорные вопросы теории образования нефти// Геология и геофизика. – 1986. – № 5. – С. 3-13

Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. Палеогеография

Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. - 2013. - Т. 54. - № 8. - С. 972-1012.

Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. - 2018. - Т. 59. - № 3. - С. 357-371

Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52. - № 8. - С. 1027-1050

Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности // Тр. СНИИГГиМС. - М.: Недра, 1976. - Вып. 229. - 250 с

Куликов Д. П. Стратиграфическое расчленение и структурно-фациальное районирование верхнеюрских отложений Енисей-Хатангского прогиба // Геология и геофизика. - 1989. - № 10. - С. 10-18.

Кукушкина Т. С., Кислухин В. И. Районирование верхнеюрских осадочных образований по типам разрезов (Заполярные районы Западной-Сибири) // Творческое участие молодежи в ускоренном достижении на промыслах Тюменской области суточной добычи 1 млн. тонн нефти и 1 млрд. куб. м. газа: Тезисы докладов VI науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ЗапСибНИГНИ (23-24 марта 1983 г.). - Тюмень, 1983. - С. 20-21.

Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. - 2013. - Т. 54. - № 8. - С. 1047-1082

Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Кутыгин Р.В., Алифиров А.С. Высокоразрешающая стратиграфия верхней юры побережья моря Лаптевых // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56. - № 4. - С. 845-872

Никитенко Б.Л. Стратиграфия, палеобиогеография и биофауна юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Параллель - Новосибирск - 2009. - 680 с.

Петров А.А. Углеводороды нефти. - М.: Наука, 1984. - 263 с.

Решение V Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. Тюмень. 1990 г. Тюмень. 1991. 54 с.

Решение 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003. Региональные стратиграфические схемы триасовых и юрских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003. // Бочкарев В.С., Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Дзюба О.С., Ильина В.И., Кулахметов Н.Х., Меледина С.В., Могучева Н.К., Мясникова Г.П., Нежданов А.А., Никитенко Б.Л., Подобина В.М., Ровнина Л.В., Сапьяник В.В., Шпильман А.В., Шурыгин Б.Н. и др. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. - 113 с.

Родченко А.П. Геохимия органического вещества верхнеюрских отложений северо-востока Западной Сибири и генезис меловых нефтей региона // Геология нефти и газа. - 2016. - № 6. - С. 107-118

Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика. - 2018. - Т. 59. - № 7. - С. 1053-1074

Стратиграфический кодекс. Издание второе, дополненное. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 1992. 120 с.

Стратиграфический кодекс России. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. - М.: Мир, 1981. - 502 с.

Филипцов Ю.А., Давыдова И.В., Болдушевская Л.Н., Данилова В.П., Костырева Е.А., Фомин А.Н. Взаимосвязь материнских пород и нефтей в мезозойских отложениях северо-востока Западно-Сибирской плиты на основе изучения углеводородов-биомаркеров и катагенеза органического вещества // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. № 5-6, 2006. С. 52-57.

Фомин М.А. Тектоническое строение мезозойско-кайнозойских отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 9. – С. 4-18

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2000. 480 с.

Batten D.J. Upper Jurassic and Cretaceous miospores // Jansonius J., McGregor D.C. (Eds.) Palynology: principles and applications. Salt Lake City, AASP, 1996, v. 2, p. 807-831.

Bray E.E., Evans E.D. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds // *Cosmochim. Acta.* – 1961. – N 22. – P. 2-15

Hammer Ø., Collignon M., Nakrem H.A. Organic carbon isotope chemostratigraphy and cyclostratigraphy in the Volgian of Svalbard // *Norwegian Journal of Geology.* – 2012. Vol. 92. P. 103-112.

Herngreen G.F.W., Kerstholt S.J., Munsterman D.K. Callovian-Ryazanian (Upper Jurassic) palynostratigraphy of the Central North Sea Graben and Vlieland Basin, the Netherlands // *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.* 2000. V. 63. P. 1-97.

Ilyina V.I., Nikitenko B.L., Glinskikh L.A. Foraminifera and dinoflagellate cyst zonation and stratigraphy of the Callovian to Volgian reference section in the Tyumenskaya superdeep well (West Siberia, Russia) / Eds. A.J. Powell, J.B. Riding. Recent developments in applied biostratigraphy. The Micropalaeontological Society, Spec. Issue, 2005, p. 109–144.

Jansonius J., McGregor D.C. Palynology: principals and application. Salt Lake City, Publishers Press, 1996, v. 1, 452 p.

Nikitenko B.L., Pestchevitskaya E.B., Khafaeva S.N. High-resolution stratigraphy and palaeoenvironments of the Volgian – Valanginian in the Olenek key section (Anabar-Lena region, Arctic East Siberia, Russia) // *Revue de micropaléontologie.* – 2018. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2018.07.001>

Pestchevitskaya E., Lebedeva N., Rybokon A. Uppermost Jurassic and lowermost Cretaceous dinocyst successions of Siberia, Subarctic Urals and Russian Platform and their interregional correlation // *Geologica Carpathica.* 2011. V. 62. No. 3. P. 189-202.

Peters K.E. The biomarker guide // K.E. Peters, C.C. Walters, J.M. Moldowan. –2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 1155 p.

Powell A.J. (Ed.) A stratigraphic Index of dinoflagellate cysts. London, 1992. P. 1-290.

Sajjadi F., Playford G. Systematic and stratigraphic palynology of Late Jurassic – earliest Cretaceous strata of the Eromanga Basin, Queensland, Australia, Part two // *Palaeontographica.* 2002. V. 261, P. 99-165.

Tyson R.V. Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies. London, Chapman and Hall, 1995, 615 p.

Подрисуночные подписи к статье Б.Л. Никитенко и др. ГОЛЬЧИХИНСКАЯ СВИТА (ВЕРХИ БАТА - НИЗЫ БОРЕАЛЬНОГО БЕРРИАСА) ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА (ЗАПАД СЕВЕРО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)

Рис. 1. Положение стратотипических разрезов гольчихинской свиты на северо-востоке Западной Сибири и западе Северо-Сибирской низменности (А) и изученных разрезов Пайяхской площади (Б) на структурной карте по кровле юрского - основанию мелового сейсмогеологического мегакомплекса (Б) [Конторович, 2011] (В) и тектонической карте запада Енисей-Хатангского регионального прогиба [Конторович, 2011] (Г)

Рис. 2. Био- и литостратиграфическое расчленение разрезов гольчихинской свиты Пайяхской площади, положение основных отражающих горизонтов. Геохимические характеристики ОБ и нефтей.

Условные обозначения к рис. 2:

- 1 – аммониты (а), фораминиферы (б) и диноцисты (в);
- 2 – индексы фораминиферовых зон, см. рис. 3;
- 3 – генотип ОБ: аквагенное ОБ (а), террагенное (б), смешанное (в);
- 4 – нефтематеринская толща (а), продуктивный горизонт НХ-IV (б);
- 5 – кривые вариаций Сорг, %: Пайяхская скв. 4 (а) и 1 (б) и $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$, ‰ VPDB: Пайяхская скв. 4 (в) и 1 (г);
- 6 – притоки нефти из продуктивного горизонта (а) и значения $\delta^{13}\text{C}$ нефтей(б);

Рис. 3. Стратиграфическая схема верхов бата - низов бореального берриаса северо-востока Западной Сибири и запада Северо-Сибирской низменности.

Условные обозначения к рис. 3:

- 1 – месторождения нефти (а) и газа (б);

Рис. 4. Сравнение вариаций значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в разрезах волжского регионального яруса и низов бореального берриаса разных разных регионов: Шпицберген (1), Пайяхской площади (2) и Восточной Сибири, р. Оленек (3) (А) и глобальная палеогеография Северного Полушария в конце поздней юры и начале мела (Б) [палинспастические реконструкции по Scotese, 2011 с изменениями].

Условные обозначения к рис. 4Б:

- 1 – Западно-Европейский бассейн;
- 2 – пролив Викингов;
- 3 – Баренцевский бассейн;
- 4 – Западно-Сибирский бассейн;
- 5 – Енисей-Хатангский пролив;
- 6 – Анабаро-Ленский бассейн;

Рис. 5. Фрагмент сейсмического разреза по профилям 3590010 и 0602113.

Условные обозначения к рис. 5:

- 1 – примеры налегания и прилегания сейсмических отражений;
- 2 – отражающие горизонты, см рис. 2 и 3;
- 3 – Гольчихинская свита;
- 4 – притоки нефти;

Рис. 6. Диаграмма зависимости водородного индекса HI от температуры максимального выхода углеводородов T_{\max} для разных горизонтов гольчихинской свиты Пайяхской площади

Условные обозначения к рис. 3, 5:

- 1 – линии, ограничивающие максимальные значения водородного индекса (HI) для трех типов органического вещества: I - аквагенного, озерного типа; II - аквагенного, морского; III - террагенного, связанного с высшей наземной растительностью;
- 2 – изолинии отражательной способности витринита (R_{vt}^0);
- 3 – направленность изменения величин HI и T_{\max} в катагенезе;
- 4 – образцы из низов бореального берриаса (а) и низов оксфорда (б), скв. Пайяхская 1;
- 5 – образцы из низов бореального берриаса (а), верхне- (б), средне- (в) и нижневолжского (г) подъярусов и кимериджа (д), скв. Пайяхская 4;

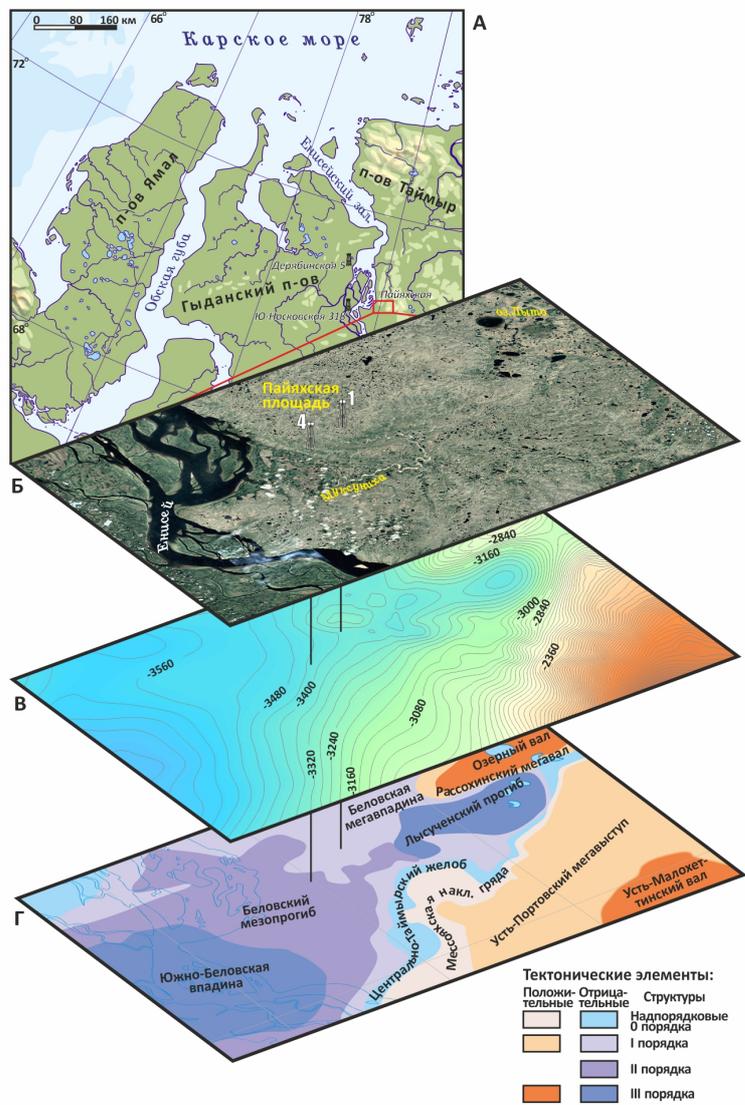


Рис. 1. Положение стратотипических разрезов гольчихинской свиты на северо-востоке Западной Сибири и западе Северо-Сибирской низменности (А) и изученных разрезов Пайяхской площади (Б) на структурной карте по кровле юрского – основанию мелового сейсмогеологического мегакомплекса (Б) [Конторович, 2011] (В) и тектонической карте запада Енисей-Хатангского регионального прогиба [Конторович, 2011] (Г)

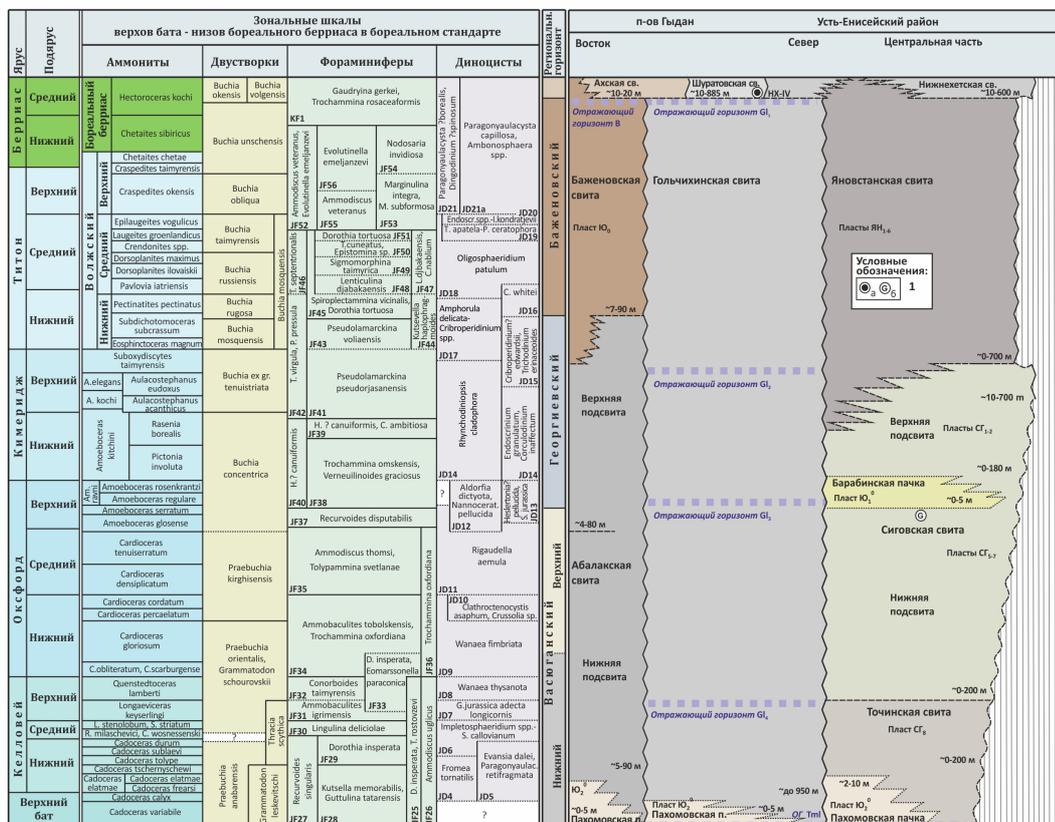


Рис. 3. Стратиграфическая схема верхов бата – низов борейального берриаса северо-востока Западной Сибири и запада Северо-Сибирской низменности

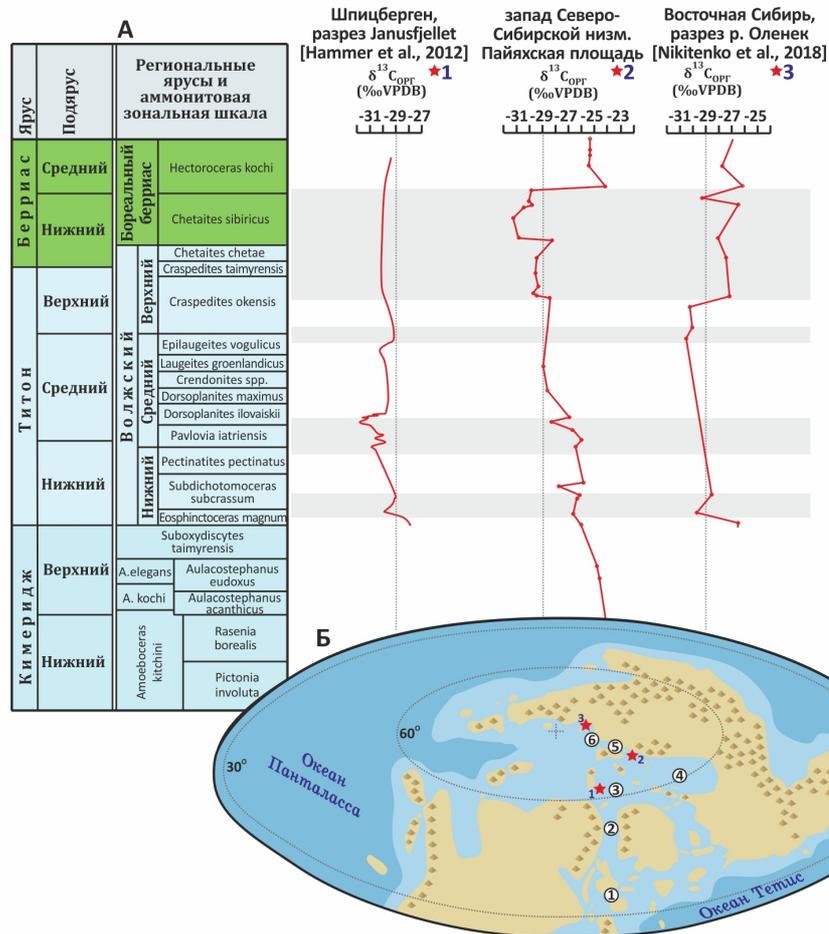


Рис. 4. Сравнение вариаций значений $\delta^{13}C_{org}$ в разрезах волжского регионального яруса и низов бореального берриаса разных разных регионов: Шпицберген (1), Пайяхской площади (2) и Восточной Сибири, р. Оленек (3) (А) и глобальная палеогеография Северного Полушария в конце поздней юры и начале мела (Б) [палинпастические реконструкции по Scotese, 2011 с изменениями]

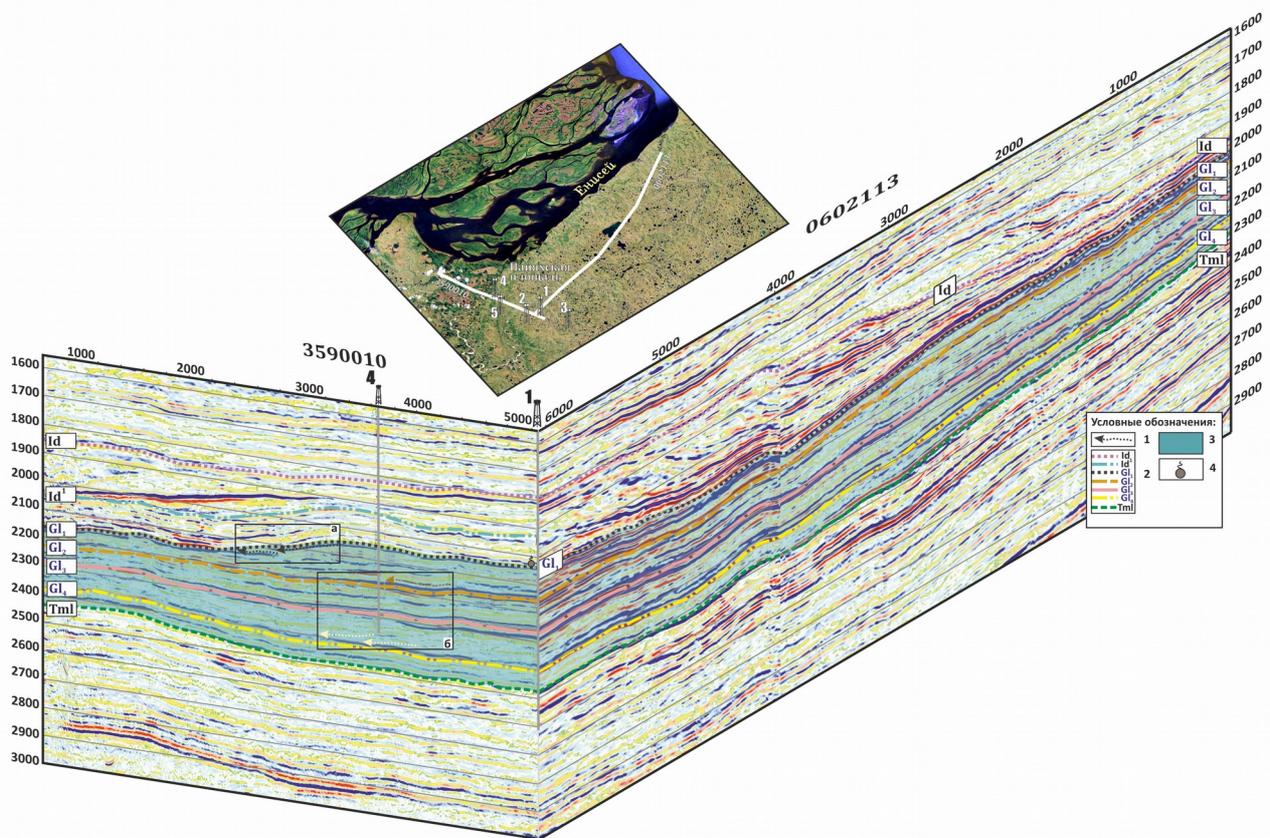


Рис. 5. Фрагмент сейсмического разреза по профилям 3590010 и 0602113

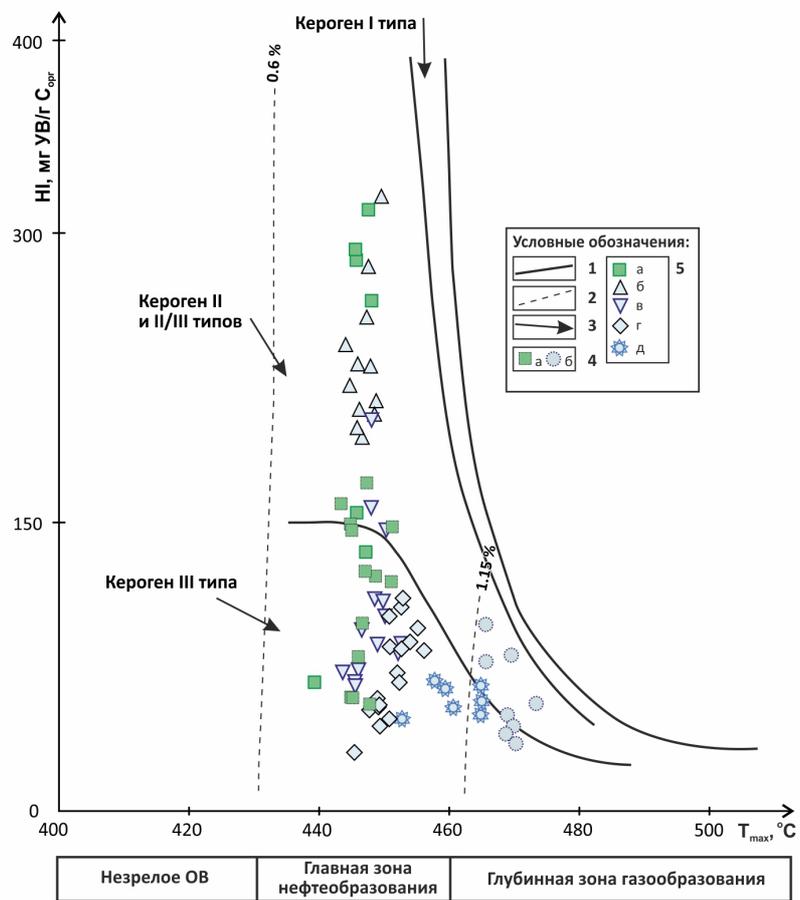


Рис. 6. Диаграмма зависимости водородного индекса HI от температуры максимального выхода углеводородов T_{max} для разных горизонтов гольчихинской свиты Пайяхской площади