

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В КЕЛЛОВЕЙ-НИЖНЕБЕРРИАСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНАХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ

С.В. Ершов, Н.С. Ким, А.П. Родченко

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

Приведены результаты комплексной интерпретации геохимических исследований органического вещества (ОВ), палеогеографических реконструкций, данных ГИС и циклостратиграфического анализа для васюганского, георгиевского и баженовского горизонтов келловей-нижнеберриасских отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающих районов Западно-Сибирской геосинеклизы. Для каждого из горизонтов выделены зоны, в которых шло накопление террагенного, смешанного и аквагенного ОВ. Выявлен характер распространения органического вещества разных типов как по площади, так и по разрезу. Исследования показали, что аквагенный тип ОВ в келловей-оксфордское время накапливался преимущественно в наиболее погруженных зонах рассматриваемой территории. Со временем зона аквагенного ОВ расширилась и достигла максимального распространения в Большехетской мегасинеклизе в киммеридже и ранней волге, а на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба в волжское и раннеберриасское время.

Органическое вещество, углеводороды-биомаркеры, палеогеография, интерпретация ГИС, келловей-нижнеберриасские отложения, Западно-Сибирский бассейн, Енисей-Хатангский региональный прогиб.

DISTRIBUTION OF ORGANIC MATTER IN CALLOVIAN–LOWER BERRIASIAN DEPOSITS OF THE WESTERN PART OF THE YENISEI–KHATANGA REGIONAL TROUGH AND ADJACENT AREAS OF THE WEST SIBERIAN GEOSYNECLISE

S.V. Ershov, N.S. Kim, and A.P. Rodchenko

This study presents the results of geochemical analysis of organic matter and paleogeographic reconstructions supplemented by data from well log interpretation and cyclostratigraphic analysis for the Vasyugan, Georgiev, and Bazhenov Horizons of the Callovian–Lower Berriasian section in the western part of the Yenisei–Khatanga regional trough and adjacent areas of the West Siberian geosyncline. It has been found that each horizon contains zones dominated by terrigenous, mixed, and aquatic organic matter. The distribution of different types of organic matter over the area and throughout the section was examined. It was shown that the accumulation of aquatic organic matter took place in the deepest parts of the trough during the Callovian–Oxfordian. The area of accumulation of aquatic organic matter expanded considerably and reached its maximum extent within the Bolshaya Kheta megasyncline during the Kimmeridgian and Early Volgian and in the west Yenisei–Khatanga regional trough during the Volgian and Early Berriasian.

Organic matter, hydrocarbon biomarkers, paleogeography, log interpretation, Callovian–Lower Berriasian deposits, West Siberian Basin, Yenisei–Khatanga regional trough

ВВЕДЕНИЕ

Енисей-Хатангский региональный прогиб (ЕХРП) и прилегающие районы Западно-Сибирской геосинеклизы (ЗСГ) расположены в арктических районах Сибири и являются недостаточно изученным, но перспективным объектом для открытия в юрско-меловых осадочных комплексах месторождений нефти и газа. Несмотря на преобладание газовых и газоконденсатных залежей, территория исследования обладает высоким потенциалом нефтеносности, что подтверждается промышленными запасами нефти на Ванкорском, Байкаловском и Пайяхском месторождениях.

По существующим представлениям в осадочном чехле Западно-Сибирского мегабассейна основным источником жидких углеводородов является баженовская свита волжско-раннеберриасского возраста, карбонатно-кремнисто-глинистые отложения которой уникально обогащены аквагенным органи-

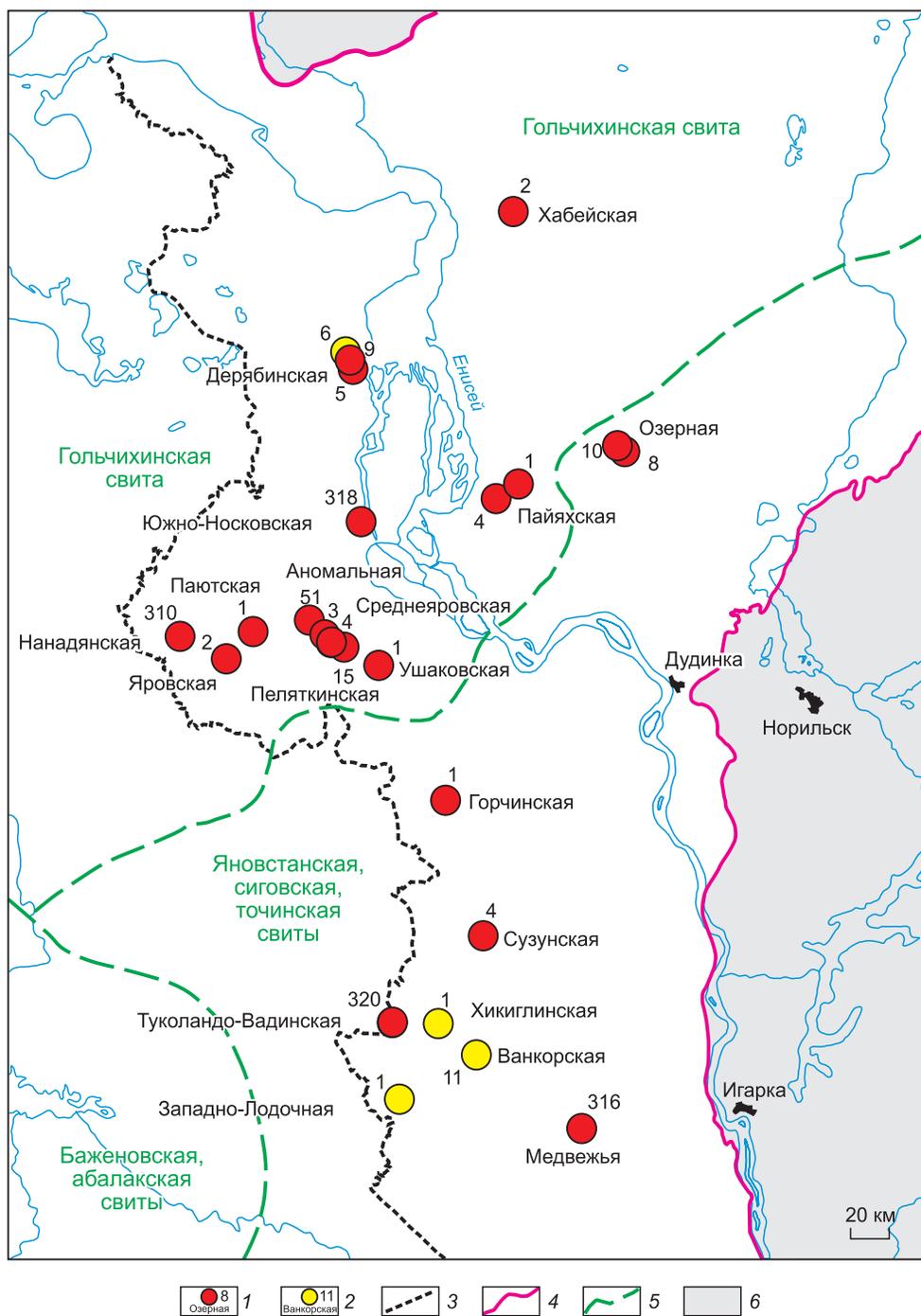


Рис. 1. Схема отбора образцов на геохимические исследования.

1, 2 — название площади и номер скважины: 1 — данные ИНГТ СО РАН; 2 — данные из литературных источников; 3—5 — границы: 3 — административная, 4 — распространения мезозойских отложений, 5 — фациальных районов; 6 — зона отсутствия мезозойских отложений.

ческим веществом (ОВ). На северо-восточной окраине Западной Сибири, в районе исследования, баженовская свита сменяется глинистыми и песчанисто-глинистыми возрастными аналогами — гольчихинской и яновстанской свитами (рис. 1). В породах этих свит преобладает террагенное, генетически связанное с высшей наземной растительностью, и смешанное ОВ. Вместе с тем в яновстанской и гольчихинской свитах выявлены уровни, где в значительных количествах присутствует аквагенное органическое вещество [Гончаров и др., 2011; Ким, Родченко, 2013; Афанасенков и др., 2015; и др.].

Наиболее достоверные сведения о типе ОВ, содержащегося в породах, можно получить проведя комплексные геохимические исследования ядерного материала. Однако отбор ядра проводится выборочно, характеристика разреза получается фрагментарной, что вынуждает исследователей прибегать к дополнительным методам исследования. В настоящей работе авторами проведено расчленение в скважинах всего разреза келловей-нижнеберриасских отложений, включая интервалы, не охарактеризованные ядром, на интервалы с разными типами ОВ. Выявление закономерностей распределения как в разрезе, так и по площади пород с разными типами ОВ, поможет повысить достоверность прогноза залежей жидких и газообразных углеводородов в западной части ЕХРП и прилегающих районах ЗСГ. В своих исследованиях авторы опирались не только на геохимические исследования образцов ядра, но и привлекали дополнительные методы, такие как ГИС, циклостратиграфический метод, палеогеографические реконструкции.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Западные районы ЕХРП и прилегающие районы ЗСГ характеризуются двумя типами разрезов келловей-нижнеберриасских отложений — тазо-хетским и гыданским. Первый тип разреза представлен тремя свитами (снизу вверх): точинской, сиговской и яновстанской, выклинивающимися на бортах прогиба вдоль границы с Сибирской платформой. Келловей-верхнеюрские отложения отсутствуют в сводовых частях Мессояхского, Семеновского и Малохетского локальных поднятий [Исаев и др., 2009; Конторович и др., 2013; и др.]. Частичный размыв этого комплекса пород на разную глубину отмечается также на Соленинской, Зимней, Джангодской и некоторых других площадях Мессояхской наклонной гряды и Рассохинского наклонного мегавала. Второй тип разреза (гыданский) представлен гольчихинской свитой — возрастным аналогом точинской, сиговской и яновстанской свит [Решение..., 2004].

Точинская свита (верхний бат—верхний келловей), являющаяся возрастным аналогом нижнеवासюганской подсвиты, на западе ЕХРП сложена преимущественно темно-серыми аргиллитами. В направлении границы осадочного бассейна увеличивается количество прослоев песчано-алевритового материала. Максимальную толщину свита имеет в районе Озерной, Верхнекубинской, Джангодской и Рассохинской площадей 100—180 м.

Сиговская свита (верхний келловей—нижний кимеридж) представлена переслаиванием светло-серых и зеленовато-серых алевролитов и песчаников с прослоями аргиллитов. Максимальная толщина сиговской свиты на западе ЕХРП — 80—110 м в тех же районах, что и максимальный разрез точинской свиты. На северо-востоке ЗСГ максимальные толщины сиговской свиты составляют 100—190 м (Тагильская, Лодочная, Ванкорская и др. площади).

Яновстанская свита (нижний кимеридж—нижний берриас) представлена темно-серыми глинами и аргиллитами от тонкоотмученных до алевритовых с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников. Встречаются прослои аргиллитов, обогащенные органическим веществом. Максимальная толщина свиты зафиксирована на Долганской площади и превышает 700 м.

Песчаность всех трех келловей-верхнеюрских свит, включающих также верхи бата и низы берриаса, увеличивается к границе осадочного бассейна. В депрессионной области ЕХРП эта часть разреза полностью глинизируется и в Гыданском литофациальном районе выделяется одна свита — гольчихинская, сложенная темно-серыми тонкоотмученными, алевритовыми аргиллитами. Как и в яновстанской свите, встречаются прослои с высоким содержанием органического вещества. Максимальные толщины гольчихинской свиты (более 720 м) вскрыты скважинами на Пайяхской площади. По данным сейсморазведки, область повышенных толщин (до 850 м) прогнозируется и в районе Среднепясинской площади.

Возрастные аналоги баженовской свиты в объеме одноименного стратиграфического горизонта выделяются в верхних частях разрезов яновстанской и гольчихинской свит.

Детальные палеогеографические исследования, проведенные разными исследователями и базирующиеся на комплексе литолого-палеонтологических и геохимических данных, свидетельствуют, что формирование келловей-нижнеберриасских отложений на западе ЕХРП и прилегающих районах ЗСГ проходило в морских условиях [Конторович и др., 1971, 2013; Захаров и др., 1983; Деятов и др., 2011; Шурыгин и др., 2011; и др.]. Далее при палеогеографических реконструкциях авторы опирались на работу [Конторович и др., 2013] с некоторой детализацией.

В средне- и позднеюрскую эпохи прогиб представлял собой Хатангское море, соединявшее Западно-Сибирское эпиконтинентальное море с Анабаро-Ленским. Раннеवासюганское время (келловей) характеризуется обширной трансгрессией, во время которой сформировались отложения точинской свиты, сложенной глинами и аргиллитами. На северо-востоке Западной Сибири ей соответствуют низы гольчихинской, а в центральных районах — нижнеवासюганская подсвита. В осевой наиболее погруженной зоне прогиба глубина бассейна в келловее превышала 100 м, уменьшаясь в направлении Среднесибирской и Таймырской суш.

Оксфордский век ознаменовался регрессией, достигшей максимума в конце среднего—начале позднего оксфорда. Несмотря на расширение площади морского осадконакопления, произошло обмеление моря. Увеличение поступления обломочного материала привело к формированию вдоль границы со Среднесибирской сушей полосы песчано-алевритовых осадков нижнесиговской подсвиты шириной 60—100 км. В районах групп Мессояхских и Соленинских площадей, где в оксфордское время существовали отмели, область распространения песчано-алевритовых осадков выдвигалась в глубь бассейна до 300 км. Граница замещения песков и алевритов на глинистые осадки и является границей тазо-хетского и гыданского типов разреза келловой-верхнеюрских отложений. В удаленных от берега районах в оксфорде шло накопление глинистых илов гольчихинской свиты. В это время глубины палеобассейна на западе ЕХРП не превышали 100 м.

Конец позднего оксфорда и начало кимериджа характеризуются очередной крупной трансгрессией, максимум которой отмечается в волжском веке. Площадь морского осадконакопления в Западно-Сибирском бассейне расширилась. В пределах исследуемой территории контуры палеогеографических зон практически не изменились. В это время происходило накопление верхней подсвиты сиговской и низов яновстанской свит. На севере района продолжалось накопление глинистых илов гольчихинской свиты.

В волжское и раннеберриасское время на большей части акватории бассейна установился некомпенсированный режим осадконакопления. В пределах исследуемой территории произошла дифференциация тектонических движений. С одной стороны, внутренние районы бассейна продолжали погружаться, что при крайне низкой скорости седиментации привело к его углублению до 200 м и более, с другой, — началось формирование Мессояхской наклонной гряды, в результате чего образовалась серия островов. На рубеже юры и мела произошла также тектоническая активизация окраин, в том числе и Сибирской платформы [Казаринов, 1958; Конторович и др., 1971, 1974]. Начало горообразовательных процессов привело к смене некомпенсированного режима осадконакопления режимом лавинной седиментации и крупной регрессии, прерываемой кратковременными трансгрессиями [Конторович и др., 2014]. В волжское и раннеберриасское время область компенсированного осадконакопления протягивалась узкой полосой вдоль побережья бассейна. В это время в исследуемом районе отлагались осадки верхов яновстанской и гольчихинской свит.

Яновстанская свита и верхняя часть гольчихинской, как и неом Западной Сибири, имеет клиноформное строение, но характеризуется более пологим залеганием косонаклонных слоев [Конторович, 2011; Шестакова, Ершов, 2016; и др.].

В районе Большехетской мегасинеклизы (тектонические элементы даны по [Конторович и др., 2001]) проградация волжского комплекса осадков проходила в западном направлении. В это время в центральных районах бассейна, где в придонных слоях воды и осадке существовало сероводородное заражение или, как минимум, дефицит кислорода [Конторович и др., 1971, 1974; Геология..., 1975], формировалась баженовская свита. Переход разреза от мелководно-морских фаций к относительно глубоководным депрессионным по типу баженовского наблюдается в 60—70 км к западу от Туколандо-Вадинской и Западно-Лодочной площадей (см. рис. 1).

В Енисей-Хатангском региональном прогибе наклон верхнеюрских клиноформ изменяет направление на северо-западное и северное. Отмечается асимметрия Енисей-Хатангского волжско-неокомского бассейна, которая позволяет считать, что основным источником сноса обломочного материала в поздней юре и неоме в исследуемом районе выступала в основном Сибирская платформа [Наумов и др., 1979; Конторович, 2011].

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геохимические исследования выполнены для коллекции кернового материала из 20 скважин, расположенных в пределах разных тектонических элементов западной части ЕХРП. Из гольчихинской свиты проанализированы 203 пробы, из яновстанской — 82, из сиговской — 8 и из точинской — 22. Несмотря на то, что существуют определенные трудности при геохимических исследованиях, связанные с неполной охарактеризованностью керновым материалом вскрытого скважиной разреза, в исследуемой коллекции подобраны образцы из разных частей келловой-нижнеберриасского разреза. Необходимо отметить, что при отборе образцов на геохимические исследования предпочтение отдавалось наиболее обогащенным органическим веществам разностям — аргиллитам и алевритистым аргиллитам. Помимо данных, полученных в ИНГТ СО РАН, в настоящей работе при характеристике келловой-нижнеберриасских отложений были также учтены геохимические данные, опубликованные в последние годы [Гончаров и др., 2009, 2011; Афанасенков и др., 2015].

Аналитическое изучение рассеянного органического вещества пород проведено по схеме, разработанной в ИНГТ СО РАН, которая включает определение: концентраций органического углерода в

породе ($C_{\text{орг}}$, % на породе); пиролитические характеристики органического вещества пород (S_1 , S_2 , T_{max} и $HI = S_2/C_{\text{орг}}$); изотопный состав углерода бескарбонатного вещества пород ($\delta^{13}\text{C}$); выходы хлороформенных экстрактов ОВ пород (битумоидов) и их групповой состав. Для установления типа органического вещества и условий осадконакопления были изучены состав и закономерности распределения по разрезу углеводородов-биомаркеров в насыщенной фракции битумоидов. Определение содержания органического углерода в породах и пиролиз выполнялся для всей коллекции (315 образцов), из которых детальные битуминологические исследования проведены для 188 проб, изотопный состав органического углерода измерен для 157 проб.

Предварительно породы дробили до размерности 0.25 мм. В обработанных 10 %-й соляной кислотой породах определяли содержание $C_{\text{орг}}$ с помощью экспресс-анализатора АН-7529 методом сжигания проб в токе кислорода при температуре 1000—1100 °С. Пиролиз проводился на приборе Source Rock Analyzer (SR Analyzer, Humble Instruments). Экстракция битумоидов из пород выполнялась хлороформом при комнатной температуре. Экстракты очищали от элементарной серы ртутью и разделяли на фракции насыщенных и ароматических углеводородов, бензольных и спиртобензольных смол, асфальтенов. Определение стабильных изотопов углерода проводилось в ИГМ СО РАН с использованием масс-спектрометрического комплекса, состоящего из масс-спектрометра Finnigan MAT-253 и линии пробоподготовки — Gas Bench II, подключенной непосредственно к масс-спектрометру, и Томском филиале ФГУП «СНИИГТиМС» в лаборатории изотопных методов на масс-спектрометре DELTA V ADVANTA. Исследование алканов нормального и изопреноидного строения проводилось на хроматографе Agilent 7820A с пламенно-ионизационным детектором. Анализ циклоалифатических углеводородов-биомаркеров осуществлялся на хроматографе Agilent 6890N-масс-спектрометре Agilent 5973A с компьютерной системой (ChemStation) регистрации и обработки информации HP GI034. Идентификация углеводородов выполнялась путем сравнения с уже известными соединениями из библиотеки Национального института стандартов NIST-05, а также с опубликованными данными.

По совокупности геохимических параметров [Петров, 1984; Peters et al., 2005], причем наиболее четко по распределению стерановых и трициклановых углеводородов, в автохтонных битумоидах выделены три группы пород с разным типом исходного органического вещества (рис. 2).

Террагенную природу исходного ОВ, связанную с липидами высшей наземной растительности, имеют 70 битумоидов из всех изученных свит (37 % от общего числа проэкстрагированных из пород битумоидов). В составе биомаркеров этой группы выявлено резкое преобладание этилхолестанов (C_{29}) в ряду стеранов C_{27} — C_{30} . Значения отношения стеранов состава C_{29} к C_{27} изменяются от 1.7 до 6.2 и C_{29} к C_{28} — от 2.5 до 6.3. Среди трицикланов доминируют УВ состава C_{19} — C_{20} . Значения трицикланового индекса $I_{\text{TC}} = 2(C_{19}+C_{20})/(C_{23}+C_{24}+C_{25}+C_{26})$, предложенного А.Э. Конторовичем [Конторович и др., 1999], варьируют в широких пределах от 1.4 до 13.2. В распределении *n*-алканов максимум приходится на C_{17} — C_{19} , что, вероятно, связано с вкладом липидов живого вещества, образовавшегося в бассейне осадконакопления. Для битумоидов с низкой степенью преобразованности ОВ характерны дву-modalность кривой распределения *n*-алканов — первый максимум распределения приходится на C_{16} — C_{18} , второй — на

C_{23} , C_{25} , C_{27} , C_{29} и преобладание нечетных *n*-алканов в высокомолекулярной области. В некоторых образцах эта дву-modalность сглаживается и кривая распределения *n*-алканов имеет широковершинный максимум в области C_{17} — C_{29} . Изотопный состав углерода нерастворимого ОВ (больше -26 ‰) подтверждает террагенную природу исходного органического вещества [Конторович и др., 1985].

В битумоидах (80 образцов, 43 % от общего числа изученных битумоидов) аквагенного генезиса со-

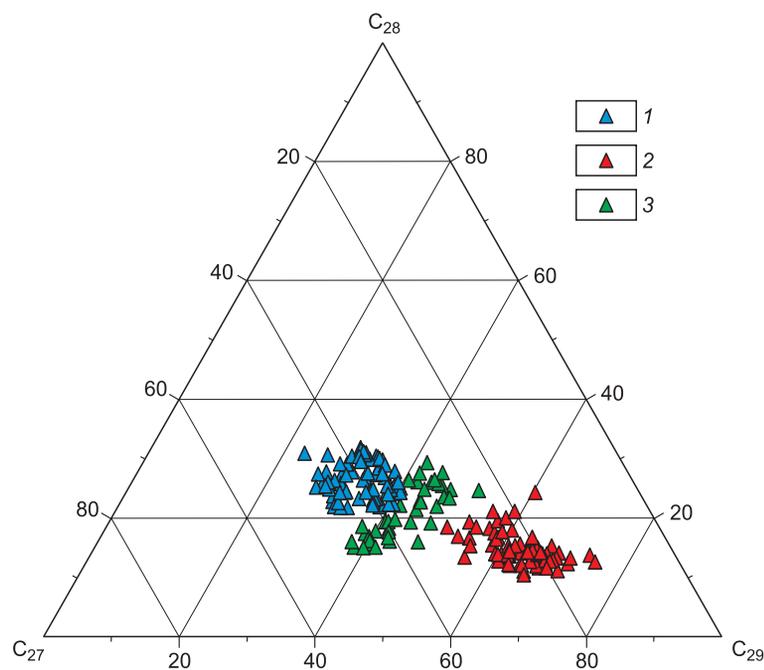


Рис. 2. Тригонограмма распределения стерановых углеводородов C_{27} , C_{28} , C_{29} по типам органического вещества.

Типы органического вещества: 1 — аквагенное, 2 — террагенное, 3 — смешанное.

держание стеранов C_{27} и C_{29} приблизительно равное или преобладают холестаны C_{27} ($C_{29}/C_{27} = 0.5—1.2$). Отмечается некоторое увеличение доли стеранов состава C_{28} по сравнению с первой группой ($C_{29}/C_{28} = 0.9—1.9$). По распределению хейлантанов аквагенные битумоиды различаются. Для битумоидов из скв. Пайяхская-4 отмечается большой разброс значений I_{TC} от 0.3 до 6.9. В остальных образцах, соответствующих баженковскому уровню, доминируют углеводороды состава $C_{23}—C_{26}$ ($I_{TC} = 0.4—1.1$), в битумоидах георгиевского и васюганского горизонтов отмечается относительно высокие концентрации трицикланов с преобладанием низкомолекулярных гомологов $C_{19}—C_{20}$ ($I_{TC} = 1.2—4.0$). Такое изменение концентраций трицикланов может объясняться привнесом террагенного ОВ, который отразился преимущественно на составе терпановых УВ. В составе *n*-алканов в максимальных концентрациях присутствуют углеводороды $C_{16}—C_{19}$. Для образцов баженковского горизонта характерны повышенные концентрации изопреноидных углеводородов: отношения пристана и *n*-алкана C_{17} составляют 0.66—1.15. Для половины образцов, в которых был определен изотопный состав углерода, тип ОВ подтверждается увеличением доли изотопа ^{12}C (–30.9...–27.0 ‰). Утяжеление изотопного состава в остальных образцах аквагенного генезиса до –22.6 ‰ может быть связано с вкладом в состав ОВ компонентов высшей наземной растительности и фракционированием изотопов углерода в субокислительных условиях осадконакопления.

Битумоиды со смешанным составом исходного ОВ занимают промежуточное положение между ОВ аквагенного и террагенного типов. В них по сравнению с аквагенным ОВ несколько больше этилхолестанов и меньше метилхолестанов ($C_{29}/C_{27} = 0.8—1.7$, $C_{29}/C_{28} = 1.4—3.0$). Трициклановый индекс изменяется от 0.4 до 3.2 (средняя величина 1.2). Распределения алканов нормального и изопреноидного строения, а также терпанов близки к распределениям этих углеводородов-биомаркеров, характерным для аквагенного ОВ. Значения $\delta^{13}C$ нерастворимого ОВ изменяются в широких пределах (–23.3...–32.6 ‰).

В скважинах, в которых не был выполнен анализ индивидуальных УВ, в качестве экспрессной оценки типа ОВ использовались данные пиролиза. При этом учитывалось, что при высокой степени катагенетической преобразованности ОВ пород пиролитические данные для диагностики типа ОВ становятся неинформативными [Тиссо, Вельте, 1981]. Повышенные значения водородного индекса HI, большие 150 мг УВ/г $C_{орг}$, указывают на значительный вклад в ОВ аквагенной составляющей. Низкие значения параметра HI (<150 мг УВ/г $C_{орг}$) в умеренно преобразованных катагенезом пробах характерны для ОВ террагенного и смешанного типов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Привлечение дополнительных методов исследования позволяет в некоторой степени восполнить пробелы в изучении разрезов, не охарактеризованных керном. К таким методам относятся геофизические исследования скважин (ГИС), циклостратиграфический метод, а также результаты палеогеографических реконструкций на разные века средне-, позднечюрской эпохи и раннего берриаса.

Методика интерпретации фаций по данным ГИС уже давно получила большое распространение. Имея непрерывную запись физических параметров пород в разрезе, опираясь на достоверные геохимические данные исследования образцов, кривые ГИС можно использовать в качестве косвенной информации для выделения не только фаций, но и слоев с разным типом ОВ. В отличие от интерпретации фаций, которых выделяется большое количество, при изучении распределения типов ОВ задача состоит в расчленении разреза на три типа пластов, содержащих аквагенное, террагенное ОВ и ОВ смешанного типа. Методика выделения в разрезе скважин интервалов, характеризующихся разным типом ОВ, по данным ГИС подразделяется на ряд этапов:

- 1) корреляция разрезов скважин;
- 2) привязка к каротажу образцов керна, в которых был определен тип ОВ;
- 3) выделение «эталонных» слоев для каждого типа ОВ в каждой из скважин;
- 4) определение набора и параметров кривых ГИС, информативных для выделения пород с разным типом ОВ;
- 5) расчленение в каждой из скважин разреза келловей-нижнеберриасских отложений на пласты с разными типами ОВ с учетом исследованных образцов, данных ГИС, седиментационной цикличности и аналогичных данных по соседним скважинам.

В отличие от фаций, которые характеризуются определенной конфигурацией кривых ГИС независимо от возраста пластов, граничные значения геофизических параметров для выделения слоев с разными типами ОВ в каждом стратиграфическом горизонте и для каждой палеогеографической области отличаются. Задача существенно упрощается, если выделять не отдельные слои, а интервалы, в которых доминируют слои либо с аквагенным типом ОВ, либо с террагенным, или интервалы, в которых отмечается переслаивание пород с разными типами ОВ, включая смешанное.

Использование циклостратиграфического метода предполагает выделение в разрезе интервалов, отвечающих разным этапам трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления [Казаринов, 1958;

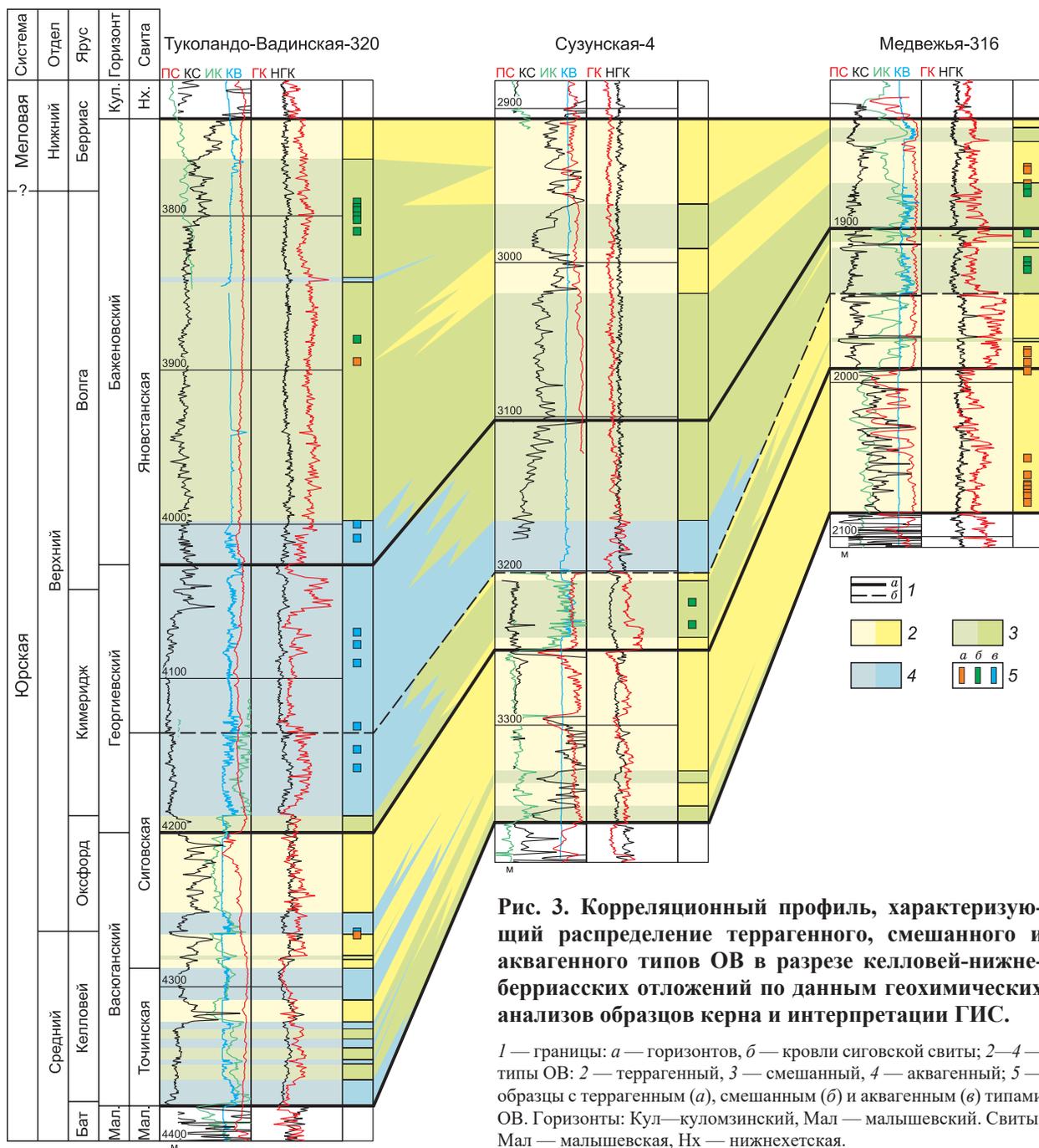


Рис. 3. Корреляционный профиль, характеризующий распределение террагенного, смешанного и аквагенного типов ОВ в разрезе келловей-нижнеберриасских отложений по данным геохимических анализов образцов ядра и интерпретации ГИС.

1 — границы: *a* — горизонтов, *b* — кровли сиговской свиты; 2—4 — типы ОВ: 2 — террагенный, 3 — смешанный, 4 — аквагенный; 5 — образцы с террагенным (*a*), смешанным (*b*) и аквагенным (*v*) типами ОВ. Горизонты: Кул — куломзинский, Мал — малышевский. Свиты: Мал — малышевская, Нх — нижнехетская.

Карогодин, 1980; и др.]. Наиболее тонкозернистые осадки в разрезе циклитов отвечают максимумам трансгрессий, грубообломочные приурочены к их базальным и регрессивным частям. Седиментационная цикличность разреза напрямую связана с закономерностями распределения типов ОВ, поскольку с увеличением привноса в бассейн грубообломочного материала, увеличивается также и объем поступающего террагенного ОВ. Увеличение обломочной составляющей в составе пород как раз надежно фиксируется методами ГИС. На рис. 3 в виде корреляционного профиля приведен пример реконструкции разреза с выделением слоев, характеризующихся разными типами ОВ.

Анализ результатов палеогеографических реконструкций и распределения по площади типов ОВ по данным исследования ядра позволяет наметить зоны, в которых шло накопление террагенного, смешанного и аквагенного ОВ для каждого из исследуемых интервалов.

Комплексирование геохимических методов исследования с методами, которые позволяют получить косвенную информацию о типе ОВ, дает возможность повысить адекватность модели распределения типов ОВ как в разрезе келловей-нижнеберриасских отложений, так и по площади.

Важным этапом проведенных исследований, как было отмечено выше, является детальная корреляция верхнеюрских отложений. В своих исследованиях авторы опирались на сейсмогеологическую модель верхней юры ЕХРП и сопредельных районов ЗСГ, предложенную Н.В. Шестаковой и С.В. Ершовым [2016], которая была построена с использованием сеймостратиграфического и сиквенс-стратиграфического подходов. В основе детальной корреляции лежит не только корреляция разрезов по диаграммам стандартного, радиоактивного каротажа и данные сейсморазведки, но и палеонтологические определения по глубоким скважинам рассматриваемого района [Карцева, Образкова, 1985; Вячкилева и др., 1990; Никитенко и др., 2008; и др.].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Концентрация сохранившегося ОВ в породе зависит от многих факторов: скорости накопления ОВ и седиментации, глубины палеобассейна, окислительно-восстановительного режима в бассейне и в осадках, гидродинамического режима палеобассейна и т. п. Закономерность распределения типов ОВ по площади имеет общий характер, согласно которому в прибрежной зоне накапливаются преимущественно осадки с террагенным ОВ. В глубь бассейна они сменяются осадками со смешанным типом ОВ. В разрезах, сформировавшихся в таких зонах, будет наблюдаться переслаивание пород как со смешанным, так и с аквагенным и террагенным типами ОВ. Во внутренних районах бассейна, более удаленных от источников сноса, будут накапливаться осадки с преимущественно аквагенным органическим веществом. Ширина этих зон зависит от рельефа дна, объемов приносимого в бассейн седиментации террагенного ОВ и от скорости накопления аквагенного.

В разрезе келловей-нижнеберриасских отложений выделены три интервала в объеме васюганского, георгиевского и баженовского горизонтов, отвечающих разным этапам формирования разреза.

Васюганский горизонт (верхи верхнего бата—низы верхнего оксфорда). В исследуемом районе представлен точинской свитой, нижнесиговской подсвитой и низами гольчихинской свиты. Толщина васюганского горизонта варьирует от 240 м на Джангодской площади до 0 м на границе с Сибирской платформой и Таймыром. Отложения горизонта отсутствуют также на ряде площадей (Восточно- и Западно-Мессояхская, Зимняя, Малохетская, Мессояхская, Семеновская), что явилось следствием предмелового перерыва.

В васюганское время в исследуемом районе зона накопления преимущественного террагенного ОВ (зона I) формировалась в области мелкого моря вдоль побережий Среднесибирской и Таймырской суши (рис. 4, а). В первом случае ширина этой зоны изменяется от 35 до 70 км, достигая 140—150 км в районе отмелей, которые образовались вдоль Мессояхской наклонной гряды. На севере, у побережья Таймырской суши, зона, где в осадках гольчихинской свиты также отлагалось преимущественно террагенное ОВ, была несколько меньше — 25—50 км. Террагенная природа исходного ОВ подтверждается геохимическими параметрами изученного ОВ пород из скважин Аномальная-51 (3549—3552 м), Горчинская-1 (2991—3016 м), Дерябинская-9 (3169—3188 м), Медвежья-316 (1992.6 и 2059—2078 м), Паятская-1 (3326—3375 м), Среднеяровская-4 (3289—3314 м) и Хабейская-2 (2025—2067 м).

Преимущественно аквагенное ОВ на юге исследуемого района накапливалось на удалении 100—130 км от побережья (зона III). В ЕХРП она охватывает только его западные районы. В зоне распространения пород с аквагенным типом ОВ изучен керновый материал из скв. Южно-Носковская-318, отобранный из интервала 3978—4032 м.

Ширина зоны со смешанным типом органического вещества (зона II) варьирует от 15—25 км в западном районе ЕХРП до 50 км на восточном борту Большехетской мегасинеклизы, где пробурена скв. Туколандо-Вадинская-320, в которой проведены геохимические исследования. В образце, отобранном с глубины 4264 м, диагностирован террагенный тип ОВ, тогда как в образце с глубины 4262 м преобладает аквагенная составляющая.

Для 96 изученных аргиллитов и алевролитов аргиллитов васюганского горизонта концентрации органического углерода изменяются от 0.5 до 4.4 % (среднее значение равно 1.2 % на породу). Содержание органического углерода в породах из скважины Южно-Носковская-318 невелико и варьирует от 0.5 до 2.3 %, в среднем составляя 1.0 % на породу. Невысокое современное содержание органического углерода в наиболее погруженной зоне бассейна, где накапливалось преимущественно автохтонное аквагенное ОВ, может объясняться высоким катагенезом ОВ ($МК_2$ - $МК_3^1$) этих отложений, т.е. происшедшей миграцией образовавшихся жидких углеводородов. Обращает на себя внимание более высокое содержание органического углерода в скважинах Медвежья-316 (среднее 1.4 %), Туколандо-Вадинская-320 (в образце с глубины 4264 м концентрация террагенного ОВ достигает 4.4 %), Хабейская-2 (среднее 1.7 %). Повышение количества террагенного ОВ в скважинах, расположенных недалеко от береговой линии, по-видимому, связано с поступлением в осадок детритных компонентов растений с суши вместе с тригенным материалом.

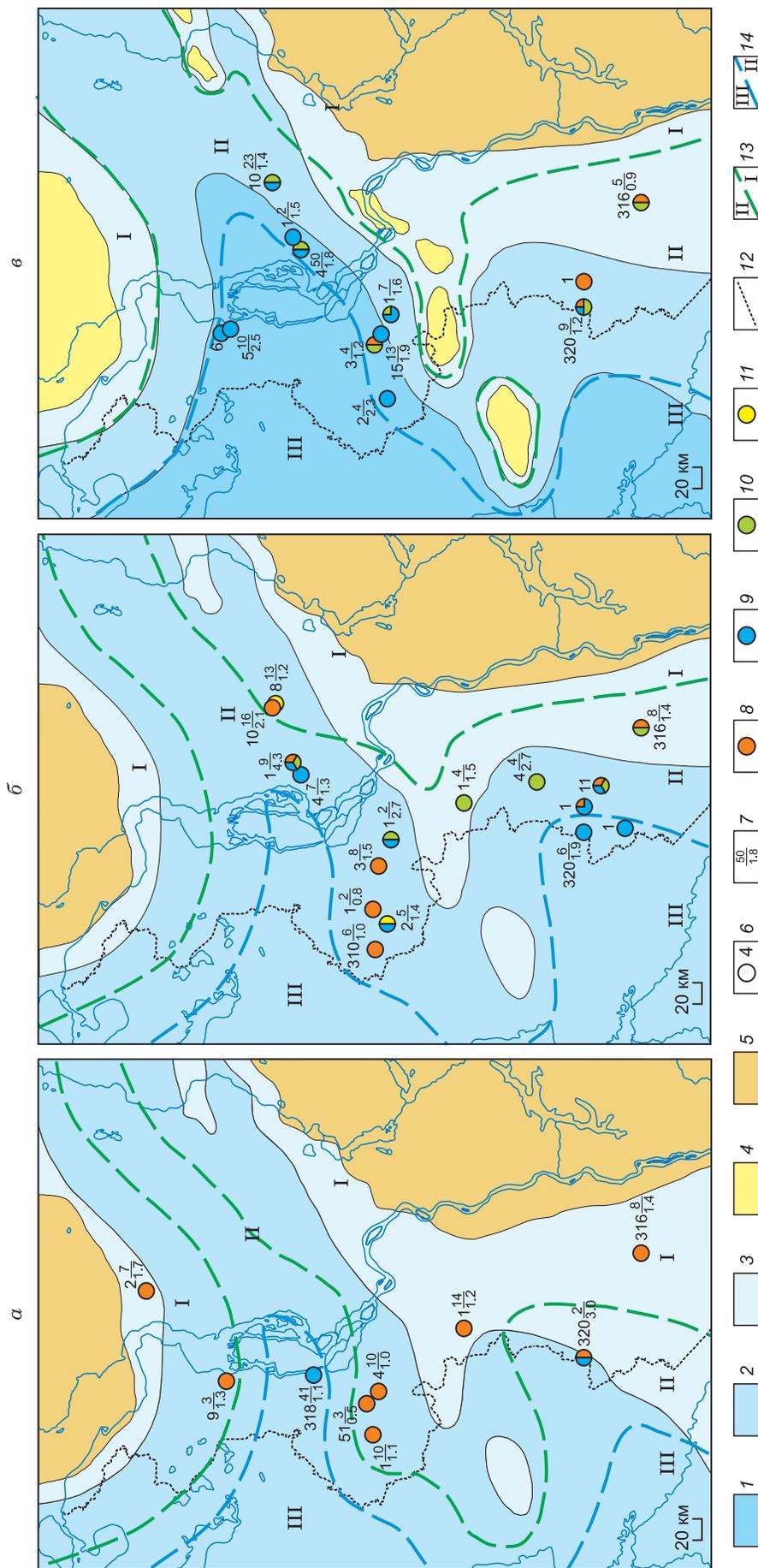


Рис. 4. Схемы распространения ОВ терратенного, аквагенного и смешанного типов в отложениях васюганского (а), георгиевского (б) и баженоского (в) горизонтов.

1–5 — палеогеографические области, по [Конторович и др., 2013] с уточнениями: 1 — море глубокое (гл. более 200 м); 2 — море мелкое (гл. 25–200 м); 3 — море мелкое (гл. менее 25 м); 4 — равнина денудационно-аккумулятивная; 5 — равнина возвышенная (денудационная суша); 6 — равнина возвышенная (денудационная суша); 7 — количество образцов (над чертой) и среднее значение $S_{\text{орг}}$ (выход в % на породу) (под чертой) по данным ИНГТ СО РАН; 8–11 — типы ОВ в отобранных образцах: 8 — терратенное, 9 — аквагенное, 10 — смешанное, 11 — смешанное и (или) терратенное (по данным пиролиза); 12–14 — границы: 12 — административная, 13 — распространения смешанного и терратенного ОВ, 14 — распространения аквагенного и смешанного ОВ. Зоны распространения типов ОВ: I — терратенного, II — смешанного, III — аквагенного.

Георгиевский горизонт (верхи верхнего оксфорда—низы нижеволжского подъяруса). Представлен верхнесиговской подсвитой, нижней частью яновстанской и средней частью гольчихинской свит. В центральных районах Западной Сибири георгиевскому горизонту соответствует одноименная свита. Максимальные толщины (около 350 м) горизонт имеет в районе Озерной и Верхнекубинской площадей. Как и весь юрско-меловой разрез, горизонт выклинивается в направлении Сибирской платформы и Таймыра. Его отложения размыты также на Восточно- и Западно-Мессояхской, Зимней, Малохетской, Мессояхской, Семеновской и Тампейской площадях.

В георгиевское время на западе ЕХРП зоны с накоплением ОВ разной генетической природы остались примерно в прежних границах. На юге исследуемой территории ширина зоны накопления преимущественно террагенного ОВ существенно сократилась (до 10—15 км). В районе Большехетской мегасинеклизы в это время область распространения пород с преимущественно аквагенным ОВ наоборот получила максимальное распространение (см. рис. 4, б). В районах отmelей, существовавших вдоль Мессояхской наклонной гряды, накапливалось смешанное ОВ.

Из зоны накопления террагенного ОВ геохимическими методами исследованы породы из скважин № 8 и № 10 Озерной площади в интервале глубин 3300—3341 и 3540—3630 м соответственно.

Породы с преимущественно аквагенным типом ОВ выявлены в Большехетской мегасинеклизе в скв. Туколандо-Вадинская-320. Из интервала 4070—4158 м было изучено шесть проб, в которых концентрации органического углерода изменяются от 0.7 до 4.1 % на породу, в среднем составляя 1.9 %, а зрелость ОВ соответствует стадии МК₂. Аквагенный генезис пород из верхней части георгиевского горизонта этой скважины подтверждают также исследования И.В. Гончарова с соавторами [2011] четырех образцов керна с глубин 4014—4065 м.

На западе ЕХРП аквагенные разности выявлены в скважинах № 4 и № 1 Пайяхской площади, которые попадают в зону II со смешанным типом ОВ (см. рис. 4, б). Из скв. Пайяхская-4 проанализировано семь образцов с глубин 3800—3894 м, аквагенное ОВ в которых содержит органический углерод в количестве 0.8—1.9 % на породу (1.3 % в среднем). В породах из скв. № 1 для восьми образцов из интервала 4000—4017 м зафиксировано возрастание доли террагенного вещества, сносимого с суши. Так, на глубине 4010 м в обогащенном детритом алевритистом аргиллите преобладает ОВ, связанное с высшей наземной растительностью ($C_{\text{орг}} = 7.9$ % на породу). В среднем по скважине из-за большого количества углефицированного растительного детрита концентрации органического углерода составляют 4.5 % на породу; наименьшее значение, равное 2.3 %, выявлено в образце (гл. 4004 м) с ОВ аквагенного типа.

Большая часть изученных геохимическими методами проб отобрана из скважин, расположенных в зоне накопления смешанного ОВ. Для этой зоны характерно хаотичное переслаивание пород с разным типом ОВ. Преобладание террагенных разностей в этой зоне связано с периодическим привносом с суши вместе с обломочным материалом растительной органики. В скважинах Нанадянская-310 (3417—3445 м), Паютская-1 (3316—3322 м) и Средняяровская-3 (3265—3283 м) отобраны породы содержат террагенное ОВ. В расположенных поблизости скважинах Яровская-2 и Ушаковская-1 отмечено присутствие ОВ, образовавшегося в самом бассейне осадконакопления. Так, в скв. Ушаковская-1 в образце с глубины 3167 м присутствует аквагенное ОВ, ниже по разрезу (3169 м) сменяясь на смешанный тип. В скважине Яровская-2 преимущественно аквагенное ОВ выявлено в средней части георгиевского горизонта (гл. 3224 м), выше залегают породы с террагенным ОВ.

На юге территории исследования в скважинах Горчинская-1 (2872—2877 м) и Сузунская-4 (3220—3238 м) исследованное ОВ из нижней части георгиевского горизонта относится к смешанному типу. На востоке, ближе к источнику сноса терригенного материала, в нижней части горизонта в скв. Медвежья-316 (1979—1987 м) ОВ обогащено в большей степени фрагментами высшей наземной растительности, тогда как образцы в верхней части (1904—1927 м) содержат ОВ смешанного генезиса.

И.В. Гончаров с коллегами [Гончаров и др., 2009, 2011] проанализировали (пиролиз и распределение биомаркеров в битумолах) образцы шлама из нижней части яновстанской свиты в скважинах, расположенных в этом районе. Прослой, содержащие преимущественно ОВ аквагенной природы, были выявлены в следующих интервалах: скв. Ванкорская-11 (3200—3225 м), Западно-Лодочная-1 (3705—3765 м) и Хикиглинская-1 (3690—3750 м). Генерационный потенциал слабообразованного аквагенного ОВ (начало главной зоны нефтеобразования) в скв. Ванкорская-11 достигает значений 500 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$.

В среднем по изученным в настоящей работе 88 образцам концентрация органического углерода в георгиевском горизонте выше, чем в васюганском, и равна 1.9 %.

Баженовский горизонт (верхи нижеволжского подъяруса—низы нижнего берриаса). Представлен верхней частью яновстанской и гольчихинской свит. В центральных районах Западной Сибири ему соответствует одноименная баженовская свита. Толщина баженовского горизонта в исследуемом районе достигает почти 330—370 м на Хальмерпаютинской, Озерной и почти 450 м на Долганской площадях. Как и георгиевский горизонт, отложения баженовского горизонта отсутствуют на Восточно- и За-

падно-Мессояхской, Зимней, Малохетской, Семеновской и Тампейской площадях, а также еще на Джангодской, Нижнехетской, Северо- и Южно-Соленинской.

Терригенный материал в западные районы ЕХРП и прилегающие районы ЗСГ поступал главным образом с Сибирской платформы, в меньшей степени с Таймыра и серии локальных поднятий, сформировавшихся в районе Мессояхской наклонной гряды. В результате того, что в исследуемом районе в волжско-раннеберриасское время увеличился снос терригенного материала в восточных районах Большехетской мегасинеклизы (на юге исследуемого района) произошло значительное расширение зоны в которой накапливалось смешанное ОВ (зона II, см. рис. 4, в). Граница зоны III распространения преимущественно аквагенного ОВ сместилась в глубь бассейна. На западе ЕХРП вследствие интенсивного прогибания дна бассейна даже вопреки повышенному привносу терригенного материала зона III немного увеличилась. Зона I, где в осадки поступало органическое вещество, связанное преимущественно с высшей наземной растительностью, со стороны Таймырской суши значительно сократилась, а со стороны Среднесибирской, вследствие появления островной суши, приобрела новые очертания. Образцов из зоны I проанализировано не было.

Из зоны III с преобладанием ОВ аквагенной природы было изучено 10 образцов керна из скв. Дерябинская-5 (гл. 3025—3036 м). Породы обогащены (среднее значение $C_{\text{орг}}$ равно 2.5 % на породу, при разбросе 1.0—3.7 %) аквагенным органическим веществом с высоким генерационным потенциалом. При катагенезе, соответствующем главной зоне нефтеобразования ($МК_1^2$), величины водородного индекса достигают 392 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$ при среднем 230 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$. Информация об аквагенном характере ОВ баженовского горизонта на Дерябинской площади подтверждается А.П. Афанасенковым с соавторами [2015]. Во ФГУП «ВНИГНИ» был проанализирован керновый материал из скважины Дерябинская-6 с глубин 2955—2961 м и на основании данных пиролиза и распределения углеводов-биомаркеров определен существенно аквагенный тип ОВ.

Из баженовского горизонта большая часть изученных геохимическими методами проб была отобрана из скважин, расположенных в зоне II со смешанным типом ОВ (см. рис. 4, в). В этих породах возрастает роль аквагенного вещества, образовавшегося непосредственно в бассейне осадконакопления. Преимущественно террагенное ОВ зафиксировано в единичных образцах.

В зоне смешанного ОВ в верхней части гольчихинской свиты в скв. Пайяхская-4 (3478—3726 м) выявлены породы, в ОВ которых становится заметно влияние растительности, сносимой с суши. Так, на глубинах 3716—3722, 3635 и 3533 м по комплексу геохимических параметров тип ОВ диагностирован как смешанный. Среднее содержание органического углерода по изученным 48 образцам равно 1.8 % на породу, в единичных образцах $C_{\text{орг}}$ достигает 5.0 % на породу. В наименее преобразованных катагенезом ($МК_1^2$) верхних частях баженовского горизонта в скв. Пайяхская-4 нефтегазогенерационный потенциал достигает 320 мг УВ / г $C_{\text{орг}}$. Из скважины Пайяхская-1 образцы отобраны из кровли гольчихинской свиты с глубин 3454 и 3456 м. ОВ в них имеет аквагенное происхождение и концентрации органического углерода составляют 2.1 и 1.0 % на породу соответственно.

В образцах гольчихинской свиты из скважин Яровская-2 (3193—3199 м), Средняяровская-3 (3250—3256 м), Пеляткинская-15 (3129—3152 м), Ушаковская-1 (3072—3089 м), расположенных на северном склоне Мессояхской наклонной гряды, диагностировано в основном аквагенное и смешанное ОВ. Терагенные разности ОВ выявлены только в подошве баженовского горизонта в скв. Средняяровская-3 на глубинах 3254 и 3256 м. Содержание органического углерода в породах этих скважин в среднем составляет 1.9—2.3 % на породу, снижаясь до величины 1.2 % в скв. Средняяровская-3. В породах из скв. Ушаковская-1, где ОВ преобразовано до стадии $МК_1^1$, максимальные величины водородного индекса достигают 310 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$ (в среднем по семи образцам 236 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$).

В отложениях верхней части яновстанской свиты из скв. Озерная-10 (3100—3283 м) диагностировано аквагенное и смешанное ОВ. Смешанное ОВ тяготеет к нижней части горизонта (гл. 3274—3283 м). Концентрация органического углерода в среднем по 23 изученным образцам равна 1.4 % на породу. Водородный индекс для наименее преобразованного катагенезом ОВ ($МК_1^2$) с глубин 3100—3125 м достигает величин 265 мг УВ/г $C_{\text{орг}}$.

На юге описываемой территории в породах из скважин Медвежья-316 (1861—1877 м) и Туколандо-Вадинская-320 (3791—4009 м) выявлены образцы с террагенным типом ОВ. В скважине Медвежья-316, где концентрации органического углерода в породах находятся на уровне кларковых (при разбросе значений от 0.7 до 1.0 среднее по пяти образцам — 0.9 % на породу), ОВ смешанного типа выявлено в нижней части горизонта на глубинах 1873 и 1877 м, выше по разрезу возрастает роль ОВ, связанного с высшей наземной растительностью. В скважине Туколандо-Вадинская-320 (среднее значение $C_{\text{орг}}$ равно 1.2 % на породу) в нижней части баженовского горизонта (образцы с глубин 4000 и 4009 м) в ОВ преобладает аквагенная составляющая; в верхней части горизонта тип ОВ пород характеризуется как смешанный. Из средней части баженовского горизонта с глубины 3895 м отобран один образец, содержащий террагенное ОВ.

В опубликованной литературе имеются данные о породах баженовского уровня из скв. Хикиглинская-1 (3633—3660 м) [Гончаров и др., 2009, 2011]. В керновом материале этой скважины из подошвы баженовского горизонта диагностировано присутствие террагенного ОВ.

Необходимо отметить, что несмотря на более низкие средние концентрации органического углерода в баженовском горизонте (1.7 % на породу), чем в георгиевском, качество захороняемой органики

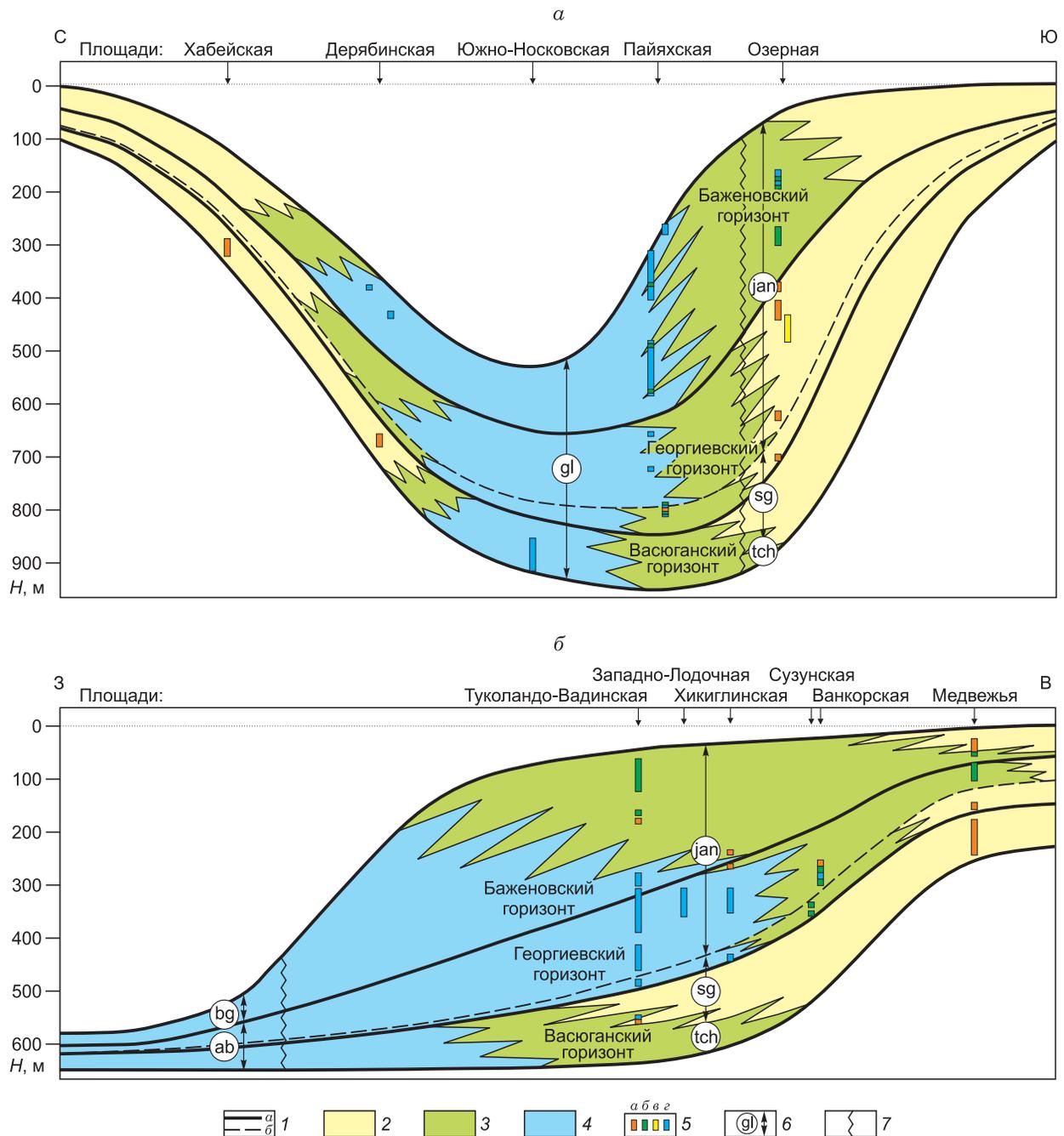


Рис. 5. Принципиальная схема распределения типов ОВ в разрезе келловей-нижеберриасских отложений западных районов Енисей-Хатангского регионального прогиба (а) и прилегающих районов Западно-Сибирской геосинеклизы (б).

1 — границы: а — горизонтов, б — кровля сиговской свиты и ее коррелятивный уровень в возрастных аналогах; 2—4 — типы ОВ: 2 — террагенный, 3 — смешанный, 4 — аквагенный; 5 — интервалы отбора образцов с террагенным (а), смешанным (б), террагенным и (или) смешанным (в, по данным пиролиза) и аквагенным (г) типами органического вещества; б — свиты и их интервал; 7 — границы литофациальных зон. Свиты: ab — абалакская, bg — баженовская, gl — гольчихинская, jan — яновстанская, sg — сиговская, tch — точинская.

было выше, так как в отложениях георгиевского горизонта присутствует значительная доля углефицированного растительного детрита.

Комплексирование геохимических, геофизических, циклостратиграфических и палеогеографических методов позволило не только закартировать области накопления осадков с разным типом ОВ в васюганском, георгиевском и баженовском горизонтах, но и составить принципиальные схемы распределения ОВ в их разрезе. На рис. 5 показаны две такие схемы для западных районов ЕХРП и Большехетской мегасинеклизы (соответственно север и юг исследуемой территории). Енисей-Хатангский тип разреза представляет собой разрез, зажатый между Среднесибирской и Таймырской сушами. Максимальная мощность пород с преимущественно аквагенным ОВ отмечается в депрессионной зоне прогиба. С келловей по кимеридж, как отмечалось ранее, границы зон в этом районе оставались примерно одинаковыми и только в волжское время в связи с углублением палеобассейна слои с аквагенным ОВ получили более широкое распространение. Большехетский тип разреза (см. рис. 5, б) представляет собой разрез в направлении от Среднесибирской суши в глубь палеобассейна, где выделяются относительно глубоководные депрессионные фации баженовской свиты. В этом районе, в отличие от ЕХРП, фации с аквагенным ОВ получили максимальное распространение в кимериджском веке, после чего в результате проградации волжских клиноформ область распространения этих фаций начала сокращаться. Максимальные толщины пород с аквагенным ОВ прогнозируются в районе бровки баженовского клиновидного тела. Далее в западном направлении с уменьшением толщины при переходе в фации баженовского типа в породах будут возрастать концентрации аквагенного ОВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные геохимические исследования показали, что келловей-нижнеберриасские отложения западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающих районов Западно-Сибирской геосинеклизы содержат ОВ, образованное материалом как террагенной, так и аквагенной природы. Соотношение между этими компонентами меняется и по площади, и по разрезу. Для диагностики типа, содержащегося в породах ОВ, в разрезах, не охарактеризованных керновым материалом скважин, была проведена реконструкция обстановок осадконакопления с привлечением дополнительных методов исследования, таких как ГИС, циклостратиграфический метод, палеогеографические реконструкции. Подобный опыт выделения интервалов разреза с разным типом ОВ с определенными поправками может быть полезен и на других территориях. Проведенная интерпретация позволила выявить характер распространения аквагенного, террагенного и смешанного типов ОВ для васюганского, георгиевского и баженовского горизонтов как по площади, так и по разрезу.

Было показано, что аквагенный тип ОВ в келловей-оксфордское время накапливался преимущественно в наиболее погруженных зонах изучаемой территории — в Большехетской мегасинеклизе и на западе ЕХРП. Со временем зона аквагенного ОВ расширялась и достигла максимального распространения в Большехетской мегасинеклизе в кимеридже и ранней волге, а на западе ЕХРП — в волжское и раннеберриасское время.

Проведенные исследования позволили построить модель распределения типов ОВ, оценить нефтегазогенерационную способность ОВ пород. Результаты исследования могут быть использованы при моделировании процессов нефтегазообразования, количественной оценке перспектив нефтегазоносности и раздельном прогнозе объемов генерации жидких и газообразных углеводородов келловей-нижнеберриасскими толщами.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасенков А.П., Пороскун В.И., Царев В.В., Евстратова И.А., Луговая О.В., Петров А.Л. О возможно пропущенных нефтяных оторочках в Гыдано-Хатангской нефтегазоперспективной зоне на примере Дерябинского месторождения // Геология нефти и газа, 2015, № 2, с. 34—44.

Вячкилева Н.П., Климова И.Г., Турбина А.С., Брадучан Ю.В., Захаров В.А., Меледина С.В., Алейников А.Н. Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. Т. 1. Стратиграфический очерк. Моллюски. М., Недра, 1990, 286 с.

Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов, В.С. Сурков, А.А. Трофимук, Ю.Г. Эрвье. М., Недра, 1975, 678 с.

Гончаров И.В., Кринин В.А., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Фадеева С.В. К вопросу о генерационном потенциале яновстанской свиты северо-востока Западной Сибири // Химия нефти и газа: материалы VII Международной конференции. Томск, Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2009, с. 26—30.

- Гончаров И.В., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Кринин В.А.** Природа нефтей района Ванкорского месторождения // Нефтяное хозяйство, 2011, № 3, с. 12—17.
- Девятков В.П., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н.** Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек // Новости палеонтологии и стратиграфии: вып. 16—17: Приложение к журналу «Геология и геофизика», т. 52, 2011, с. 87—101.
- Захаров В.А., Месежников М.С., Ронкина З.З., Репин Ю.С., Чирва С.А., Шурыгин Б.А., Басов В.А., Веренинова Т.А., Калачева Е.Д., Кравец В.С., Меледина С.В., Нальняева Т.И., Паракецов К.В., Полуботко И.В., Сей И.И.** Палеогеография севера СССР в юрском периоде. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1983, вып. 573, 190 с.
- Исаев А.В., Девятков В.П., Кринин В.А., Карпунин С.М.** Перспективы нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба // Перспективные на нефть зоны и объекты Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2009, с. 86—97.
- Казаринов В.П.** Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. М., Гостоптехиздат, 1958, 324 с.
- Карогодин Ю.Н.** Седиментационная цикличность. М., Недра, 1980, 242 с.
- Карцева Г.Н., Образцова В.П.** Корреляция разрезов средней и верхней юры на Среднеяровой площади в западной части Енисей-Хатангского прогиба // Стратиграфия и палеонтология мезозойских осадочных бассейнов севера СССР. Л., Изд-во ПГО «СЕВМОРГЕОЛОГИЯ», 1985, с. 72—75.
- 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. 758—770.
- Конторович А.Э., Берман Е.Л., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Мельникова В.М., Стасова О.Ф., Фомичев А.С.** Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности. М., Недра, 1971, 251 с. (Тр. СНИИГГиМСа. Сер. Нефтяная геология, вып. 36).
- Конторович А.Э., Полякова И.Д., Стасова О.Ф., Трушков П.А., Бабина Н.М., Богородская Л.И., Данилова В.П., Зуева Т.В., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Мельникова В.М., Фомичев А.С.** Органическая геохимия мезозойских нефтегазоносных отложений Сибири. М., Недра, 1974, 189 с. (Тр. СНИИГГиМСа. Сер. Нефтяная геология, вып. 164).
- Конторович А.Э., Богородская Л.И., Гольшев С.И.** Закономерности фракционирования изотопов углерода в седиментах // Геология и геофизика, 1985 (9), с. 34—42.
- Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И., Ли Году, Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Фрадкин Г.С., Хоменко А.В.** Разновозрастные очаги нефтидообразования и нефтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1676—1693.
- 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., Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н., Конторович В.А., Лебедева Н.К., Никитенко Б.Л., Попова Н.И., Шурыгин Б.Н.** Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (5—6), с. 745—776.
- Конторович В.А.** Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (8), с. 1027—1050.
- Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И.** Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (11—12), с. 1832—1845.
- Наумов А.Л., Онищук Т.М., Дядюк Н.П., Иващенко А.Е., Романенков В.А., Шипицин В.В., Юдин А.Г.** О литологических залежах углеводородов на севере Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1979, № 8, с. 15—20.
- Никитенко Б.Л., Глинских Л.А., Хафаева С.Н.** Фораминиферы и биостратиграфия келловей—нижнего валанжина эталонного разреза скв. Медвежья 316 (Усть-Енисейский район, Западная Сибирь) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 10—11: Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2008, с. 262—266.
- Петров А.А.** Углеводороды нефти. М., Наука, 1984, 263 с.
- Решение** 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (г. Новосибирск, 2003 г.). Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004, 114 с.

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

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

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Меледина С.В., Дзюба О.С., Князев В.Г. Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркумарктических корреляций // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (8), с. 1051—1074.

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

*Рекомендована к печати 20 октября 2016 г.
А.Э. Конторовичем*

*Поступила в редакцию
19 сентября 2016 г.*