

DOI: 10.17353/2070-5379/47_2023

УДК 550.8.052+550.8.072(571.16)

Рыжкова С.В., Дешин А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), Новосибирск, Россия, Rizhkovasv@ipgg.sbras.ru

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСТОРИИ ГЕНЕРАЦИИ НЕФТИ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НЮРОЛЬСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Приведены результаты одномерного моделирования нефтегазообразования органическим веществом нефтегенерирующей и нефтесодержащей баженовской свиты сети скважин в пределах северной части Нюрольской мегавпадины. Моделирование с учетом смешанного состава пород баженовской свиты не существенно влияет на оценку ресурсов, но уточняет наиболее важный параметр нефтегазоносной системы – пористость. На основе полученных материалов с учетом тектонического развития восстановлена история генерации жидких углеводородов. Интенсивность генерации в разных частях мегавпадины и прилегающих структур зависит от их территориальной приуроченности к зонам развития триасовых грабен-рифтов, а также относительного роста палеоподнятий по мере прогибания Западно-Сибирской геосинеклизы. Большое влияние на динамику генерации оказали новейшие тектонические движения.

Ключевые слова: баженовская свита, одномерное моделирование нефтегазообразования, Нюрольская мегавпадина, Западная Сибирь.

Введение

Изучение генерационного потенциала баженовской свиты ведется более 60 лет. На ранних этапах изучения доказана взаимосвязь преобразования органического вещества (ОВ) нефтепроизводящих толщ с катагенезом [Конторович и др., 1967]. В последние годы с целью увеличения ресурсного потенциала проводятся интенсивные исследования баженовской свиты как нетрадиционного резервуара нефти. Усовершенствование технологий добычи способствовало возвращению интереса нефтяных компаний к баженовской свите как к потенциальному объекту для поддержания уровня добычи.

Основной центр изучения нефтепродуктивной части (горизонт Ю₀) нефтегазопроизводящей баженовской свиты связан с Салымской группой месторождений центральных районов Западной Сибири. В юго-восточной части в соответствии с современными требованиями Государственной комиссии по запасам на Государственном балансе числятся Баклянское и Снежное месторождения. Притоки и признаки нефтеносности по керну и при испытании в процессе бурения в пределах Нюрольской мегавпадины получены на Восточно-Моисеевской, Глуховской, Западно-Квензерской, Федюшкинской и других

площадях [Пономарева, Рыжкова, 2020].

Комплексные исследования пород и битумоидов баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западной Сибири показали схожесть по геохимии битумоидов Западно-Квензерской площади с Салымским месторождением [Конторович и др., 2018а]. В распределении признаков нефтеносности и притоков из горизонта Ю₀ баженовской свиты Нюрольской мегавпадины установлена взаимосвязь с температурным режимом и историей тектонического развития. В северной части мегавпадины в соответствии с региональными критериями нефтеносности горизонта Ю₀ выделена перспективная для поиска залежей нефти зона [Рыжкова и др., 2020а]. С целью оценки динамики генерации нефти ОБ баженовской свиты поставлена задача одномерного бассейнового моделирования по плотной сети скважин, охватывающей указанную зону.

Материалы (объекты) и методы исследования

Реконструкция процессов нефтегазообразования выполнена на основе одномерного моделирования 17 скважин. Разрезы характеризуют строение осадочного чехла северной части Нюрольской мегавпадины и прилегающих структур юрского структурного яруса (рис. 1).

Характер процессов нефтегазообразования, происходящих в баженовской свите как нефтегазопроизводящей толщи (НГПТ), отражает ряд следующих параметров.

Максимальная температура - самая высокая температура, до которой НГПТ прогревалась когда-либо. Вычисляется исходя из плотности эффективного теплового потока и физических характеристик разреза.

Преобразованность ОБ (коэффициент трансформации) - количество керогена, которое преобразовалось в углеводороды (УВ). Вычисляется по формуле (1). Начальное значение HI определялось по карте распределения $HI_{нач.}$, построенной в ИНГГ СО РАН по геохимическим данным.

$$tr = \frac{HI_{[начальное]} - HI_{[текущее]}}{HI_{[начальное]}} \quad (1).$$

Плотность генерации жидких - количество сгенерированных жидких УВ в тыс. т суммарно за время существования НГПТ на один квадратный километр.

Начало генерации - временной шаг в млн. лет, на котором началась эмиграция УВ из высокоуглеродистых прослоев в пределах НГПТ.

Максимальный пик генерации - временной шаг в млн. лет, за который сгенерировалось максимальное количество УВ.

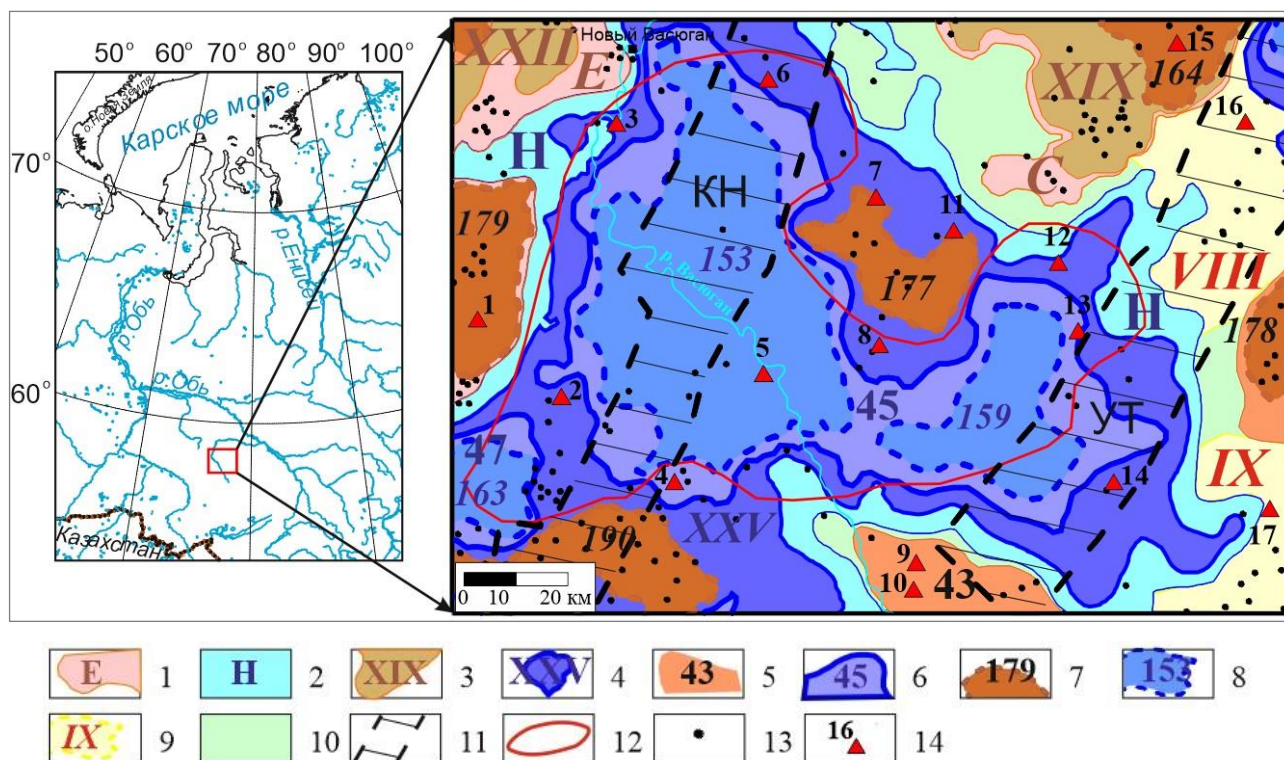


Рис. 1. Обзорная схема территории исследования на тектонической основе юрского структурного яруса

Тектонические элементы (по [Конторович и др., 2001; Конторович, 2002]): надпорядковые структуры и структуры 0 порядка: 1 - положительные (E - Верхневасюганская антеклиза, С - Обь-Васюганская гряда), 2 - отрицательные (H - Нюрольско-Колтогорский желоб); I порядка: 3 - положительные (XXII - Каймысовский свод, XIX - Средневасюганский мегавал), 4 - отрицательные (XXV - Нюрольская мегавпадина); II порядка: 5 - положительные (43 - Лавровский наклонный мезовал), 6 - отрицательные (45 - Центрально-Нюрольская мезовпадина, 47 - Южно-Нюрольская мезовпадина); III порядка: 7 - положительные (179 - Крапивинско-Моисеевское кп, 190 - Игольско-Таловое кп, 177 - Фестивальный вал, 164 - Мыльджинское кп, 178 - Лугинецкое кп), 8 - отрицательные (153 - Кулан-Игайская впадина, 159 - Тамрадская впадина, 163 - Осевой прогиб); промежуточные: 9 - мезоседловины (VIII - Шингинская, IX - Чузыкско-Чижапская), 10 - моноклинали Обской ступени; 11 - грабен-рифты (KH - Колтогорско-Нюрольский, УТ - Усть-Тымский (по [Сурков, Жеро, 1981])); 12 - территория перспективная для поиска залежей нефти в баженовской свите (по [Рыжкова и др., 2020]); 13 - скважины, вскрывшие баженовскую свиту; 14 - скважины, по материалам которых проведено одномерное моделирование (1 - Южно-Моисеевская-8, 2 - Восточно-Моисеевская-1, 3 - Соломбальская-2, 4 - Налимья-3, 5 - Глуховская-1, 6 - Чворовая-3, 7 - Угольная-21, 8 - Южно-Фестивальная-4, 9 - Майская-1, 10 - Южно-Майская-413, 11 - Северо-Фестивальная 1, 12 - Средняя-10, 13 - Западно-Квензерская-4, 14 - Нюльгинская-1, 15 - Мыльджинская-6, 16 - Самлатская-1, 17 - Арчинская-47).

Определение вышеперечисленных параметров проводилось одномерным моделированием в программном пакете Genex (Weicir, IFP). Теоретические основы моделирования заложены в 70-х гг. прошлого века, о чем подробно изложено в избранных трудах академика А.Э. Конторовича [Конторович, 2008]. Математический аппарат, используемый в данном программном обеспечении собран, и наиболее полно описан в монографии «Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling» [Hantschel, Kauerauf, 2009]. Восстановление истории формирования осадочного чехла происходило путем

разуплотнения разреза, а именно, учитывались эмпирические зависимости уплотнения отдельных породных компонентов, которые входят в состав осадочных толщ. Необходимо отметить, что в стандартную библиотеку литологических типов вносились изменения в соответствии с современными пакетами моделирования с учетом характеристик аргиллитов баженовской свиты по данным ИНГГ СО РАН.

Калибровка тепловой истории осадочного чехла производилась по замеренным А.Н. Фоминым значениям отражательной способности витринита по всему разрезу. Чаще всего измерения относились к толщам среднеюрского возраста из-за большого количества углей в их составе. Также при калибровке учитывались карты катагенетической преобразованности ОВ в кровле юрского комплекса [Фомин, 2011]. Палеоглубины и палеотемпературы также учитывались при восстановлении тепловой истории. Изменяемым параметром являлось значение эффективного теплового потока на нижней границе литосферы.

Значения начального генерационного потенциала и содержания органического углерода восстанавливались исходя из коэффициента трансформации и современных замеров этих величин [Applied petroleum ..., 1993]. Если в скважине отсутствовали современные замеры $C_{орг}$ и НІ, то значения интерполировались с соседних скважин согласно монофациальной природе отложений на локальных территориях. Принятые значения $C_{орг}$ и НІ приведены в табл. 1, они в целом согласуются с опубликованными материалами ([Конторович и др., 2018 и др.; Гончаров и др., 2016] и др.).

Для реконструкции динамики процессов генерации УВ использованы кинетические характеристики ОВ, полученные в ИНГГ СО РАН после обработки результатов специальных пиролитических экспериментов с разными скоростями нагрева слабо преобразованных керогенов Арчинской, Ракитинской и Межовской площадей [Бурштейн и др., 2021].

Литостратиграфические колонки скважин в современных глубинах построены на основе результатов геофизических исследований скважин (ГИС), включающих данные электрического и радиоактивного каротажа, с учетом информации по литологии и абсолютных возрастах стратиграфических горизонтов [Стратиграфический кодекс..., 2019]. Расчленение разрезов проводилось в соответствии со стратиграфическими схемами юрских отложений по материалам Решения 6-го Межведомственного стратиграфического совещания ([Решение 6-го..., 2004], с учетом [Рыжкова и др., 2020б]), меловых - в соответствии с региональными стратиграфическими схемами мела 2005 г., утвержденными Межведомственным стратиграфическим комитетом в 2006 г., кайнозойских - согласно унифицированным региональным стратиграфическим схемам неогеновых, палеогеновых и четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины [Унифицированная региональная...,

2000, 2001] (рис. 2). Также использованы материалы из монографий цикла «Стратиграфия нефтегазоносных осадочных бассейнов Сибири» (главный ред. А.Э. Конторович): «Юрская система» и «Кайнозой Западной Сибири» ([Шурыгин и др., 2000; Волкова и др., 2002], соответственно), ряда статей и монографий, посвященных строению ниже-среднеюрских и нижнемеловых отложений Томской области ([Даненберг, Белозеров, Брылина, 2006; Егорова, Тищенко, 1990; Киричкова, Травина, 1995; Костеша и др., 1990] и др.).

Таблица 1

Принятые при моделировании параметры, характеризующие органическое вещество баженовской свиты

Скважина	Номер на рис. 1	Среднее Сорг, %	Начальное НІ, мг УВ/г Сорг
Южно-Моисеевская-8	1	10	660
Восточно-Моисеевская-1	2	9	700
Соломбальская-2	3	11	670
Налимья-3	4	9	640
Глуховская-1	5	9	650
Чворовая-3	6	9	690
Угольная-21	7	8	700
Южно-Фестивальная-4	8	8	710
Майская-1	9	8	634
Южно-Майская-413	10	8	590
Северо-Фестивальная-1	11	8	680
Средняя-10	12	7	730
Западно-Квензерская-4	13	7	730
Нюльгинская-1	14	10	735
Мыльджинская-6	15	10	712
Самлатская-1	16	10	728
Арчинская-47	17	12	760

В рамках представленных исследований в геттангское и синемюрское время зафиксирован перерыв в осадконакоплении, так как присутствие в разрезах юго-восточных районов Западной Сибири отложений указанного возраста палеонтологически не доказано [Шурыгин и др., 2000]. По материалам дел скважин в некоторых разрезах выделена глинистая кора выветривания, сформировавшаяся по породам фундамента. Так как она выявлена в пределах изучаемой территории только в скважинах, где вскрыт неполный разрез юрских отложений, можно сделать вывод, безусловно требующий подтверждения, что она формировалась в юрское время. Соответствующий интервал относился к перекрывающей свите.

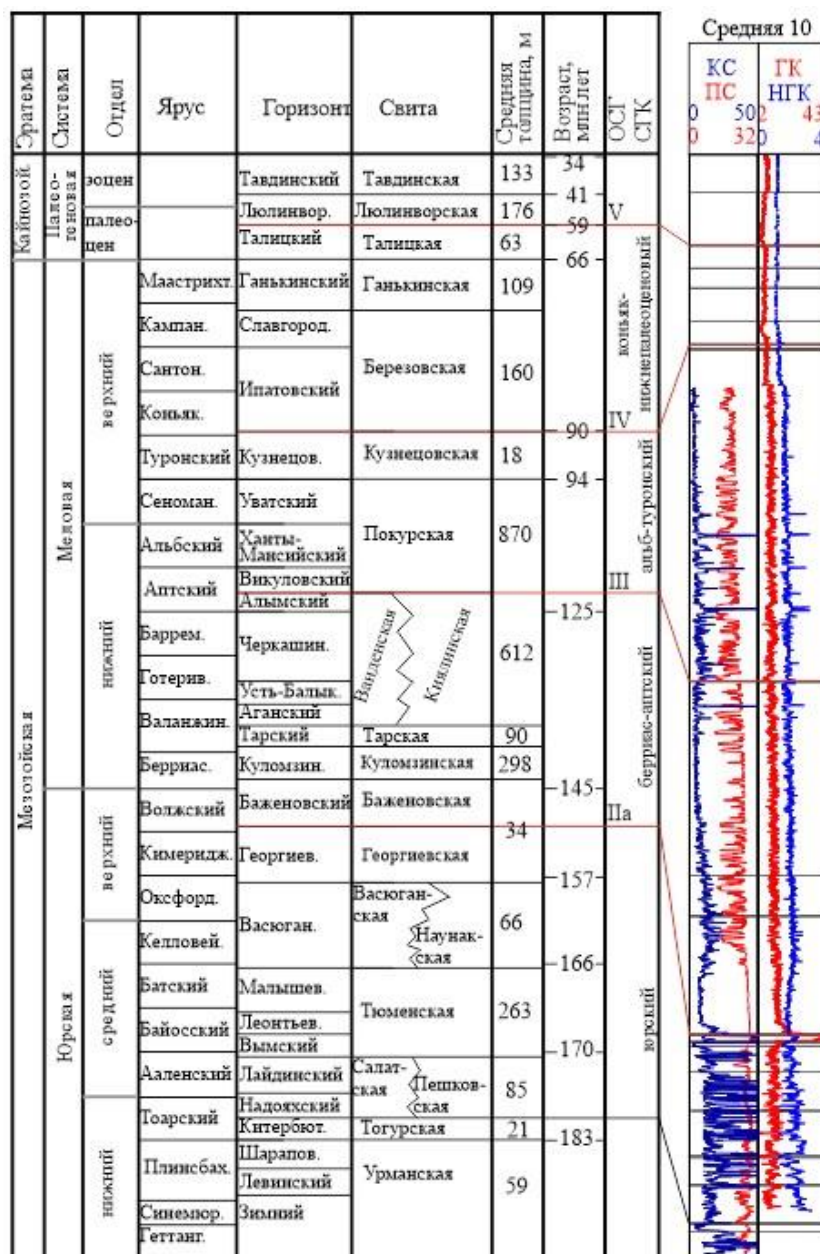


Рис. 2. Сводная стратиграфическая колонка мезозойско-кайнозойских отложений северных районов Нурольской мегавпадины и прилегающих территорий

Примечание: возраст - по ([Стратиграфический..., 2019] с округлением до млн. лет), ОСГ - отражающие сейсмические горизонты (по [Конторович, 2002]), СТК - сейсмогеологические комплексы (по [Конторович, 2002]).

По отдельным группам скважин для оценки влияния на анализируемые параметры моделирование проведено в двух вариантах.

По вопросу детализации литологического состава баженовской свиты анализировались три скважины с юго-восточной части Западной Сибири (Арчинская-47, Западно-Квензерская-4, Южно-Майская-413) и одна с центральной (Северо-Салымская-1183). В первом варианте принято, что разрез баженовской свиты сложен глинистыми породами с преобладающим аргиллитом в составе, во втором - смешанным составом пород из ОВ, кремнистого, глинистого

и карбонатного вещества, полевых шпатов и пирита. Содержание перечисленных компонентов пород бралось по их среднему содержанию в разрезе баженовской свиты анализируемых скважин. Данные по компонентному составу пород баженовской свиты предоставлены В.Г. Эдер и А.Г. Замирайловой (ИНГГ СО РАН).

Вопрос выделения в разрезе урманской свиты изучен по скв. Северо-Фестивальная- 1. В первом варианте по результатам интерпретации ГИС - тогурская и салатская свиты, во втором с учетом палеонтологических данных [Шурыгин и др., 2000] - урманская, тогурская и салатская свиты.

По материалам скв. Средняя-10 рассмотрен вопрос детализации строения преимущественно карбонатно-глинистых коньяк-палеоценовых отложений (выделение в разрезе и литологическая характеристика нижней (ипатовской) и верхней (славгородской) подсвит березовской свиты и ганькинской свиты).

Анализ полученных данных по первому вопросу показал, что наибольшие различия при моделировании нефтегазообразования породами баженовской свиты однородного и смешанного состава получены по значениям пористости баженовской свиты (табл. 2). На интересующие в рамках исследований параметры (максимальная температура баженовской свиты, преобразованность, плотность генерации жидких УВ), детализация литологического состава существенного влияния не оказала.

При выделении в разрезе урманской свиты увеличивается значение максимальной температуры баженовской свиты (предположительно за счёт сокращения времени доюрского перерыва). Как результат - выше преобразованность ОВ и плотность генерации УВ. Разрез скв. Северо-Фестивальная-1 принят типовым для выделения по ГИС урманской свиты.

Детализация строения коньяк-палеоценовых отложений не выражается в интересующих результатах моделирования, но позволяет корректнее рассчитать динамику генерации нефти ОВ баженовской свиты.

Таким образом, при построении литостратиграфических колонок скважин принято, что баженовская свита представлена аргиллитами. В юрской части разреза по материалам ГИС выделены урманская, тогурская и салатская свиты, в верхнемеловой - ганькинская свита и подсвиты березовской свиты.

Комплексный анализ полученных результатов моделирования с тектоническим строением и историей тектонического развития изучаемой территории проводился на основе ранее опубликованных материалов ([Варламов, Галабала, Генералов, 1981; Запивалов, 1975; Конторович, 2002; Конторович, Калинина, 2009; Конторович и др., 2001, 2011; Соловьев, 2014] и др.).

Таблица 2

Результаты вариантов реконструкции процессов нефтегазообразования

Скважина	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3	Параметр 4	Вариант
Южно-Майская-413	96,8	11,35	1,9	0,38	1
	97	18,31	1,9	0,42	2
	0,2	6,96	0	0,04	3
Арчинская-47	100,7	11,6	13,3	0,9	1
	100,7	18,48	13,3	1	2
	0	6,88	0	0,1	3
Западно-Квензерская-4	114,1	10,36	30,4	1,02	1
	114,1	16,97	30,6	1,11	2
	0	6,61	0,2	0,09	3
Северо-Салымская-1183	121,8	9,97	2,3	0,27	1
	121,9	17,31	2,3	0,29	2
	0,1	7,34	0	0,02	3
Северо-Фестивальная-1	106,2	10,9	10,8	0,36	1а
	106,9	10,9	11,5	0,38	1б
	0,7	0	0,7	0,2	3
Средняя-10	120,1	10,2	47,4	0,53	1в, 1г

Параметр 1 - максимальная температура баженовской свиты, t , °С; параметр 2 - максимальная пористость баженовской свиты, %; параметр 3 - преобразованность, %; параметр 4 - плотность генерации жидких УВ ОВ баженовской свиты, тыс. т/км²; варианты - литологического состава баженовской свиты: 1 - однородный, 2 - смешанный; строения нижнеюрских отложений: 1а - без урманской свиты, 1б - с выделением урманской свиты; 1в и 1г - варианты расчленения коньяк-палеоценовых отложений; 3 - разница.

Результаты и их обсуждение

В одномерных моделях 17 скважин восстановлены максимальная температура баженовской свиты на протяжении всей истории формирования осадочного чехла, степень преобразованности ОВ, содержащегося в свите, плотность генерации УВ, время начала и максимального пика генерации (табл. 3).

Среднее содержание $C_{орг}$ изменяется от 7 до 12%. Наибольшие значения характерны для зоны сочленения Нюрольской мегавпадины и Чузикско-Чижапской седловины. Наименьшие тяготеют к северо-восточному склону Нюрольской мегавпадины, примыкающему к Шингинской седловине.

Начальная преобразованность ОВ изменяется от 590 до 760 мг УВ/г $C_{орг}$. Наименьшее значение установлено для Лавровского наклонного мегавала, а наибольшее - для зоны сочленения Нюрольской мегавпадины и Чузикско-Чижапской седловины.

Максимальная температура, до которой за прошедшее время нагревалась баженовская свита, изменяется от 90⁰С на Лавровском наклонном мегавале до 128⁰С в южной части Центрально-Нюрольской мезовпадины (рис. 3А).

Таблица 3

**Результаты одномерного моделирования нефтегазообразования органическим веществом
баженовской свиты**

Скважина	Максимальная температура НГТ, Т°С	Преобразованность, %	Плотность генерации жидких УВ НГТ, тыс. т/км ²	Начало генерации, млн. лет	Максимальный пик генерации, млн. лет
Южно-Моисеевская-8	103	7,7	0,19	44,2	33,9
Восточно-Моисеевская-1	91	1,2	0,08	41,2	33,9
Соломбальская-2	97	2,3	0,28	93,5	33,9
Налимья-3	108	13,8	0,77	86,2	33,9
Глуховская-1	128	68,4	3,90	99,2	33,9
Чворовая-3	107	12,2	0,22	56,2	20,0
Угольная-21	117	36,9	1,18	71,1	45,9
Южно-Фестивальная-4	109	15,3	0,86	79,7	33,9
Майская-1	97	8,7	0,19	58,7	30,1
Южно-Майская-413	90	4,6	0,13	51,4	33,9
Северо-Фестивальная-1	107	11,5	0,38	49,5	24,9
Средняя-10	118	39,2	1,97	93,5	25,0
Западно-Квензерская-4	114	30,4	0,66	60,2	24,7
Нюльгинская-1	90	0,5	0,16	79,7	63,2
Мыльджинская-6	92	1,3	0,09	59,0	33,7
Самлатская-1	107	13,7	0,20	83,6	38,5
Арчинская-47	99	10,5	0,67	71,3	29,1

Наименее преобразованное ОВ 0,5% тяготеет к юго-восточному борту Нюрольской мегавпадины, а наиболее 68,4% - к центральной части мегавпадины в пределах южной части Центрально-Нюрольской мезовпадины, что согласуется с распределением максимальной температуры (рис. 3Б). Для этой же структуры определена наибольшая плотность генерации жидких УВ (3,9 тыс. т/км²) (рис. 4). Тогда как наименьшая (0,08 тыс. т/км²) - для перемычки, разделяющей в западной части Нюрольской мегавпадины две мезовпадины - Центрально- и Южно-Нюрольскую.

Сопоставление результатов моделирования с геологическим строением и историей тектонического развития дало следующие результаты.

На изучаемой территории генерация нефти из высокоуглеродистых прослоев в пределах баженовской свиты началась около 99 млн. лет назад в пределах Глуховской площади, расположенной в современном структурном плане юрских отложений в южной части Кулан-Игайской впадины, выделенной в западной части Центрально-Нюрольской мезовпадины (рис. 5А, см. табл. 2). Площадь расположена в наиболее погруженной части Нюрольской

мегападины и приурочена к Ньюрольско-Колтогорскому триасовому грабен-рифту и окаймляющим его региональным разломам. Начало генерации соответствует времени формирования верхней части покурской свиты и окончания альб-туронского этапа развития Западно-Сибирской геосинеклизы.

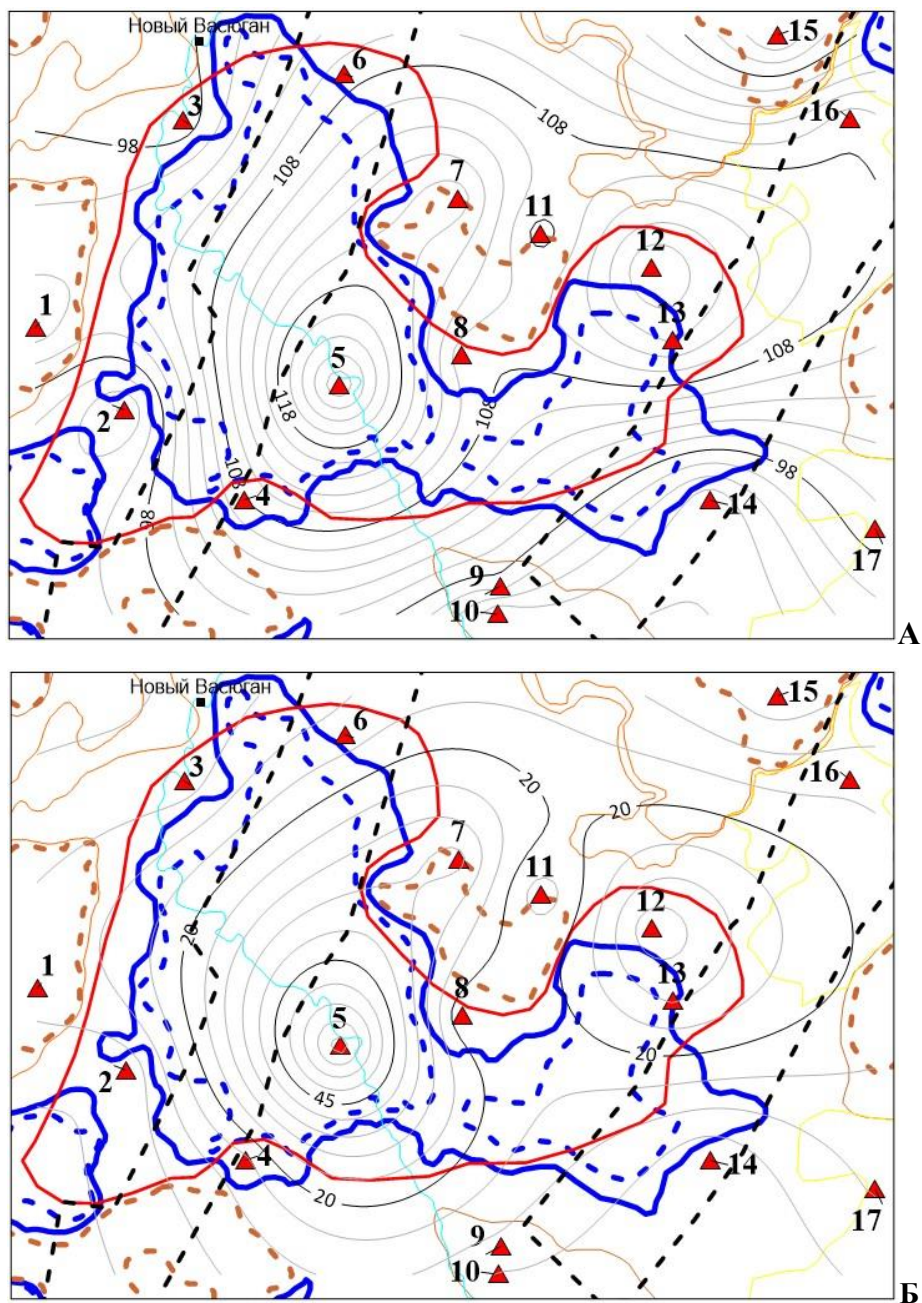


Рис. 3. Схемы распределения значений максимальной температуры баженовской свиты за историю погружения, °С (А) и степени преобразования органического вещества баженовской свиты, % (Б)

1 - изолинии. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

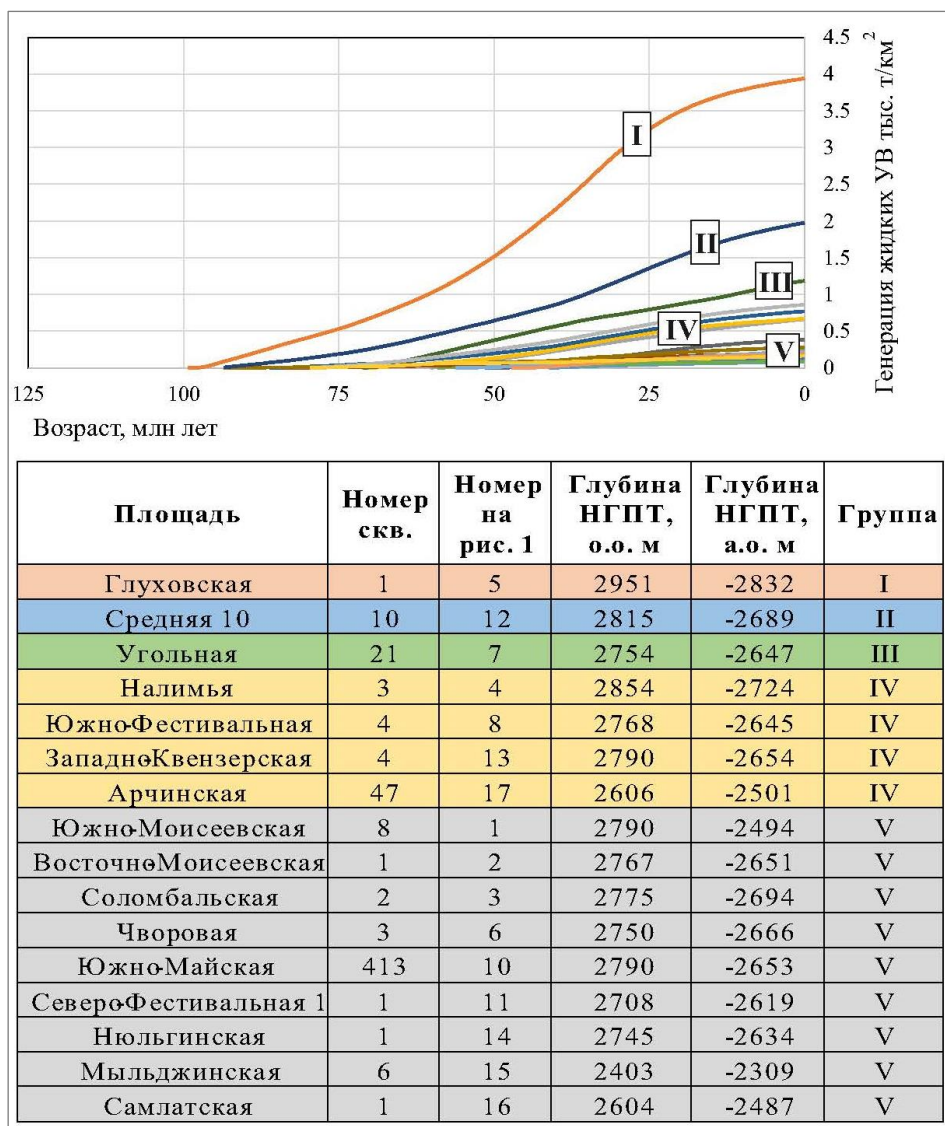


Рис. 4. Распределение во времени плотности генерации жидких углеводородов органическим веществом баженовской свиты

В завершение альб-туронского этапа развития, когда закончилось накопление кузнецовского регионального флюидоупора, генерация началась на Средней площади, расположенной на северо-восточном борту Нюрольской мегавпадины, прилегающему к Центрально-Нюрольской мезовпадине в районе Тамрадской впадины (см. рис. 5А). Описываемая площадь также приурочена к триасовому грабен-рифту - Усть-Тымскому, простирающемуся, как и Нюрольско-Колтогорский, с юго-запада на северо-восток. Максимальная плотность генерации не превышала 0,15 тыс. т км² (рис. 5Б).

Отличие в положении Глуховской и Средней площадей относительно грабен-рифтов состоит в том, что первая расположена в центральной части, а вторая - на южном окончании. Прогреванию в их пределах баженовской свиты, вероятно, способствовала периодическая активизация разломов, влиявшая на тепловой поток на предшествующих юрском, берриас-аптском этапах развития.

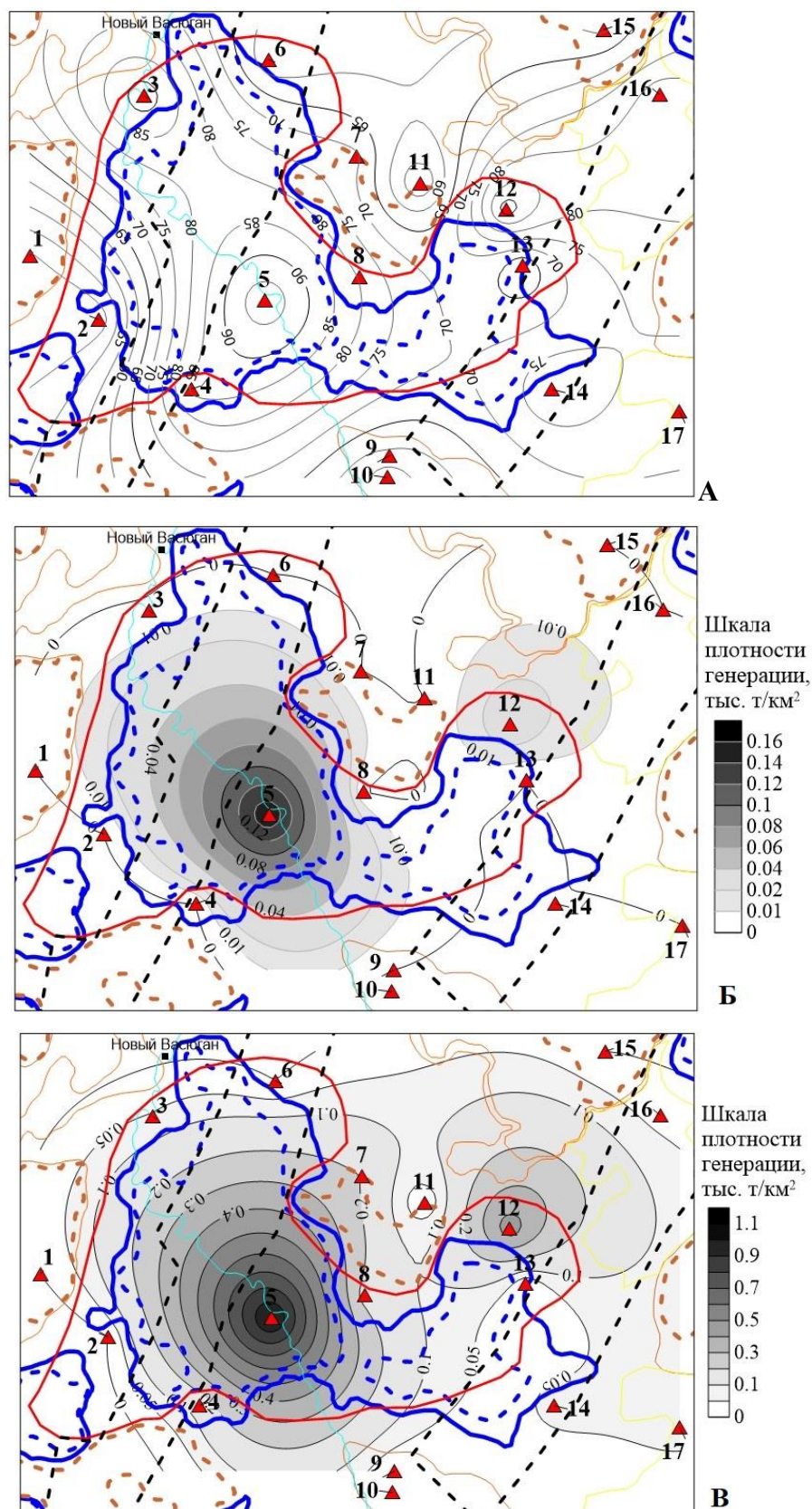


Рис. 5. Схемы распределения начала эмиграции жидких углеводородов в пределах баженовской свиты (млн. лет) (А) и плотности генерации жидких углеводородов (тыс. т/км²) 90 млн. лет назад (Б), 60 млн. лет назад (В)

1 - изолинии иллюстрируемых параметров. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

Ко времени накопления талицкой свиты (около 60 млн. лет назад) процессами генерации охвачена почти вся территория Центрально-Нюрольской мезовпадины (рис. 5В).

Различия во времени начала и плотности генерации битумоидов в пределах бортов Нюрольской мегавпадины, вероятно, связаны с берриас-аптским и альб-туронским этапами тектонического развития, когда окружающие Нюрольскую мегавпадину Крапивинско-Моисеевское, Игольско-Таловое, Мыльдзинское, Фестивальное, Лавровское и другие палеоподнятия испытывали периодические вертикальные движения (см. рис. 5А, Б, В).

Коньяк-кайнозойский тектонический этап развития оказал существенное влияние на распределение времени максимальной генерации УВ (рис. 6). Региональные процессы воздымания положительных структур, расположенных восточнее Нюрольской мегавпадины, привели к спаду генерации. Тем не менее, в зонах, приуроченных к грабен-рифтам, плотность генерации в настоящее время составляет более 1,5 тыс. т/км² (рис. 7).

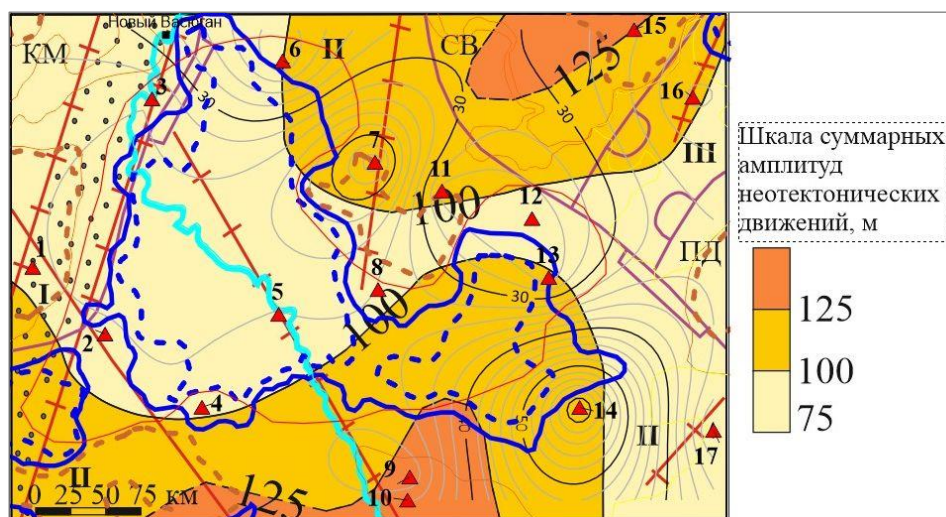


Рис. 6. Схема сопоставления времени максимальной генерации жидких углеводородов органическим веществом бажендовской свиты с новейшим тектоническим этапом

Тектонические элементы - по карте новейшей тектоники нефтегазоносных областей Сибири [Варламов и др., 1981]: 1 - надпорядковые структуры Центральнорегиональной террасы (I - Хантейская антеклиза, II - Омская синеклиза, III - Кетско-Вахская гемиянтеклиза), 2 - контуры структур I порядка (КМ - Каймысовский свод, СВ - Средневазюганский мегавал, ПД - Пайдугинский мегавал); разломы: 3 - активизированные в новейший этап, установленные по геолого-геофизическим данным, 4 - выделенные по геоморфологическим данным; 5 - приразломные зоны опускания; 6 - изолинии суммарных амплитуд неотектонических движений, м: а - основные, б - дополнительные; Результаты одномерного моделирования: 7 - время максимальной генерации, млн. лет.

Изложенные выше материалы позволили выработать следующие результаты и выводы.

На основе одномерного моделирования сети скважин в пределах северной части Нюрольской мегавпадины с учетом истории тектонического развития восстановлена история генерации жидких УВ ОВ бажендовской свиты.

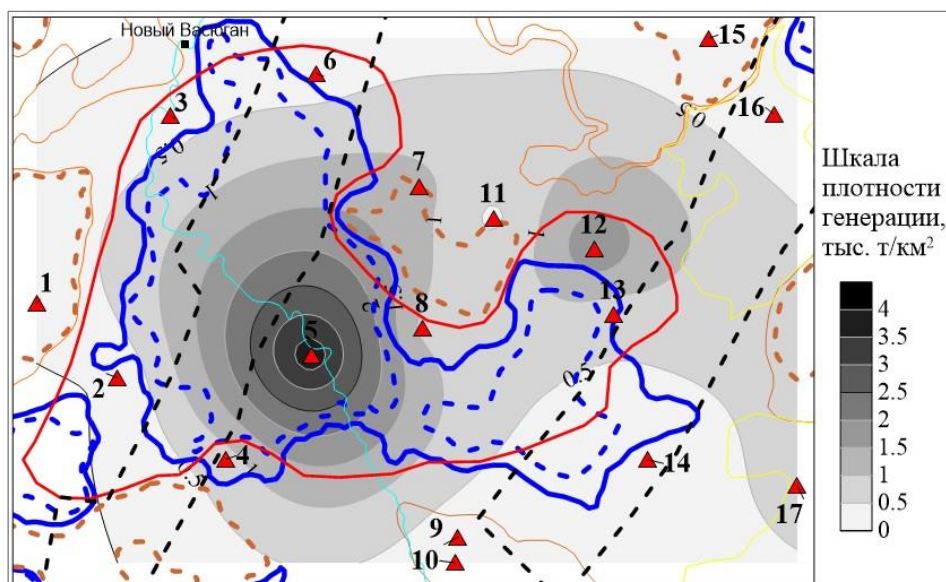


Рис. 7. Схема распределения плотности генерации жидких углеводородов органическим веществом баженовской свиты на настоящее время, тыс. т/км²

Усл. обозначения см. на рис. 1.

Моделирование нефтегазообразования ОВ баженовской свиты с учетом смешанного состава пород не существенно влияет на оценку ресурсов, но уточняет наиболее важный параметр нефтегазоносной системы нефтегенерирующей и нефтесодержащей баженовской свиты - пористость.

Интенсивность генерации в разных частях мегавпадины и прилегающих структур зависит от их территориальной приуроченности к зонам развития триасовых грабен-рифтов, а также относительного роста палеоподнятий по мере прогибания Западно-Сибирской геосинеклизы.

Новейшие тектонические движения оказали большое влияние на динамику генерации жидких УВ ОВ баженовской свиты.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оценку масштабов и направлений миграции УВ, что с учетом структурного фактора позволит прогнозировать ловушки для формирования залежей в горизонте Ю₀ баженовской свиты. Важным шагом в этом направлении должно быть построение на современной основе карты новейших тектонических движений.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов FWZZ-2022-0012, FWZZ-2022-0007.

Литература

Буриштейн Л.М., Костырева Е.А., Дешин А.А., Долженко К.В. К оценке кинетических параметров керогенов баженовского горизонта юго-восточных районов Западно-Сибирского бассейна // Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа - XXI век:

материалы Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука (г. Новосибирск, 14-15 сентября 2021 г.). - Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2021. - С. 97-100.

Варламов И.П., Галабала Р.О., Генералов П.П. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири / Под ред. Н.А. Флоренсова, И.П. Варламова. Тр. СНИИГГИМС. - М.: Недра, 1981. - Вып. 285. - 239 с.

Волкова В.С., Архипов С.А., Бабушкин А.Е., Кулькова И.А., Гуськов С.А., Кузьмина О.Б., Левчук Л.К., Михайлова И.В., Сухорукова С.С. Стратиграфия нефтегазоносных областей Сибири. Кайнозой Западной Сибири. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. - 246 с.

Гончаров И.В., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Фадеева С.В., Веклич М.А., Кашанов Р.С., Трушков П.В., Бахтина Е.С. Типы и катагенез органического вещества баженовской свиты и ее возрастных аналогов // Нефтяное хозяйство. - 2016. - № 10. - С. 20-25.

Даненберг Е.Е., Белозеров В.Б., Брылина Н.А. Геологическое строение и нефтегазоносность верхнеюрско-нижнемеловых отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 291 с.

Егорова Л.И., Тищенко Г.И. Строение триас-нижнеюрских отложений Томской области // Геология и нефтегазоносность нижних горизонтов чехла Западно-Сибирской плиты. - Новосибирск, 1990. - С. 19-27. (Тр. СНИИГГИМС).

Запивалов Н.П. Влияние неотектонических движений на процессы формирования залежей нефти и газа (на примере южных районов Западной Сибири) // Тектоника нефтегазоносных областей Сибири. - 1975. - С. 35-41. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 217.)

Киричкова А.И., Травина Т.А. Фитостратиграфия и корреляция юрских отложений Западной Сибири // Стратиграфия и геологическая корреляция. - 1995. - Т. 3. - № 1. - С. 43-60.

Конторович А.Э. Исторический подход при количественной оценке перспектив нефтегазоносности // Геология нефти и газа: избранные труды. Т. III. Методы прогноза нефтегазоносности. Планирование геологоразведочных работ. - Новосибирск: СНИИГГИМС, 2008. - С. 124-130.

Конторович А.Э., Бабина Н.М., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Зимин Ю.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Луговцов А.Д., Мельникова В.М., Парпарова Г.М., Рогозина Е.А., Стасова О.Ф., Трушков П.А., Фомичев А.С. Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. - Л.: Недра, 1967. - 223 с. (Тр. СНИИГГИМС; сер. Нефтяная геология, вып. 50).

Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. - 2018а. - № 2. - С. 79-88.

Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Буриштейн 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. - 2018б. - Т. 59. - № 3. - С. 357-371.

Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. - 253 с.

Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. Тектоническое строение и история тектонического развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. - 2001. - Т. 42. - № 11-12. - С. 1832-1845.

Конторович В.А., Калинина Л.М. Модель строения и генерационный потенциал волжских отложений в зоне сочленения Каймысовского свода и Нюрольской мегавпадины // Геология нефти и газа. - 2009. - № 1. - С. 34-44.

Конторович В.А., Соловьев М.В., Калинина Л.М., Калинин А.Ю. Роль мезозойско-кайнозойской тектоники в формировании залежей углеводородов в южных частях

Каймысовского свода и Нюрольской мегавпадины // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52. - №8. - С. 1075-1091.

Костеша О.Н., Кабанова В.М., Ткачева Л.Г., Чеснокова В.С. Стратиграфия нижней части осадочного чехла юго-востока Западно-Сибирской плиты // Геология и нефтегазоносность нижних горизонтов чехла Западно-Сибирской плиты: сб. трудов СНИИГГиМС. - Новосибирск, 1990. - С. 63-79.

Пономарева Е.В., Рыжкова С.В. Типы коллекторов баженовской свиты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - 2020. Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология: материалы XVI международной научной конференции (г. Новосибирск, 20-24 апреля 2020 г.). - 2020. - С. 195-204.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. - 114 с.

Рыжкова С.В., Вакуленко Л.Г., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Борисов Е.В., Калинина Л.М., Нехаев А.Ю., Пономарева Е.В., Фомин М.А., Ян П.А. Фациально-стратиграфическое районирование келловей-кимериджских отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология и геофизика. - 2020б. - Т. 61. - № 3. - С. 409-421.

Рыжкова С.В., Пономарева Е.В., Замирайлова А.Г. Строение баженовского резервуара и прогноз нефтеносности горизонта Ю0 баженовской свиты в юго-восточных районах Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2020а. - Т. 15. - № 4. - http://www.ngtp.ru/rub/2020/38_2020.html DOI: [10.17353/2070-5379/38_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/38_2020)

Соловьев М.В. Прогноз нефтегазоносности южных территорий Каймысовского и Нюрольско-Колтогорского нефтегазоносных районов // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов, посвященной 80-летию акад. А.Э. Конторовича. - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. - С. 70-73.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. - СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. - 96 с. (МСК России, ВСЕГЕИ).

Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины. - Новосибирск, 2000. - 64 с.

Унифицированные региональные стратиграфические схемы неогеновых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. - Новосибирск, 2001. - 84 с.

Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна / Научн. ред. акад. А.Э. Конторович; Сиб. РАН. - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. - 331 с.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятков 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.

Applied petroleum geochemistry / Ed. M.L. Bordenave. - Paris: Editions Technip, 1993. - 524 p.

Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling / T. Hantschel, A.I. Kauerauf. - Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science & Business Media, 2009. - 476 p.

Ryzhkova S.V., Deshin A.A.

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia, Ryzhkovasv@ipgg.sbras.ru

THE HISTORY OF OIL GENERATION BY ORGANIC MATTER OF BAZHENOV FORMATION IN THE NORTHERN PART OF NYUROL MEGADEPRESSION (WESTERN SIBERIA)

The results of one-dimensional modeling of oil and gas generation by organic matter of the non-oil and oil-bearing Bazhenov Formation in a well network within the northern part of Nyurol megadepression are presented. Modeling considering the mixed lithology of the Bazhenov Formation has no significant effect on the resource assessment, but refines the most important parameter of the hydrocarbon system, which is porosity. Based on the obtained data and taking into account the tectonic history, the history of liquid hydrocarbon generation has been reconstructed. The intensity of generation in different parts of the megadepression and adjacent structures depends on their spatial association with the zones of development of Triassic graben-rifts, as well as the relative growth of paleo-uplifts with the bending of the Western Siberian geosyncline. Recent tectonic movements have had a significant impact on the dynamics of oil generation.

Keywords: *Bazhenov Formation, one-dimensional modeling of oil and gas generation, Nyurol megadepression, Western Siberia.*

References

- Applied petroleum geochemistry / Ed. M.L. Bordenave. Paris: Editions Technip, 1993, 524 p.
- Burshteyn L.M., Kostyreva E.A., Deshin A.A., Dolzhenko K.V. *K otsenke kineticheskikh parametrov kerogenov bazhenovskogo gorizonta yugo-vostochnykh rayonov Zapadno-Sibirskogo basseyna* [To the assessment of kinetic parameters of kerogens of the Bazhenov Formation of the southeastern regions of the Western Siberian basin]. *Novye vyzovy fundamental'noy i prikladnoy geologii nefiti i gaza - XXI vek: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s uchastiem inostrannykh uchenykh, posvyashchenoy 150-letiyu akademika AN SSSR I.M. Gubkina i 110-letiyu akademika AN SSSR i RAN A.A. Trofimuka* (Novosibirsk, Sept 14-15, 2021). Novosibirsk: IPTs NGU, 2021, pp. 97-100.
- Danenberga E.E., Belozеров V.B., Brylina N.A. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' verkhneyursko-nizhnemelovykh otlozheniy yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy plity (Tomskaya oblast')* [Geological structure and oil and gas potential of Upper Jurassic-Lower Cretaceous strata of the South-East of the West Siberian Plate (Tomsk region)]. Tomsk: Izd-vo TPU, 2006, 291 p.
- Egorova L.I., Tishchenko G.I. *Stroenie trias-nizhneyurskikh otlozheniy Tomskoy oblasti* [Structure of the Triassic-Lower Jurassic strata of the Tomsk region]. *Geologiya i neftegazonosnost' nizhnikh gorizontov chekhla Zapadno-Sibirskoy plity*. Novosibirsk, 1990, pp. 19-27. (Trudy SNIIGGiMS).
- Fomin A.N. *Katagenez organicheskogo veshchestva i neftegazonosnost' mezozoyskikh i paleozoyskikh otlozheniy Zapadno-Sibirskogo megabasseyna* [Catagenesis of organic matter and petroleum potential of Mesozoic and Paleozoic strata of the Western Siberian megabasin]. Scientific ed. akad. A.E. Kontorovich; Sib. RAN. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2011, 331 p.
- Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling / T. Hantschel, A.I. Kauerauf. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science & Business Media, 2009, 476 p.
- Goncharov I.V., Samoylenko V.V., Oblasov N.V., Fadeeva S.V., Veklich M.A., Kashapov R.S., Trushkov P.V., Bakhtina E.S. *Tipy i katagenez organicheskogo veshchestva bazhenovskoy svity i ee vozrastnykh analogov* [Types and catagenesis of organic matter of the Bazhenov Formation and its age analogues]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2016, no. 10, pp. 20-25.
- Kirichkova A.I., Travina T.A. *Fitostratigrafiya i korrelyatsiya yurskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri* [Phytostratigraphy and correlation of Jurassic strata of Western Siberia]. *Stratigrafiya i geologicheskaya korrelyatsiya*, 1995, vol. 3, no. 1, pp. 43-60.

Kontorovich A.E. *Istoricheskiy podkhod pri kolichestvennoy otsenke perspektiv neftegazonosnosti* [Historical approach to the quantitative assessment of oil and gas potential]. *Geologiya nefti i gaza: izbrannyye trudy. T. III. Metody prognoza neftegazonosnosti. Planirovaniye geologorazvedochnykh rabot.* Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2008, pp. 124-130.

Kontorovich A.E., Babina N.M., Bogorodskaya L.I., Vinokur B.G., Zimin Yu.G., Kolganova M.M., Lipnitskaya L.F., Lugovtsov A.D., Mel'nikova V.M., Parparova G.M., Rogozina E.A., Stasova O.F., Trushkov P.A., Fomichev A.S. *Nefteproizvodnyashchie tolshchi i usloviya obrazovaniya nefti v mezozoyskikh otlozheniyakh Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Oil-producing strata and conditions of oil formation in Mesozoic sedimentary rocks of the Western Siberian lowland]. Leningrad: Nedra, 1967, 223 p. (Tr. SNIIGGiMS; ser. Neftyanaya geologiya, issue 50).

Kontorovich A.E., Kostyreva E.A., Rodyakin S.V., Sotnich I.S., Yan P.A. *Geokhimiya bitumoidov bazhenovskoy svity* [Geochemistry of the Bazhenov Formation bitumoids]. *Geologiya nefti i gaza*, 2018a, no. 2, pp. 79-88.

Kontorovich A.E., Ponomareva E.V., Burshteyn L.M., Glinskikh V.N., Kim N.S., Kostyreva E.A., Pavlova M.A., Rodchenko A.P., Yan P.A. *Raspredeleniye organicheskogo veshchestva v porodakh bazhenovskogo gorizonta (Zapadnaya Sibir')* [Distribution of organic matter in rocks of the Bazhenov Formation (Western Siberia)]. *Geologiya i geofizika*, 2018b, vol. 59, no. 3, pp. 357-371.

Kontorovich V.A. *Tektonika i neftegazonosnost' mezozoysko-kaynozoykskikh otlozheniy yugo-vostochnykh rayonov Zapadnoy Sibiri* [Tectonics and petroleum potential of the Mesozoic-Cenozoic strata of the southeastern regions of Western Siberia]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «GEO», 2002, 253 p.

Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E., Krasavchikov V.O., Kontorovich A.A., Suprunenko O.I. *Tektonicheskoe stroeniye i istoriya tektonicheskogo razvitiya Zapadno-Sibirskoy geosineklizy v mezozoe i kaynozoe* [Tectonic structure and history of tectonic development of the Western Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic]. *Geologiya i geofizika*, 2001, vol. 42, no. 11-12, pp. 1832-1845.

Kontorovich V.A., Kalinina L.M. *Model' stroeniya i generatsionnyy potentsial volzhskikh otlozheniy v zone sochleneniya Kaymysovskogo svoda i Nyurol'skoy megavpadiny* [Model of the structure and generation potential of the Volga strata in the area of the junction of the Kaimys Arch and the Nyurol megawall]. *Geologiya nefti i gaza*, 2009, no. 1, pp. 34-44.

Kontorovich V.A., Solov'ev M.V., Kalinina L.M., Kalinin A.Yu. *Rol' mezozoysko-kaynozoykskoy tektoniki v formirovaniye zalezhey uglevodorodov v yuzhnykh chastyakh Kaymysovskogo svoda i Nyurol'skoy megavpadiny* [The role of Mesozoic-Cenozoic tectonics in the formation of hydrocarbon pools in the southern parts of the Kaimys Arch and the Nyurol megadepression]. *Geologiya i geofizika*, 2011, vol. 52, no. 8, pp. 1075-1091.

Kostesha O.N., Kabanova V.M., Tkacheva L.G., Chesnokova V.S. *Stratigrafiya nizhney chasti osadochnogo chekhla yugo-vostoka Zapadno-Sibirskoy plity* [Stratigraphy of the lower part of the sedimentary cover of the southeast of the Western Siberian Plate]. *Geologiya i neftegazonosnost' nizhnikh gorizontov chekhla Zapadno-Sibirskoy plity: sb. trudov SNIIGGiMS.* Novosibirsk, 1990, pp. 63-79.

Ponomareva E.V., Ryzhkova S.V. *Tipy kollektorov bazhenovskoy svity* [Types of collectors of the Bazhenov Formation]. *Interkspoz GEO-Sibir' - 2020. Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya: materialy XVI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Novosibirsk, Apr 20-24 2020).* 2020, pp. 195-204.

Resheniye 6-go Mezhdzvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri [Decision of the 6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Review and adoption of refined stratigraphic schemes of Mesozoic strata of Western Siberia]. Novosibirsk, 2003. Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2004, 114 p.

Ryzhkova S.V., Ponomareva E.V., Zamiraylova A.G. *Stroenie bazhenovskogo rezervuara i prognoz neftenosnosti gorizonta Yu0 bazhenovskoy svity v yugo-vostochnykh rayonakh Zapadnoy Sibiri* [Structure of the Bazhenov reservoir and forecast of oil content of the Yu0 productive level of the Bazhenov Formation in the south-eastern regions of Western Siberia]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2020a, vol. 15, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2020/38_2020.html DOI: [10.17353/2070-5379/38_2020](https://doi.org/10.17353/2070-5379/38_2020)

Ryzhkova S.V., Vakulenko L.G., Kazanenkov V.A., Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Nikitenko B.L., Shurygin B.N., Borisov E.V., Kalinina L.M., Nekhaev A.Yu., Ponomareva E.V., Fomin M.A., Yan P.A. *Fatsial'no-stratigraficheskoe rayonirovaniye kellovey-kimmeridzhskikh otlozheniy Zapadno-Sibirskogo osadochnogo basseyna* [Facies-stratigraphic zonation of the Callovian-Kimmeridgian strata of the Western Siberian Sedimentary Basin]. *Geologiya i geofizika*, 2020b, vol. 61, no. 3, pp. 409-421.

Shurygin B.N., Nikitenko B.L., Devyatov V.P., Il'ina V.I., Meledina S.V., Gaydeburova E.A., Dzyuba O.S., Kazakov A.M., Mogucheva N.K. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Yurskaya sistema* [Stratigraphy of petroleum basins of Siberia. In nine books. The Jurassic system]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «GEO», 2000, 480 p.

Solov'ev M.V. *Prognoz neftegazonosnosti yuzhnykh territoriy Kaymysovskogo i Nyurol'sko-Koltogorskogo neftegazonosnykh rayonov* [Forecast of oil and gas potential of the southern territories of the Kaimys and Nyurol-Koltogor petroleum bearing areas]. *Aktual'nye problemy geologii nefti i gaza Sibiri: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i studentov, posvyashchennoy 80-letiyu akad. A.E. Kontorovicha*. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2014, pp. 70-73.

Stratigraficheskiy kodeks Rossii. Izdanie tret'e, ispravlennoe i dopolnennoe [Stratigraphic Code of Russia. Third edition, revised and supplemented]. St. Petersburg: Izdatel'stvo VSEGEI, 2019, 96 p. (MSK Rossii, VSEGEI).

Unifitsirovannaya regional'naya stratigraficheskaya skhema chetvertichnykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy ravniny [Unified regional stratigraphic scheme of Quaternary strata of the Western Siberian Plain]. Novosibirsk, 2000, 64 p.

Unifitsirovannye regional'nye stratigraficheskie skhemy neogenovykh i paleogenovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy ravniny [Unified regional stratigraphic schemes of Neogene and Paleogene strata of the Western Siberian Plain]. Novosibirsk, 2001, 84 p.

Varlamov I.P., Galabala R.O., Generalov P.P. *Noveyshaya tektonika neftegazonosnykh oblastey Sibiri* [The latest tectonics of petroleum bearing regions of Siberia]. Ed. N.A. Florensova, I.P. Varlamova. Tr. SNIIGGIMS. Moscow: Nedra, 1981, issue 285, 239 p.

Volkova V.S., Arkhipov S.A., Babushkin A.E., Kul'kova I.A., Gus'kov S.A., Kuz'mina O.B., Levchuk L.K., Mikhaylova I.V., Sukhorukova S.S. *Stratigrafiya neftegazonosnykh oblastey Sibiri. Kaynozoy Zapadnoy Sibiri* [Stratigraphy of petroleum bearing regions of Siberia. Cenozoic of Western Siberia]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «GEO», 2002, 246 p.

Zapivalov N.P. *Vliyanie neotektonicheskikh dvizheniy na protsessy formirovaniya zalezhey nefti i gaza (na primere yuzhnykh rayonov Zapadnoy Sibiri)* [The influence of neotectonic movements on the formation of oil and gas accumulations (on the example of the southern regions of Western Siberia)]. *Tektonika neftegazonosnykh oblastey Sibiri* 1975, pp. 35-41. (Tr. SNIIGGIMS, issue 217.)

© Рыжкова С.В., Дешин А.А., 2023

