

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/38_2020

УДК 553:04/98(571.1)

Рыжкова С.В.

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

Пономарева Е.В., Замирайлова А.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, PonomarevaEV@ipgg.sbras.ru, ZamirailovaAG@ipgg.sbras.ru

СТРОЕНИЕ БАЖЕНОВСКОГО РЕЗЕРВУАРА И ПРОГНОЗ НЕФТЕНОСНОСТИ ГОРИЗОНТА Ю₀ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Для юго-восточных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции предложены модель строения баженовского резервуара и критерии выделения зон перспективных для выявления залежей нефти в продуктивном горизонте Ю₀ баженовской свиты. Согласно критериям, приведены следующие характеристики объекта исследования: толщина пород баженовской свиты, толщина пород с содержанием $C_{орг} > 7\%$, катагенез органического вещества, толщина подстилающего и перекрывающего флюидоупоров, современные пластовые температуры пород и пластовые давления в баженовской свите. На основе комплексного анализа материалов, характеризующих вышеперечисленные критерии, выделены перспективные зоны двух категорий. К зоне первой категории (наиболее перспективной) отнесена Центрально-Нюрольская зона, ко второй - Северо-Нюрольская, Восточно-Нюрольская, Южно-Нюрольская, Западно-Парабельская и Усть-Тымская.

Ключевые слова: перспективы нефтеносности, модель строения баженовского резервуара, баженовская свита, Западная Сибирь.

Снижение добычи нефти в Западной Сибири требует вовлечения в поиски и разведку резервуаров с трудноизвлекаемыми запасами. Одним из перспективных, но недоизученных объектов являются высокоуглеродистые карбонатно-глинисто-кремнистые толщи, к которым относятся баженовская свита и нижнетутлеймская подсвита. Интерес к ним резко возрос после успехов добычи в США сланцевой нефти.

Методика регионального прогноза залежей углеводородов (УВ) в баженовском резервуаре предложена Ф.Г. Гурари [Гурари, 1984]. Она базируется на геологической модели образования залежей в доманикитах, рассмотренной в работе [Гурари, 1981]. Баженовская свита является нефтепроизводящей и содержит сложный по строению высокоуглеродистый карбонатно-глинисто-кремнистый коллектор (продуктивный горизонт Ю₀). Нефти залежей мелового и большей части юрского нефтегазоносных комплексов образовались в процессе катагенеза сапропелевого вещества баженовской свиты. Ближайшие к баженовской свите залежи выявлены в песчаных коллекторах продуктивного горизонта Ю₁ (верхняя юра) и

ачимовской толщи (нижний мел).

В настоящее время в юго-восточной части бассейна промышленная нефтеносность горизонта Ю₀ доказана на Снежном, Баклянском и Федюшкинском месторождениях (рис. 1).

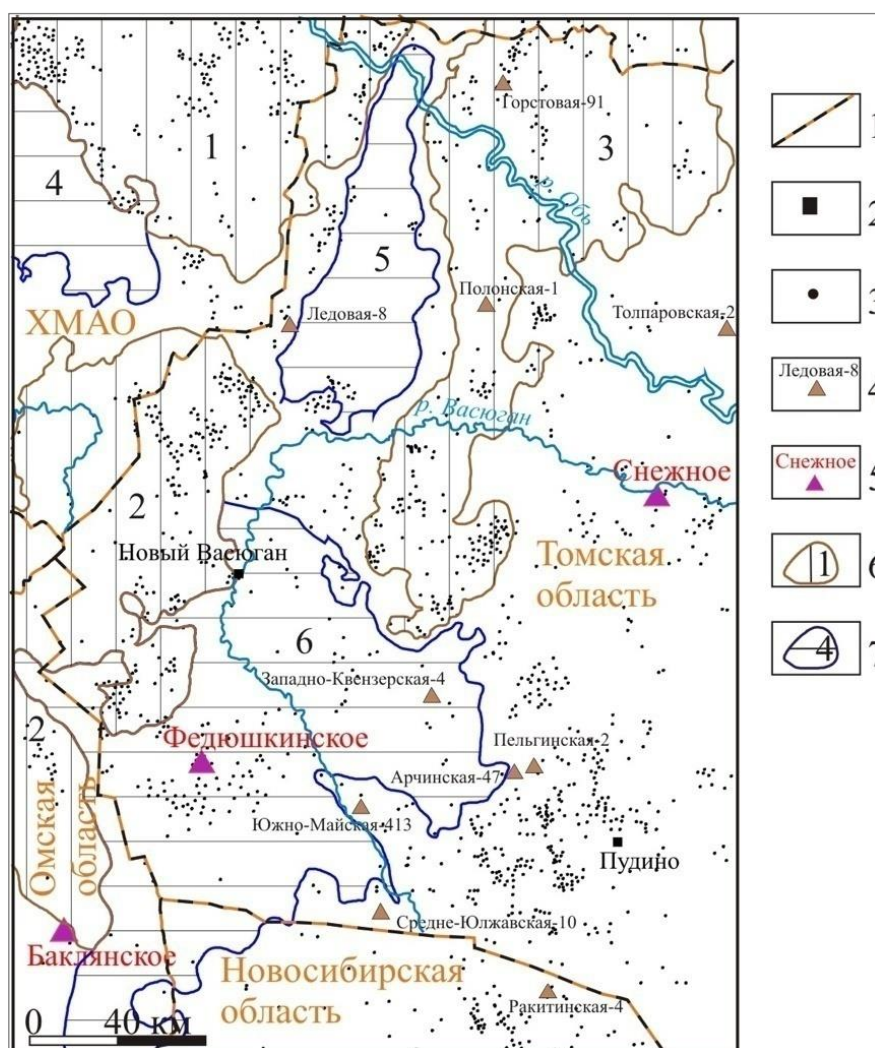


Рис. 1. Обзорная карта юго-восточных районов распространения баженовской свиты

1 – административные границы; 2 – населенные пункты; поисково-разведочные и параметрические скважины, в которых баженовская свита охарактеризована: 3 – результатами ГИС; 4 – керном на 70-100%; 5 – месторождения с залежами в горизонте Ю₀, стоящие на Государственном балансе РФ; тектонические элементы юрского структурного яруса по [Конторович и др., 2001]: 6 – положительные (1 – Хантейская гемиянтеклиза, 2 – Верхневасюганская антеклиза 3 – Обь-Васюганская гряда), 7 – отрицательные (4 – Мансийская синеклиза, 5 – Колтогорский прогиб, 6 – Нюрольская мегавпадина).

Ниже рассмотрено строение залежей нефти в баженовской свите на примере Федюшкинского месторождения.

Месторождение приурочено к Федюшкинскому локальному поднятию, расположенному в центральной части Нюрольской мегавпадины. На месторождении в отдельных куполах выявлены залежи в горизонтах Ю₁ и Ю₀ (рис. 2). Залежь нефти в продуктивном горизонте Ю₀ открыта в 1984 г. по результатам бурения скв. 7. При испытании интервала, охватывающего

среднюю и нижнюю части баженовской свиты, получен приток нефти $0,7 \text{ м}^3/\text{сут}$ с растворенным газом.

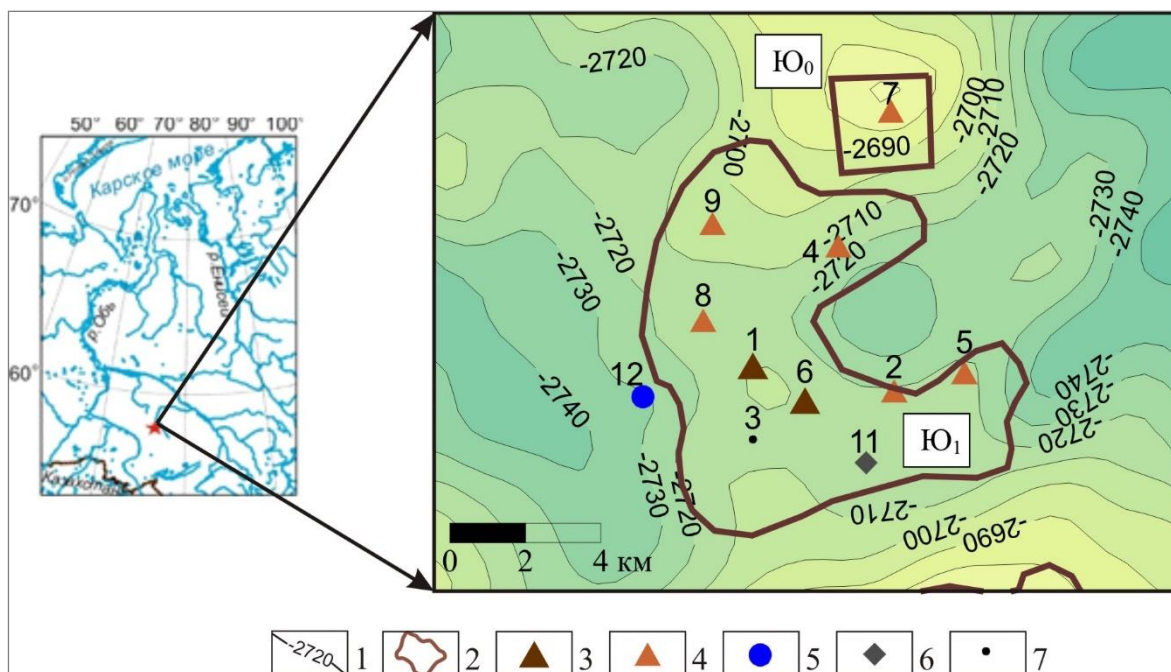


Рис. 2. Структурная карта по подошве баженовской свиты Федюшкинского месторождения (ИНГГ СО РАН, 2016 г.)

1 – изогипсы, м; 2 – контур нефтеносности (в квадратах указан продуктивный горизонт); результаты испытания верхнеюрских отложений: 3 – приток нефти более $5 \text{ м}^3/\text{сут}$, 4 – приток нефти менее $5 \text{ м}^3/\text{сут}$, пленка нефти, 5 – приток воды, 6 – приток не получен, 7 – не испытаны.

Перекрывающий флюидоупор представлен глинами куломзинской свиты. В пределах Федюшкинской площади и на соседних Восточно-Моисеевской и Игольской площадях, согласно данным ГИС и опубликованным материалам [Геологическое строение..., 2006], ачимовская толща отсутствует. Таким образом, толщина перекрывающего флюидоупора на Федюшкинской площади в среднем составляет 318 м.

Подстилающий флюидоупор представлен георгиевской свитой и нижней частью баженовской свиты. В скв. 7, в которой выявлена залежь нефти в горизонте Ю₀, по материалам электрического каротажа и первичного описания керна толщина подстилающего флюидоупора составляет 7 м.

Среднее содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в породах баженовской свиты в пределах Федюшкинской площади составляет 9% [Конторович и др., 2018а]. Наибольшие значения до 13% приурочены к средней части разреза свиты (скв. 9). Степень преобразованности органического вещества (ОВ) соответствует градации МК₁¹.

В районе скв. 7 пластовая температура пород баженовской свиты достигает 90°C . Пластовое давление незначительно превышает гидростатическое. Коэффициент аномальности (Ka), отражающий отношение пластового давления к условному гидростатическому

давлению, определенному для данной глубины замера [Фенин, 2010], составляет 1,02.

Залежь нефти в горизонте Ю₀ Федюшкинского месторождения авторами принята в качестве эталона для юго-восточных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (ЗСНПП).

Использование новых материалов о геологическом строении баженовской свиты, полученных на основе анализа результатов геохимических, литологических и петрофизических исследований керна, ОВ и битумоидов ([Конторович и др., 2016, 2018а, б; 2019а, б; Рыжкова и др., 2018; Эдер, Замирайлова, Жигульский, 2016; Эдер, Замирайлова, Ян, 2017] и др.), позволило авторам, с учетом представлений о биостратиграфии верхней юры и нижнего мела, провести детальный комплексный анализ геолого-геохимических и геофизических материалов, уточнить строение разрезов баженовской свиты и баженовского резервуара в юго-восточных районах Западной Сибири и обосновать перспективы выявления залежей нефти в горизонте Ю₀.

Характеристика объекта, материалы и методы исследования

Исследуемая территория находится на юго-востоке Западно-Сибирского осадочного бассейна в пределах Колтогорско-Нюрольского жёлоба и прилегающих к нему положительных тектонических элементов юрского структурного яруса [Конторович и др., 2001] (см. рис. 1). В составе жёлоба выделены Нюрольская мегавпадина и Колтогорский прогиб.

В соответствии с уточненным фациально-стратиграфическим районированием на изучаемой территории распространены баженовская и георгиевская свиты [Рыжкова и др., 2018, 2020]. На отдельных локальных площадях георгиевская свита отсутствует и баженовскую свиту подстилает васюганская свита. Согласно представлениям о геологическом строении нижнемеловых отложений баженовскую свиту перекрывает куломзинская свита.

Как известно, территория распространения баженовской свиты по результатам комплексного анализа палеонтологических, литологических материалов и данных геофизических исследований скважин (ГИС) Ю.В. Брадучаном подразделена на районы по типам разреза [Брадучан и др., 1986]. На большей части территории выявлен Вахский тип разреза (рис. 3). Северо-западная часть относится к территории распространения Нижневартовского типа разреза.

На основании результатов литологических и геохимических исследований пород и ОВ разрезов баженовской свиты, полученных в последнее время [Замирайлова, Эдер, 2018; Замирайлова и др., 2019; Замирайлова, Эдер, Костырева, 2019], установлено, что состав пород в северной части распространения Вахского типа разреза существенно отличается от южной.

В связи с этим, на основе комплексного анализа данных электрического, радиоактивного, акустического каротажа и кавернометрии 904 скважин, а также результатов палеонтологических, литологических и геохимических исследований пород авторами выделен Нюрольский тип разреза баженовской свиты. От Вахского типа он отличается большими значениями толщин свиты (среднее значение для Вахского типа - 15 м, для Нюрольского – 23 м), а также толщин пород с концентрацией $C_{орг}$ 7-10% (6 м и более 10 м, соответственно). Наименование типу разреза дано в соответствии с территорией его распространения - в пределах Нюрольской мегавпадины и прилегающих с юго-востока положительных тектонических элементов (см. рис. 3). Методика выделения баженовской свиты в разрезе юрско-меловых отложений опубликована в работе [Рыжкова и др., 2018].

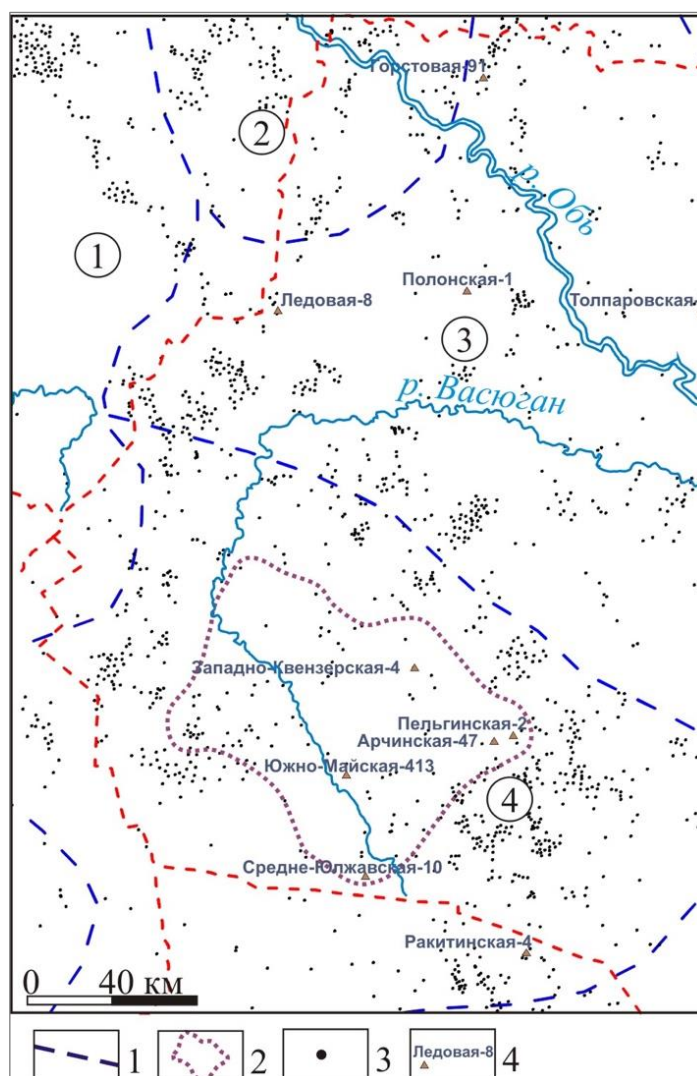


Рис. 3. Карта районирования территории исследования по типам разреза баженовской свиты (по [Брадучан и др., 1986] с изменениями)

1 – границы распространения типов разреза баженовской свиты, в кружках их наименование (1 – Сальмский, 2 – Нижневартовский, 3 – Вахский, 4 – Нюрольский); 2 - зона распространения преимущественно глинистой нижней пачки баженовской свиты; изученные в скважинах разрезы баженовской свиты: 3 – по ГИС, 4 – по керну. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

В пределах Нюрольского типа разреза выделена территория, где нижняя часть свиты может являться флюидоупором (см. рис. 3). Толщина преимущественно глинистых пород по материалам керна скважин изменяется от 3 м (Арчинская-47, Ракитинская-4) до 5 м (Средне-Юлжавская-10). Толщина нижней пачки баженовской свиты в выделенной зоне составляет в среднем 4 м.

Генерализованная модель строения баженовского резервуара предложена Ф.Г. Гурари [Гурари, 1984] (рис. 4А).

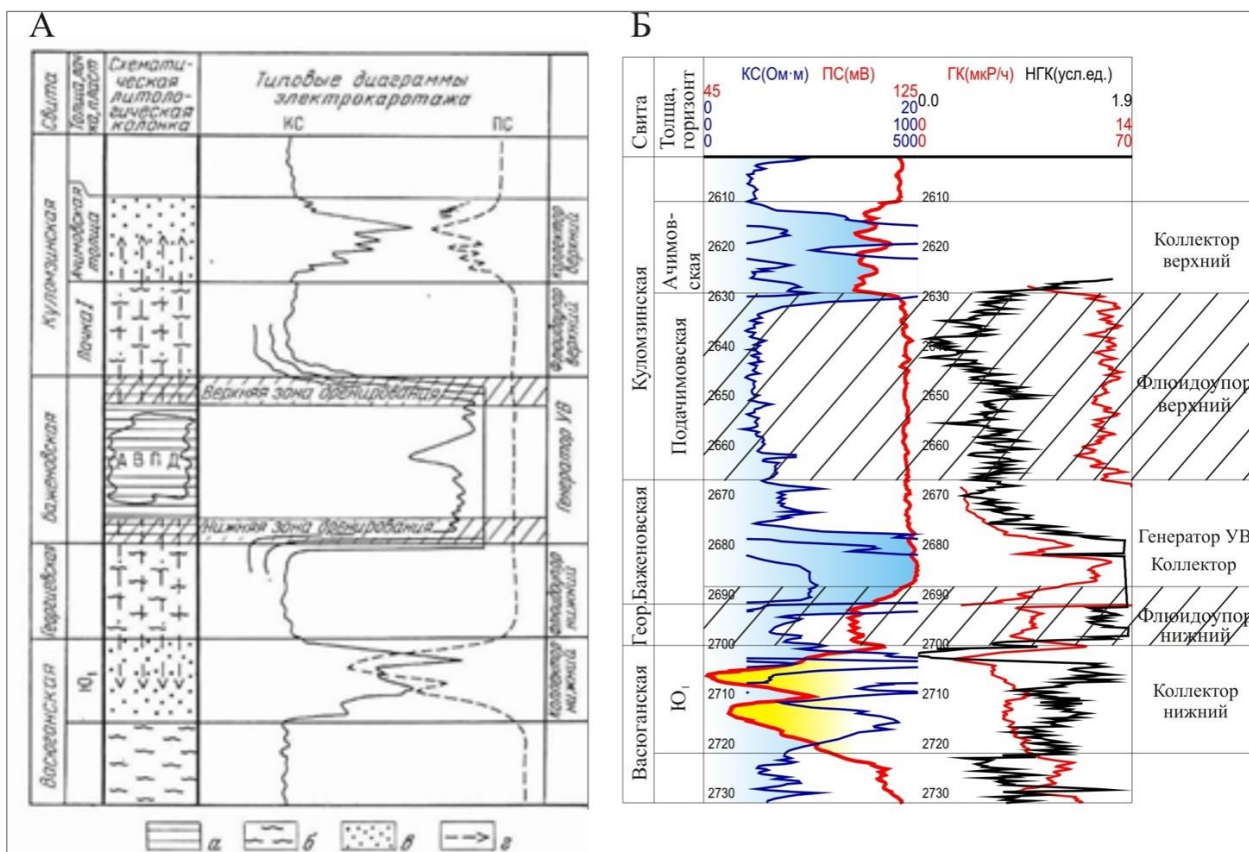


Рис. 4. Модель строения баженовского резервуара

А – по Ф.Г. Гурари (1984 г.), Б – для юго-восточных районов ЗСНГП (составлена С.В. Рыжковой).

а – битуминозные аргиллиты; б – глины и аргиллиты не битуминозные; в – песчаники и алевролиты; г – направления миграции.

По результатам комплексного анализа геолого-геофизических материалов по строению залежи нефти в горизонте Ю₀ Федюшкинского месторождения, принятой в качестве эталона, предложена модель строения баженовского резервуара для юго-восточных районов ЗСНГП (рис. 4Б).

Отличие модели для юго-восточных районов распространения свиты состоит в увеличении толщин подстилающего флюидоупора за счет нижней преимущественно глинистой пачки пород баженовской свиты (см. рис. 4Б). На данном этапе исследований представленная модель обоснована и применима только для Нюрольского типа разреза свиты.

Для построения карт толщин подстилающего и перекрывающего флюидоупоров в разрезах георгиевской и куломзинской свит по данным электрического и радиоактивного каротажа выделены прилегающие к баженовской свите преимущественно глинистые интервалы.

Согласно результатам литологических и петрофизических исследований, в баженовской свите выделяются три морфологических типа коллекторов: 1 тип – трещинный, развит в массивных породах баженовской свиты, содержащих значительное количество карбонатных микростяжений [Зубков, Сонич, Зарипов, 1986]; 2 тип – трещинно-кавернозный, приурочен к кремнистым и глинисто-кремнисто-карбонатным породам, выявленным в нижней части баженовской свиты и на контакте баженовской и абалакской свит [Зубков, Сонич, Зарипов, 1986; Калмыков и др., 2015]; 3 тип – трещинно-поровый, характерен для пород с высоким содержанием ОВ [Лебедев и др., 1979; Балушкина и др., 2013; Калмыков и др., 2015; Конторович и др., 2018б].

Наличие в баженовской свите трещинно-поровых коллекторов на территории юго-восточных районов осадочного бассейна подтверждено комплексным анализом результатов испытания свиты (дебиты, пластовые температуры и давления) и опубликованными данными о литологическом составе пород баженовской свиты и концентрации в них ОВ [Пономарева, Рыжкова, 2020]. Имеющиеся в пределах территории исследования данные о литологическом составе баженовской свиты [Замирайлова, Эдер, 2018] свидетельствуют об отсутствии пластов кремнистых и карбонатных пород толщиной более 1,5 м, к которым могут быть приурочены трещинные и трещинно-кавернозные типы коллекторов.

Для выявления территорий с распространением трещинно-порового типа коллектора проанализированы карты толщины пород с современными концентрациями $C_{орг}$ в породах более 7% [Конторович и др., 2018а]. Согласно результатам изучения закономерностей распределения открытой пористости и нефтенасыщенности пород баженовской свиты [Конторович и др., 2018б] эти породы составляют основное емкостное пространство баженовского резервуара в юго-восточных районах ЗСНГП. Формировалось пустотное пространство в процессе преобразования ОВ баженовской свиты в УВ [Гурари, 1984; Конторович и др., 2019б]. Прослой ОВ являлись исходным материалом для емкостного пространства трещинной формы, а рассеянное в породе ОВ - порового.

Для анализа распределения $C_{орг}$ в разрезе баженовской свиты построены и проанализированы планшеты скважин, отражающие результаты расчета содержания $C_{орг}$ на основе зависимости аналитических данных и каротажа: БК и ГК. Пример такого планшета приведен на рис. 5. В изученных разрезах скважин наибольшее содержание высокоуглеродистых ($C_{орг}$ более 10%) прослоев выявлено в средней и верхней частях.

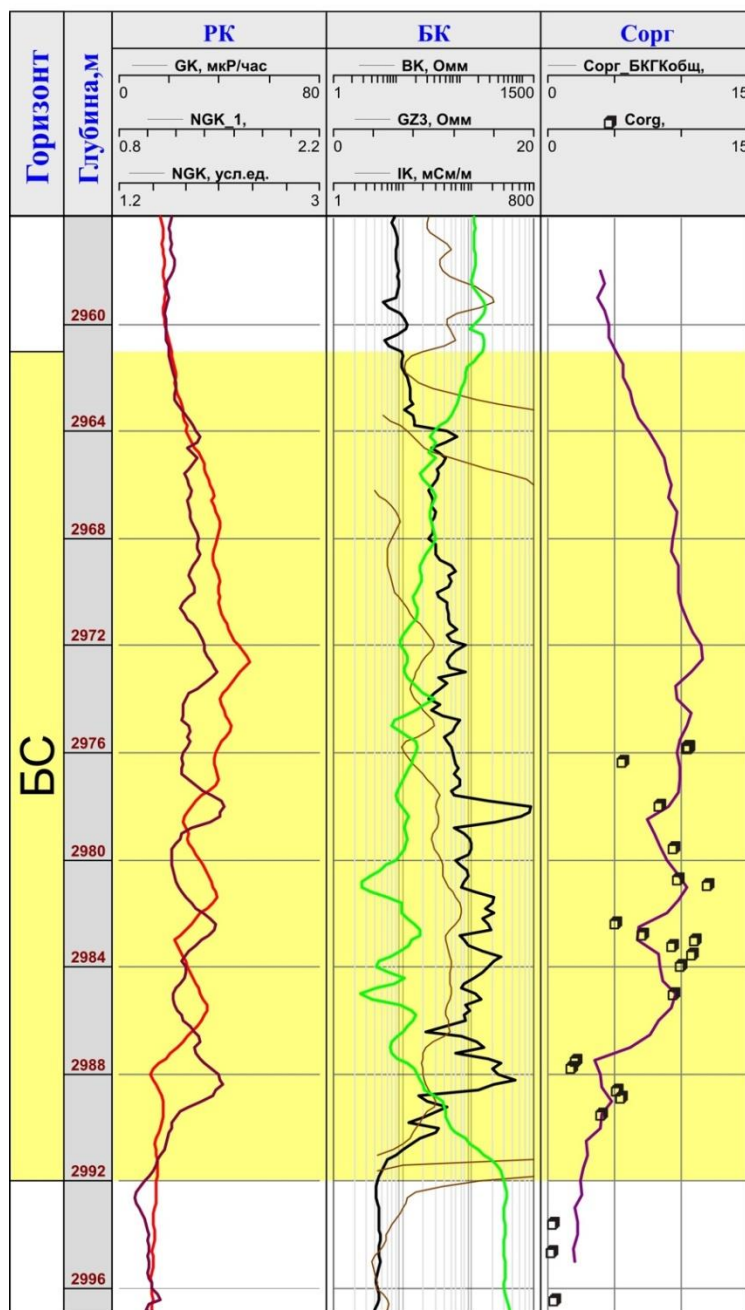


Рис. 5. Планшет скв. Глуховская 4

$S_{орг}$, БКГКобщ – распределение $S_{орг}$ в зависимости от показаний БК и ГК, $S_{орг}$ – геохимические определения современных концентраций $S_{орг}$ в породах.

В настоящей работе для выделения зон перспективных для поиска залежей нефти в баженовской свите в юго-восточной части ЗСНГП использованы, сформулированные в работах Ф.Г. Гулари, М.Ю. Зубкова, А.Э. Конторовича, В.И. Москвина, И.И. Нестерова, Г.Р. Новикова, Ф.К. Салманова, А.В. Тяна, И.Н. Ушатинского, М.Д. Хуторского и др., следующие критерии: 1) толщины пород баженовской свиты более 15 м; 2) толщины пород с содержанием $S_{орг} > 7\%$ более 5 м; 3) катагенез ОВ МК₁¹ и выше; 4) толщины подстилающего флюидоупора более 5 м; 5) толщины перекрывающего флюидоупора более 10 м;

б) современные пластовые температуры выше 85°C и пластовые давления близкие к гидростатическим (K_a - от 0,98 до 1,1).

В качестве дополнительного критерия для изучаемой территории принят структурный фактор – расположение перспективной для аккумуляции и сохранения залежи нефти в баженовской свите ловушки в своде локального поднятия. Структурообразующие тектонические движения, по мнению В.А. Скоробогатова, С.Г. Краснова, К.И. Микуленко и др. [Микуленко, 1974; Скоробогатов, Краснов, 1984], приводили к растрескиванию гидрофобных пород баженовской свиты, максимальному в сводах локальных структур, увеличивая тем самым емкостное пространство, формирующееся в процессе преобразования ОВ в УВ ([Гурари 1981; Конторович и др., 2019б] и др.). Толщины нижележащего флюидоупора и структурный фактор определены как локальные критерии, остальные отнесены к региональным.

Материалами исследований являлись результаты ГИС 904 скважин, включающие электрический каротаж (зонды кажущегося сопротивления (КС), индукционный (ИК), боковой каротаж (БК), потенциал самопроизвольной поляризации (ПС), кавернометрия (КВ), радиоактивный каротаж - гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК) и его модификации; аналитические определения концентраций $C_{орг}$; результаты испытаний по 86 скважинам. Используются также опубликованные результаты литологических и петрофизических исследований пород баженовской свиты.

Ниже приведена характеристика объекта исследования согласно каждому критерию.

Толщина баженовской свиты

На рассматриваемой территории толщины баженовской свиты менее 15 м приурочены к положительному тектоническому элементу 0 порядка – Обь-Васюганской гряде (рис. 6). Южнее в пределах Нюрольской мегавпадины толщины превышают 25 м, достигая в южной её части 40 м (Верхне-Чековская площадь). В пределах мегавпадины оконтурена зона распространения преимущественно глинистой нижней пачки баженовской свиты, являющейся флюидоупором.

Распределение толщин согласуется с изменением литологического состава пород.

Отличие литологического состава пород баженовской свиты в юго-восточных районах состоит в том, что верхней «кокколитовой» пачке центральных районов ЗСНГП соответствует пачка с низким, как и во всей толще свиты, содержанием карбонатного материала 2-5% [Эдер, Замирайлова, Ян, 2017]. Содержание кремнезема в составе пород баженовской свиты по сравнению с центральными районами сокращается до 30-32%, а глинистого материала, наоборот, повышается, достигая 29-38%. Предполагается, что увеличение толщины свиты в

южной части территории исследования связано с количеством глинистого материала и может быть объяснено близким расположением к источнику сноса.

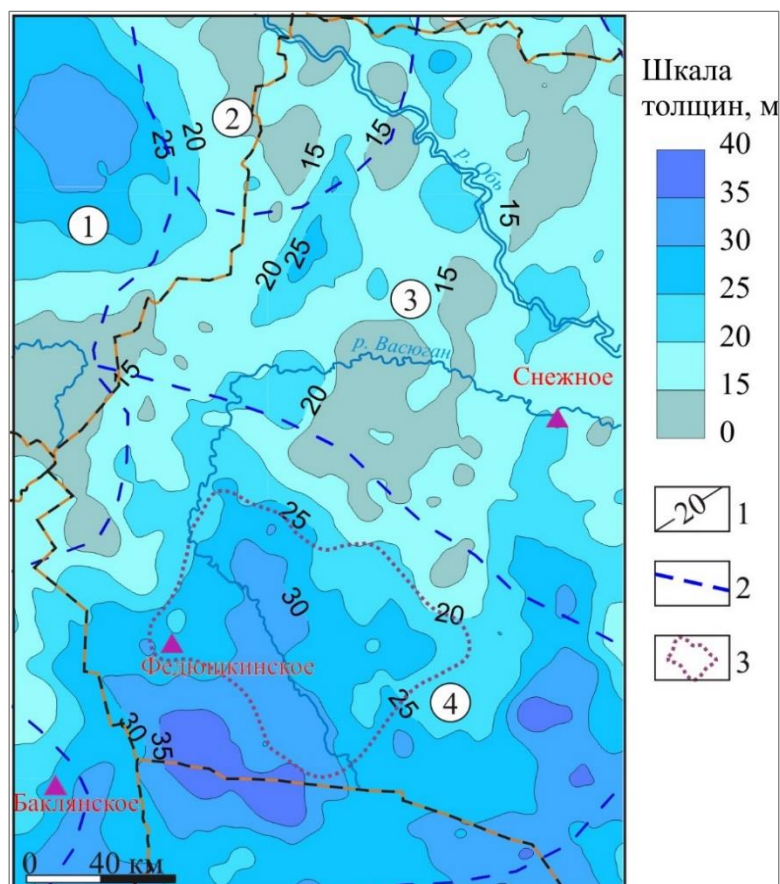


Рис. 6. Карта современных толщин баженовской свиты

1 – изопахиты баженовской свиты, м; 2 – границы распространения типов разреза (в кружках наименования типов разреза: 1 – Сальмский, 2 – Нижневартровский, 3 – Вахский, 4 – Нюрольский); 3 – зона распространения нижней пачки баженовской свиты, являющейся флюидоупором; остальные условные на рис. 1.

Таким образом, в пределах изучаемой территории толщины баженовской свиты более 15 м наиболее широко распространены в южной части, в пределах территории Нюрольского типа разреза. В её центральной части оконтурена зона, где преимущественно глинистая нижняя часть баженовской свиты может являться флюидоупором.

Толщины углеродистых пород

На изучаемой территории современные концентрации $C_{орг}$ в породах баженовской свиты изменяются от 6 до 11% (рис. 7А).

Анализ распределения в баженовской свите толщин пород с современными концентрациями $C_{орг}$ более 7% (рис. 7Б, В) показал, что наибольшие значения указанного параметра сосредоточены в пределах Нюрольской мегавпадины, где выделена зона их распространения.

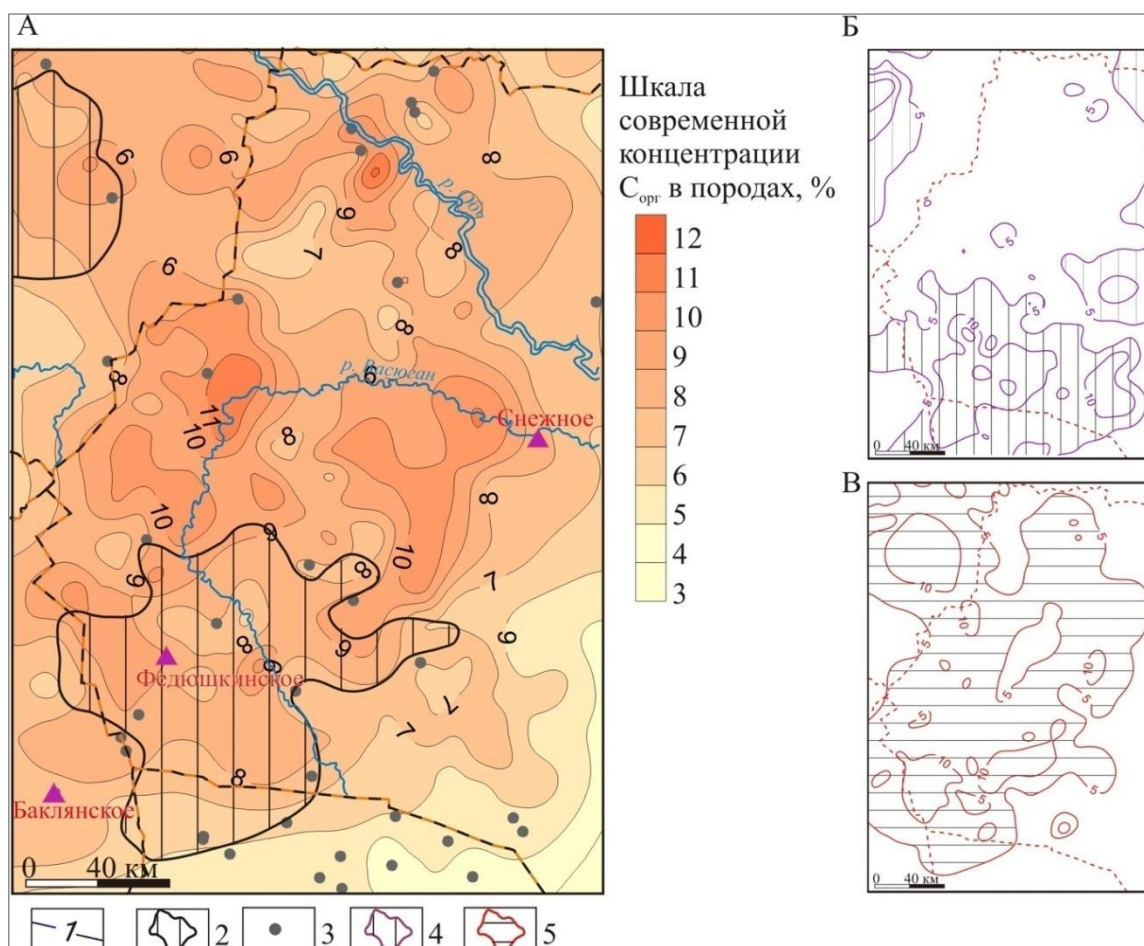


Рис. 7. Карты распределения средних концентраций $C_{орг}$ в породах баженовской свиты (А) и толщин более 5 м пород с концентрацией $C_{орг}$ 7-10% (Б) и более 10% (В)

1 – изогипсы современной концентрации $C_{орг}$ в породах, %; 2 – зона толщин более 5 м пород с $C_{орг}$ более 7%; 3 – скважины, в которых распределение $C_{орг}$ в разрезе свиты определено по ГИС с учетом геохимических данных; 4 – зоны суммарных толщин более 5 м пород с содержанием $C_{орг}$ 7-10%, 5 – зоны суммарных толщин более 5 м пород с содержанием $C_{орг}$ более 10%. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

Катагенез органического вещества

На большей части изучаемой территории, согласно работе [Катагенез органического вещества..., 2011], выделяется зона с уровнем зрелости ОВ градации $МК_1^1$. Зоны и участки с более высоким катагенезом (градация $МК_1^2$) установлены в пределах Александровского свода, Колтогорского прогиба, Черемшанской седловины, западной части Усть-Тымской мегавпадины, северной и южной частей Нюрольской мегавпадины. Участки с уровнем зрелости ОВ баженовской свиты градации $МК_2$ выявлены в центральных частях Черемшанской седловины, северной и южной частях Нюрольской мегавпадины.

Катагенез градаций $МК_1$ и $МК_2$ соответствует этапу наиболее интенсивной генерации битумоидов и УВ-газов из ОВ в главной зоне нефтеобразования [Конторович, Трофимук, 1976]. Распределение значений катагенеза отражает историю тектонического развития осадочного чехла. Согласно опубликованным материалам [Рыжкова, 2009; Конторович и др.,

2011б], Ньюрольская мегавпадина, в пределах которой на изучаемой территории установлены высокие значения катагенеза ОВ баженовской свиты, наиболее длительное время находится в главной зоне нефтеобразования - около 90 млн. лет.

Толщины подстилающего флюидоупора

На большей части территории исследования толщина георгиевской свиты не превышает 1 м (рис. 8). В пределах восточного склона Каймысовского свода, Черемшанской мегаседловины, отдельных участков Александровского и Среднеवासюганского сводов толщина составляет менее 0,5 м. На этих территориях свита представлена алевролитами с глауконитом и фосфоритом, которые перекрываются известково-алевритовыми породами [Эдер, 2006].

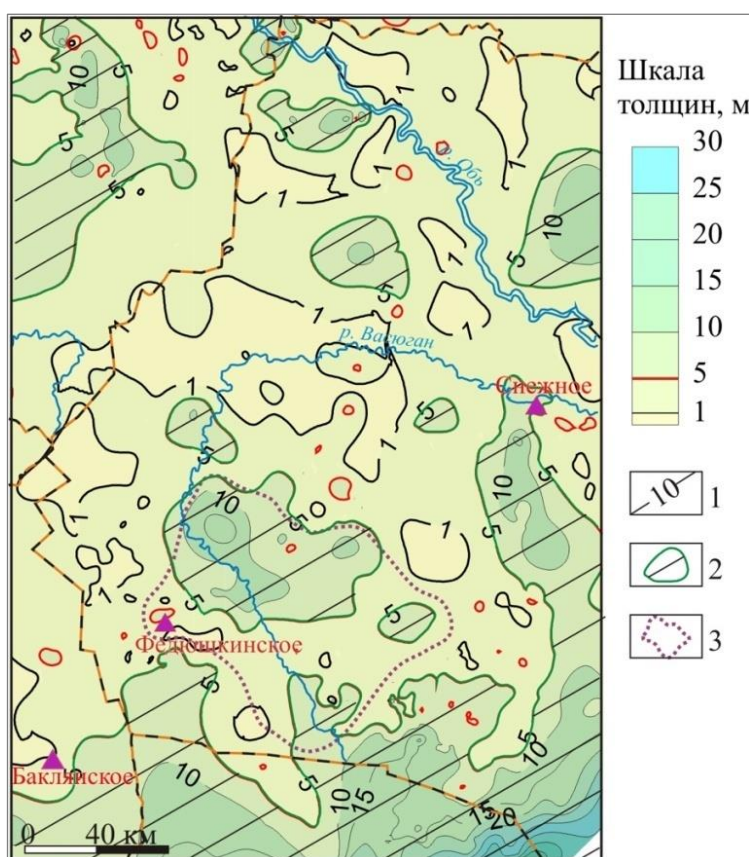


Рис. 8. Карта толщин подстилающего флюидоупора

1 – изопахиты глинистых пород георгиевской свиты, м; 2 – зоны толщин более 5 м глинистых пород георгиевской свиты; 3 - зона распространения нижней преимущественно глинистой пачки баженовской свиты. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

На общем фоне низких значений толщин георгиевской свиты выделяется несколько зон, в пределах которых толщина увеличивается до 5 м иногда 10 м и более. Наиболее обширная по площади зона толщин (от 5 до 17 м) георгиевской свиты расположена в северной части Ньюрольской мегавпадины.

Как упоминалось выше, на территории распространения Ньюрольского типа разреза выделена зона, в пределах которой нижняя часть баженовской свиты может являться флюидоупором (см. рис. 8). Учитывая её среднюю толщину около 4 м, общая толщина подстилающего флюидоупора в указанной зоне составляет в среднем более 9 м, достигая на локальных участках до 19 м.

В южной части территории исследования толщина георгиевской свиты достигает 20 м (Пограничная, Пешковская площади). При толщине от 4 до 10 м свита сложена плотными, крепкими аргиллитами и алевролитами, содержание последних - около 25-30%. С увеличением толщины от 10 до 20 м возрастает карбонатность глинистой составляющей (до 20%). При толщине более 20 м горизонт представлен аргиллитами с прослоями известняков. На востоке территории исследования толщина георгиевской свиты не превышает 15 м.

Таким образом, подстилающий флюидоупор толщиной более 5 м в северной части территории исследования представлен глинистыми, с прослоями карбонатов, породами георгиевской свиты толщиной до 14 м, в центральной – глинистыми породами георгиевской свиты и нижней части баженовской свиты толщиной до 19 м, в восточной - алеврито-глинистыми породами георгиевской свиты толщиной до 12 м, а в южной – алеврито-глинистыми породами георгиевской свиты толщиной до 20 м.

Толщины перекрывающего флюидоупора

Перекрывающий флюидоупор баженовского резервуара на исследуемой территории представлен подачимовской пачкой куломзинской свиты, а в зонах её отсутствия всей куломзинской свитой (рис. 9).

В северной части территории в пределах Нижневартовского свода толщина подачимовской пачки не превышает 6-8 м. Восточнее в пределах Александровского свода она составляет 50-60 м. В южной части на Каймысовском своде толщина подачимовской пачки - 50-60 м, увеличиваясь в восточном направлении на Средне-Васюганском валу и Чузикско-Чижапской седловине до 80-90 м.

В зонах отсутствия ачимовской толщи толщина перекрывающего флюидоупора составляет 300-400 м (см. рис. 9). Такие зоны выделяются в пределах Ньюрольской мегавпадины и Колтогорского прогиба, где их ширина достигает 60 км.

Керновым материалом подачимовская пачка, как и вся куломзинская свита, охарактеризована плохо. В зонах отсутствия ачимовской пачки отмечено развитие преимущественно глинистых пород с очень незначительной примесью алевролитов. В пределах распространения ачимовской пачки доля алевролитов в подачимовской пачке увеличивается вверх по разрезу.

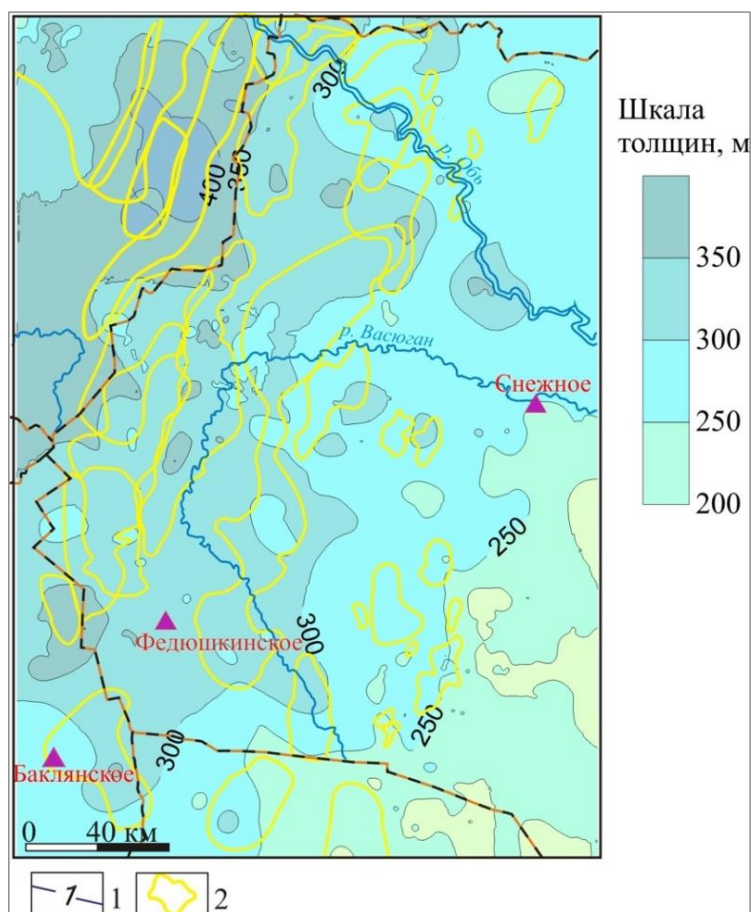


Рис. 9. Карта толщин перекрывающего флюидоупора

1 – изопакиты глинистых пород куломзинской и мегинской свит, м; 2 – зоны распространения песчаников ачимовской толщи (по [Геологическое строение..., 2006] с дополнениями). Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

Таким образом, в пределах Нюрольской мегавпадины и Колтогорского прогиба, а также структур, расположенных восточнее, толщина и преимущественно глинистый состав пород свидетельствует о высоком качестве перекрывающего флюидоупора. В восточной части Колтогорского прогиба и в пределах Александровского свода, вследствие активизации тектонических процессов в коньяк-раннепалеоценовое и кайнозойское время, целостность флюидоупора нарушена дизъюнктивными нарушениями [Конторович и др., 2011а].

Современные пластовые температуры и давление

Распределение пластовых температур в породах баженовской свиты на изучаемой территории приведено на рис. 10. Повышенные значения температур (более 85⁰С) характерны для наиболее погруженных участков (или крупных отрицательных структур, которые выделяются) в рельефе кровли баженовской свиты.

В Нюрольской мегавпадине указанные температуры выявлены на Восточно-Моисеевской, Глуховской, Западно-Квензерской, Игольской, Поньжевой, Поселковой,

Федюшкинской и Южно-Фестивальной площадях. В пределах Колтогорского прогиба и западной части Усть-Тымской мегавпадины повышенные пластовые температуры пород бажендовской свиты отмечены на существенно меньшем количестве локальных поднятий: на Саймовской и Александровской площадях и Киев-Еганской, Лесной и Трассовой площадях, соответственно.

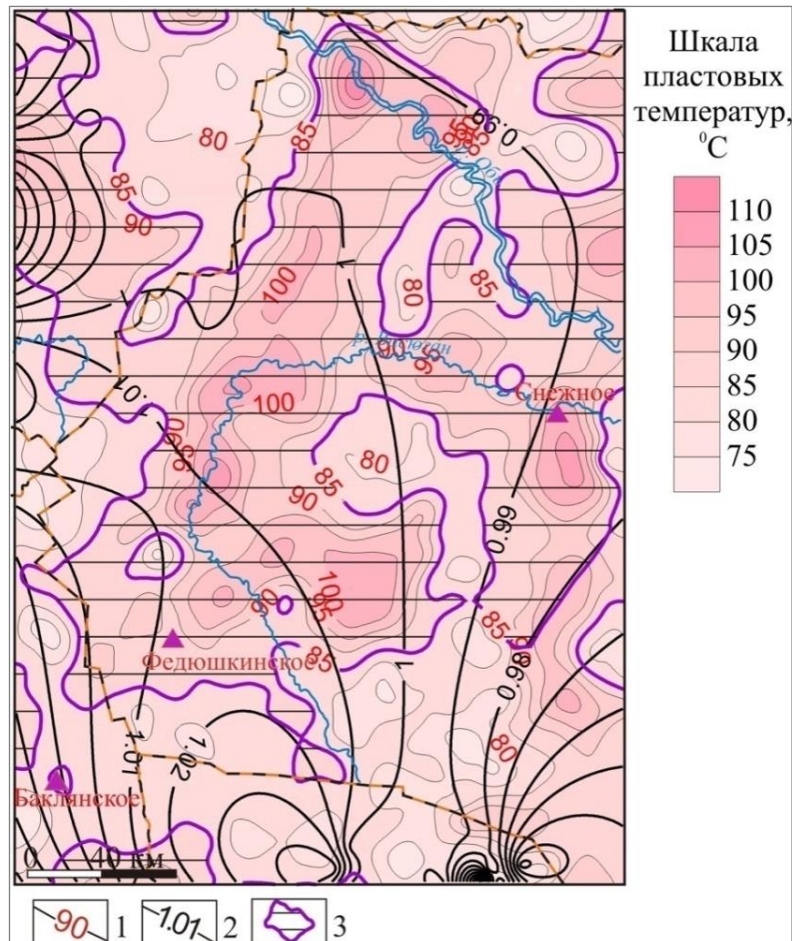


Рис. 10. Карта распределения пластовых давлений и температур пород бажендовской свиты
1 – изотермы, °С; 2 – K_a , у.е.; 3 – перспективные зоны по значениям пластовых температур и давлений. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1.

Распределение значений K_a пластовых давлений согласуется с катагенезом ОВ. Увеличение значений на Восточно-Моисеевской, Глуховской, Западно-Квензерской и Южно-Фестивальной площадях наблюдается в зонах катагенеза ОВ бажендовской свиты градации MK_1^2 и MK_2 .

На основе анализа приведенных материалов в пределах территории исследования выделена зона, которая характеризуется пластовыми температурами пород бажендовской свиты более 85°C и коэффициентом пластовых давлений K_a от 0,98 до 1,1.

Прогноз нефтеносности баженовской свиты

Наличие промышленных скоплений нефти в трещинно-поровых (листоватых по Ф.Г. Гулари) коллекторах баженовской свиты определяется комплексом следующих условий: способностью генерировать УВ в количествах, превышающих некоторую критическую массу, высокой степенью изолированности генерирующей толщи, нагревом всей системы до температур, отвечающих необходимому увеличению объема генерированных УВ, способностью высокоуглеродистой толщи расслаиваться под напором возникающих в ней флюидов и образовывать листоватые коллекторы достаточной емкости и проницаемости.

На основе комплексного анализа результатов, полученных при характеристике каждого критерия в отдельности, выделены перспективные зоны двух категорий (рис. 11).

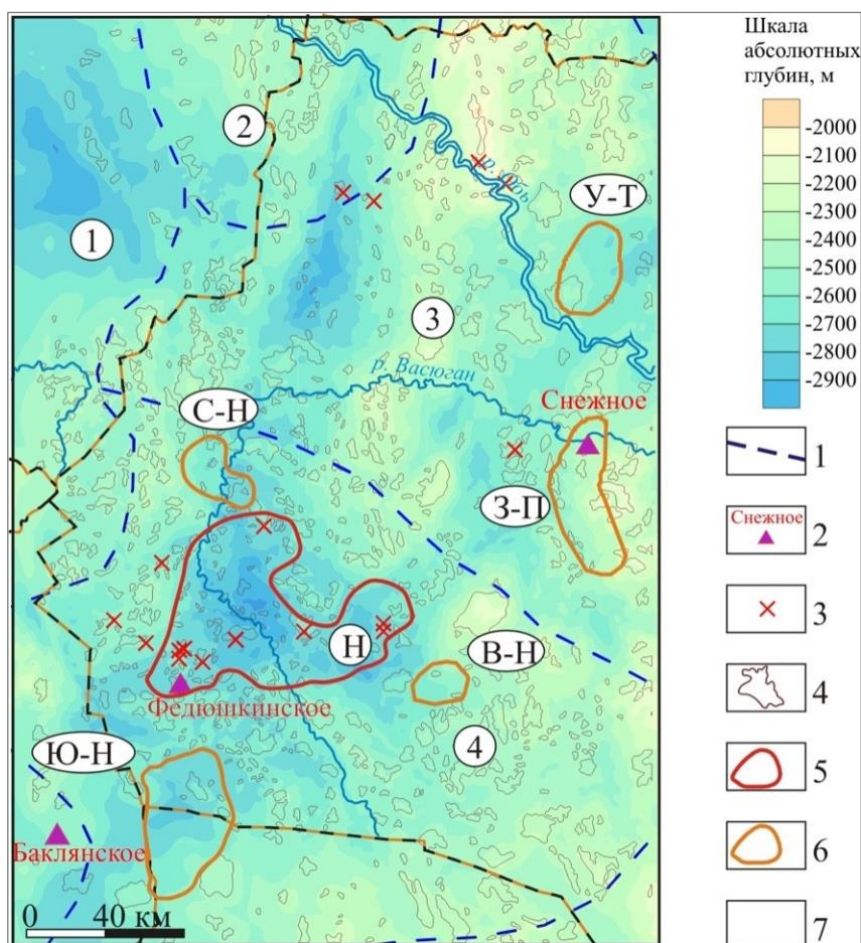


Рис. 11. Карта прогноза нефтеносности продуктивного горизонта Ю₀ баженовского резервуара в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции

1 – типы разреза баженовского горизонта (в кружках: 1 – Салымский, 2 – Нижневартовский, 3 – Вахский, 4 – Нюрольский); 2 – месторождения в составе, которых выявлены залежи в Ю₀; 3 – скважины, в которых при испытании в колонне получены притоки нефти из баженовской свиты; 4 – локальные поднятия, выделенные по структурной карте кровли юрских отложений (ИНГГ СО РАН, 2016); перспективные зоны (наименования в кружках): 5 – 1-ой категории (Н – Центрально-Нюрольская), 6 – 2-ой категории (С-Н – Северо-Нюрольская, В-Н – Восточно-Нюрольская, Ю-Н – Южно-Нюрольская, 3-П – Западно-Парабельская, У-Т – Усть-Тымская); остальные условные обозначения на рис. 1.

Зона 1-ой категории оконтурена в Центрально-Нюрольской мезовпадине. В ее пределах толщина пород баженовской свиты достигает 30 м, толщина пород с $C_{орг} > 7\%$ - от 5 до 10 м и более; толщина подстилающего флюидоупора - от 9 до 19 м, современные пластовые температуры пород - 108°C , а давления - близкие к гидростатическим (K_a около 1,01). Согласно выполненной оценке плотность ресурсов на этой территории изменяется в пределах 100-300 тыс. т/км² [Конторович и др., 2019б].

К зонам 2-ой категории отнесены пять участков (Северо-Нюрольский, Восточно-Нюрольский, Южно-Нюрольский, Усть-Тымский и Западно-Парабельский). Плотность ресурсов на этих участках изменяется в пределах 50-100 тыс. т/км².

Заключение

В ходе проведенных исследований получены следующие результаты.

Выделен Нюрольский тип разреза баженовской свиты, который распространен в пределах Нюрольской мезовпадины и прилегающих с юго-востока положительных тектонических элементов.

Предложена модель строения баженовского резервуара для юго-восточных районов ЗСНГП.

На примере залежи в горизонте Ю₀ Федюшкинского месторождения рассмотрены критерии нефтеносности баженовского резервуара: толщина пород баженовской свиты, толщина пород с содержанием $C_{орг} > 7\%$, катагенез ОБ, толщина подстилающего и перекрывающего флюидоупоров, современные пластовые температуры пород и пластовые давления в баженовской свите.

На основе комплексного анализа материалов, отвечающих вышеперечисленным критериям, выделены перспективные зоны двух категорий. К территории 1-ой категории (наиболее перспективной) отнесена Центрально-Нюрольская зона, ко 2-ой - Северо-Нюрольская, Восточно-Нюрольская, Южно-Нюрольская, Западно-Парабельская и Усть-Тымская зоны. В пределах зоны 1-ой категории баженовская свита охарактеризована современными детальными литологическими, геохимическими и петрофизическими исследованиями, также имеется модель резервуара, составленная по геологическим материалам выявленной в её пределах залежи в горизонте Ю₀.

В пределах Центрально-Нюрольской зоны сейсморазведочными работами выявлен ряд локальных поднятий, которые при дополнительных исследованиях (анализ дизъюнктивных нарушений для уточнения качества перекрывающего флюидоупора) можно рекомендовать к поисковому бурению. В зонах 2-ой категории требуется проведение современных детальными литологических, геохимических и петрофизических исследований для уточнения строения

баженовской свиты.

Работа выполнена при поддержке проектов ФНИ № 0331-2019-0019, № 0331-2019-0021 и № 0266-2019-0006.

Авторы выражают большую благодарность академику А.Э. Конторовичу за постановку темы исследования, к.г.-м.н. В.Г. Эдер за конструктивное обсуждение полученных результатов и к.г.-м.н. В.А. Казаненкову за подробный анализ рукописи статьи и ценные замечания.

Литература

Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А., Коробова Н.И., Корост Д.В., Соболева Е.В., Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Шарданова Т.А. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 48- 61.

Брадучан Ю.В., Гольберт А.А., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Булынникова С.П., Климова И.Г., Месежников М.С., Вячкилева Н.П., Козлова Г.Э., Лебедев А.И., Нальняева Т.И., Турбина А.С. Баженовский горизонт Западной Сибири // Тр. ИГиГ СО АН СССР. – 1986. - Вып. 649. - 216 с.

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

Гурари Ф.Г. Доманикиты и их нефтегазоносность // Советская геология. – 1981. – № 11. - С. 3-12.

Гурари Ф.Г. Региональный прогноз промышленных скоплений углеводородов в доманикитах // Геология нефти и газа. – 1984. – № 2. – С. 1-5.

Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Баженовская свита на юго-востоке Западной Сибири - особенности состава и условий формирования // Осадочная геология Урала и прилежащих регионов: сегодня и завтра: материалы 12 уральского литологического совещания (г. Екатеринбург, 22-26 октября 2018 г.). – 2018. – С. 100-102.

Замирайлова А.Г., Эдер В.Г., Костырева Е.А. Литологическая и геохимическая характеристика баженовской свиты на северо-западе Томской области (Александровский свод) // Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей: материалы IX Всероссийского литологического совещания (с международным участием) (г. Казань, 30 сентября - 3 октября 2019 г.). – 2019. – С. 145-146.

Зубков М.Ю., Сонич В.П., Зарипов О.Г. Геологические и литолого-геохимические критерии промышленной нефтеносности отложений баженовской свиты Западной Сибири // Проблемы нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири: сборник научных трудов ИГиРГИ. – М., 1986. – С. 5-14.

Калмыков Г.А., Балушкина Н.С., Белохин В.С., Билибин С.И., Дьяконова Т.Ф., Исакова Т.Г. Пустотное пространство пород баженовской свиты и насыщающие его флюиды // Недропользование XXI век. – 2015. – № 1. – С. 64-71.

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

Конторович А.Э., Богородская Л.И., Борисова Л.С., Буриштейн Л.М., Исмагилов З.Р., Ефимова О.С., Костырева Е.А., Лемина Н.М., Рыжкова С.В., Созинов С.А., Фомин А.Н., Лившиц В.Р. Геохимия и катагенетические превращения керогена баженовского горизонта // Геохимия. – 2019а. – Т. 64. – № 6. – С. 585-593.

Конторович А.Э., Буриштейн Л.М., Лившиц В.Р., Рыжкова С.В. Главные направления развития нефтяного комплекса России в первой половине XXI века // Вестник РАН. – 2019б. – Т. 89. – № 11. – С. 1095-1104.

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. - 2018а. - Т.59. - №3. - С. 357-371.

Конторович А.Э., Родякин С.В., Буриштейн Л.М., Костырева Е.А., Рыжкова С.В., Ян П.А. Пористость и нефтенасыщенность пород баженовской свиты // Геология нефти и газа. - 2018б. - № 5. - С. 61-73.

Конторович А.Э., Трофимук А.А. Литогенез и нефтегазообразование // Горючие ископаемые. Проблемы геологии и геохимии нефтидов и битуминозных пород. - М.: Наука, 1976. - С. 19-36.

Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 11. – С. 2034-2043.

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., Лапковский В.В., Соловьев М.В., Бахарев А.Н. Тектоника и нефтегазоносность центральной части Александровского свода // Геология нефти и газа. - 2011а. - № 5. - С. 119-127.

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 мегавападины // Геология и геофизика. – 2011б. – Т. 52. – № 8. – С. 1075-1091.

Лебедев Б.А., Дорофеева Т.В., Краснов О.Г., Лебедева Г.В., Петрова Г.В. Вещественный состав и природа емкости глинисто-сапропелево-кремнистых нефтеносных отложений баженовской свиты (верхняя юра) Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые. – 1979. – № 2. – С. 90-101.

Микуленко К.И. Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты // Геология и нефтегазоносность Сибири. Труды СНИИГГИМСа. - 1974. - Вып. 194. - С. 37-41.

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

Рыжкова С.В. История развития юрского структурного яруса и нефтегазоносность

южных районов Обь-Иртышского междуречья // Геология нефти и газа. - 2009. - №1. - С.54-63.

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

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. - 2020. - Т.61. - №3. - С.409-421.

Скоробогатов В.А., Краснов С.Г. Некоторые критерии перспектив нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа. - 1984. - № 3. - С. 15-19.

Фенин Г.И. Аномальные пластовые давления в зонах углеводородонакопления нефтегазоносных бассейнов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2010. - Т.5. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2010.pdf

Эдер В.Г. Некоторые типы разрезов верхнеюрских баженовской и георгиевской свит Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47. – № 6. – С. 746-754.

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Ян П.А. Закономерности распространения кремнистых пород и «кокколитовой» пачки баженовской свиты // Геология и геофизика. - 2017. - Т.58. - №3-4. - С. 511-521.

Ryzhkova S.V.

Federal State Budgetary Scientific Institution Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS); Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia, RyzhkovaSV@ipgg.sbras.ru

Ponomareva E.V., Zamiraylova A.G.

Federal State Budgetary Scientific Institution Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia, PonomarevaEV@ipgg.sbras.ru, ZamiraylovaAG@ipgg.sbras.ru

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

For the South-Eastern regions of the West Siberian oil and gas province, a model of the structure of the Bazhenov reservoir and criteria for selecting areas that are promising for detecting oil accumulations in the productive level of the South-West Bazhenov Formation are proposed. According to the our criteria, the following characteristics of the object of research are given: the thickness of rocks of the Bazhenov Formation, the thickness of rocks with a C_{org} content > 7%, catagenesis degree of organic matter, the thickness of the underlying and overlying fluid barriers, current reservoir temperatures of rocks and reservoir pressures in the Bazhenov Formation. Based on a comprehensive analysis of the materials that characterize the above criteria, promising zones of two categories are identified. The Central-Nyurok zone is assigned to the 1st category (the most promising), and the North-Nyurok, East-Nyurok, South-Nyurok, West-Parabel, and Ust-Tym zones are assigned to the 2nd category.

Keywords: hydrocarbon potential, structure model of the Bazhenov reservoir, Bazhenov Formation, Western Siberia.

References

Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Kiryukhina T.A., Korobova N.I., Korost D.V., Soboleva E.V., Stupakova A.V., Fadeeva N.P., Khamidullin R.A., Shardanova T.A. *Zakonomernosti stroeniya bazhenovskogo gorizonta i verkhov abalakskoy svity v svyazi s perspektivami dobychi nefi* [Constancies of the structure of the Bazhenov level and the upper reaches of the Abalak Formation in connection with oil production prospects]. *Geologiya nefi i gaza*, 2013, no.3, pp.48-61.

Braduchan Yu.V., Gol'bert A.A., Gurari F.G., Zakharov V.A., Bulynnikova S.P., Klimova I.G., Mesezhnikov M.S., Vyachkileva N.P., Kozlova G.E., Lebedev A.I., Nal'nyaeva T.I., Turbina A.S. *Bazhenovskiy gorizont Zapadnoy Sibiri* [Bazhenov Formation of Western Siberia (stratigraphy, paleogeography, ecosystem, oil content)]. *Trudy IGIG SO AN SSSR*, 1986, no. 649, 216 p.

Eder V.G. *Nekotorye tipy razrezov verkhneyurskikh bazhenovskoy i georgievskoy svit Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya* [Some types of sections of the Upper Jurassic Bazhenov and Georgiev Formations of the Ob-Irtys interfluve]. *Geologiya i geofizika*, 2006, vol. 47, no.6, pp. 746-754.

Eder V.G., Zamiraylova A.G., Yan P.A. *Zakonomernosti rasprostraneniya kremnistykh porod i «kokkolitovoy» pachki bazhenovskoy svity* [The constancies of the distribution of siliceous mudstones and "coccolithic" member of the Bazhenov Formation]. *Geologiya i geofizika*, 2017, vol.58, no.3-4, pp.511-521.

Fenin G.I. *Anomal'nye plastovye davleniya v zonakh uglevodorodonakopleniya neftegazonosnykh basseynov* [Anomalous reservoir pressure in the zones of hydrocarbon accumulation oil and gas bearing basins]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2010, vol.5, no.4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2010.pdf

Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' verkhneyursko-nizhnemelovykh otlozheniy yugovostoka Zapadno-Sibirskoy plity (Tomskaya oblast') [Geological structure and oil and gas potential of the upper Jurassic- Lower Cretaceous sections of the South-East of the West Siberian plate (Tomsk region)]. E.E. Danenberg, V.B. Belozеров, N.A. Brylina. Tomsk: Izd-vo TPU, 2006, 291 p.

Gurari F.G. *Domanikity i ikh neftegazonosnost'* [Domanikites and their oil and gas potential]. Sovetskaya geologiya, 1981, no.11, pp. 3-12.

Gurari F.G. *Regional'nyy prognoz promyshlennykh skopleniy uglevodorodov v domanikitakh* [Regional forecast of industrial accumulations of hydrocarbons in domanikites]. Geologiya nefi i gaza, 1984, no. 2, pp. 1-5.

Kalmykov G.A., Balushkina N.S., Belokhin V.S., Bilibin S.I., D'yakonova T.F., Isakova T.G. *Pustotnoe prostranstvo porod bazhenovskoy svity i насышchayushchie ego flyuidy* [Void space of rocks of the Bazhenov Formation and its saturating fluids]. Nedropol'zovanie XXI vek, 2015, no.1, pp. 64-71.

Katagenez organicheskogo veshchestva i neftegazonosnost' mezozoyskikh i paleozoyskikh otlozheniy Zapadno-Sibirskogo megabasseyna [Catagenesis of organic matter and oil-and-gas of the Mesozoic and Paleozoic deposits of the Western Siberian Megabasin]. A.N. Fomin; editor A.E. Kontorovich. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2011, 331 p.

Kontorovich A.E., Bogorodskaya L.I., Borisova L.S., Burshteyn L.M., Ismagilov Z.R., Efimova O.S., Kostyreva E.A., Lemina N.M., Ryzhkova S.V., Sozinov S.A., Fomin A.N., Livshits V.R. *Geokhimiya i katageneticheskie prevrashcheniya kerogena bazhenovskogo gorizonta* [Geochemistry and catagenetic transformations of Bazhenov level kerogen]. Geokhimiya, 2019a, vol.64, no.6, pp. 585-593.

Kontorovich A.E., Burshteyn L.M., Livshits V.R., Ryzhkova S.V. *Glavnye napravleniya razvitiya neftyanogo kompleksa Rossii v pervoy polovine XXI veka* [Main directions of development of the oil bearing areas of Russia in the first half of the twenty-first century]. Vestnik RAN, 2019b, vol. 89, no.11, pp. 1095-1104.

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. *Raspreделение organicheskogo veshchestva v porodakh bazhenovskogo gorizonta* [Distribution of organic matter in the Bazhenov Formation (Western Siberia)]. Geologiya i geofizika, 2018a, vol. 59, no. 3, pp. 357-371. DOI: <https://doi.org/10.15372/GiG20180307>

Kontorovich A.E., Rodyakin S.V., Burshteyn L.M., Kostyreva E.A., Ryzhkova S.V., Yan P.A. *Poristost' i neftenасышchennost' porod bazhenovskoy svity* [Porosity and oil saturation of the Bazhenov formation]. Geologiya nefi i gaza, 2018b, no.5, pp. 61-73.

Kontorovich A.E., Trofimuk A.A. *Litogenez i nefteгазообразование* [Lithogenesis and oil and gas formation]. Goryuchie iskopaemye. Problemy geologii i geokhimmii naftidov i bituminoznykh porod. Editor N.B. Vassoevich. Moscow: Nauka, 1976, p. 19-36.

Kontorovich A.E., Yan P.A., Zamiraylova A.G., Kostyreva E.A., Eder V.G. *Klassifikatsiya porod bazhenovskoy svity* [Classification of rocks of the Bazhenov Formation]. Geologiya i geofizika, 2016, vol. 57, no. 11, pp. 2034-2043. DOI: <https://doi.org/10.15372/GiG20161106>

Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E., Krasavchikov V.O., Kontorovich A.A., Suprunenko O.I. *Tektonicheskoe stroenie i istoriya razvitiya Zapadno-Sibirskoy geosineklizy v mezozoe i kaynozoe* [Tectonic structure and history of evolution of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic]. Geologiya i geofizika, 2001, vol. 42, pp. 1832-1845.

Kontorovich V.A., Kalinina L.M., Lapkovskiy V.V., Solov'ev M.V., Bakharev A.N. *Tektonika i neftegazonosnost' tsentral'noy chasti Aleksandrovskogo svoda* [Tectonics and oil and gas potential of the central part of the Alexander arch]. Geologiya nefi i gaza, 2011a, no.5, pp. 119-127.

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

Lebedev B.A., Dorofeeva T.V., Krasnov O.G., Lebedeva G.V., Petrova G.V. *Veshchestvennyy sostav i priroda emkosti glinisto-sapropel'no-kremnistykh neftenosnykh otlozheniy bazhenovskoy svity (verkhnyaya yura) Zapadnoy Sibiri* [Material composition and nature of the reservoir of clay-sapropel-siliceous oil-bearing sections of the Bazhenov Formation (Upper Jurassic) Western Siberia].

Litologiya i poleznye iskopaemye, 1979, no.2, pp. 90-101.

Mikulenko K.I. *Perspektivy neftegazonosnosti otlozheniy bazhenovskoy svity tsentral'nykh i yuzhnykh rayonov Zapadno-Sibirskoy plity* [Prospects of oil and gas potential of Bazhenov Formation accumulations in the central and southern regions of the West Siberian plate]. *Geologiya i neftegazonosnost' Sibiri*. Trudy SNIIGGIMSa, 1974, issue 194, pp. 37-41.

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

Ryzhkova S.V. *Istoriya razvitiya yurskogo strukturnogo yarusa i neftegazonosnost' yuzhnykh rayonov Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya* [History of development of the Jurassic structural stage and oil and gas potential of the southern regions of the Ob-Irtys interfluvium]. *Geologiya nefti i gaza*, 2009, no.1, pp.54-63.

Ryzhkova S.V., Burshteyn L.M., Ershov S.V., Kazanenkov V.A., Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Nekhaev A.Yu., Nikitenko B.L., Fomin M.A., Shurygin B.N., Beyzel' A.L., Borisov E.V., Zolotova O.V., Kalinina L.M., Ponomareva E.V. *Bazhenovskiy gorizont Zapadnoy Sibiri: stroenie, korrelyatsiya i tolshchiny* [The Bazhenov Formation of Western Siberia: structure, correlation, and thickness]. *Geologiya i geofizika*, 2018, vol. 59, no. 7, pp. 1053-1074. DOI: <https://doi.org/10.15372/GiG20180709>

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* [Facial-stratigraphical zonation of the Callovian-Kimmeridgian sections of the West Siberian sedimentary Basin]. *Geologiya i geofizika*, 2020, vol.61, no.3, pp. 409-421.

Skorobogatov V.A., Krasnov S.G. *Nekotorye kriterii perspektiv neftenosnosti bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri* [Some criteria for oil-bearing prospects of the Bazhenov Formation in Western Siberia]. *Geologiya nefti i gaza*, 1984, no.3, pp. 15-19.

Zamiraylova A.G., Eder V.G. *Bazhenovskaya svita na yugo-vostoke Zapadnoy Sibiri - osobennosti sostava i usloviy formirovaniya* [Bazhenov Formation in the South-Eastern of Western Siberia - features of the composition and formation conditions]. *Osadochnaya geologiya Urala i prilozhashchikh regionov: segodnya i zavtra: materialy 12 ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya* (Ekaterinburg, 22-26 Oct 2018). 2018, pp. 100-102.

Zamiraylova A.G., Eder V.G., Kostyreva E.A. *Litologicheskaya i geokhimicheskaya kharakteristika bazhenovskoy svity na severo-zapade Tomskoy oblasti (Aleksandrovskiy svod)* [Lithological and geochemical characteristics of the Bazhenov Formation in the North-Western part of the Tomsk region (Alexander arch)]. *Litologiya osadochnykh kompleksov Evrazii i shel'fovyykh oblastey: materialy IX Vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya (s mezhdunarodnym uchastiem)* (Kazan', 30 Sept - 3 Oct 2019). 2019, pp. 145-146.

Zubkov M.Yu., Sonich V.P., Zaripov O.G. *Geologicheskie i litologo-geokhimicheskie kriterii promyshlennoy neftenosnosti otlozheniy bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri* [Geological and lithological-geochemical criteria of industrial oil-bearing area of the Bazhenov Formation in Western Siberia]. *Problemy neftenosnosti bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri: sbornik nauchnykh trudov IGIRGI*. Moscow, 1986, pp. 5-14.

© Рыжкова С.В., Пономарева Е.В., Замирайлова А.Г., 2020

