

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕНОСНОСТИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

М.Ю. Зубков

ООО «Западно-Сибирский геологический центр», 625002, Тюмень, ул. Сургутская, 11, корп. 4/9, Россия

На основе анализа литературных источников, геолого-геофизических данных и результатов испытаний скважин, вскрывших верхнеюрские отложения, выбран набор критериев, с помощью которых выполнен региональный прогноз нефтеносности баженовской свиты.

Баженовская свита, критерии нефтеносности, региональный прогноз.

THE RESERVOIR POTENTIAL OF THE BAZHENOV FORMATION: REGIONAL PREDICTION

M.Yu. Zubkov

The petroleum potential of the Bazhenov Formation reservoir has been assessed on the regional scale using several criteria inferred from published evidence, available geological and geophysical data, and well logging results from Upper Jurassic reservoirs.

Bazhenov Formation, criteria of reservoir potential, regional prediction

ВВЕДЕНИЕ

Первоначально (в конце 50-х—начале 60-х годов прошлого века) Г.П. Сверчковым, Ф.Г. Гурами, В.П. Казариновым, Ю.К. Мироновым, А.Э. Конторовичем и другими геологами-нефтяниками баженовская свита (БС) рассматривалась как главная нефтематеринская свита в юрско-меловом разрезе Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, а также как региональный флюидоупор, разделяющий юрский и неокомский нефтегазоносные комплексы. Однако уже в 1962 г. Ф.Г. Гурами выдвинул идею о ее вероятной нефтеносности. В 1970 г. авторы работы [Новиков и др., 1970] доказали правильность этого прогноза. Открытие углеводородных (УВ) залежей в БС изменило отношение к ней как только к нефтематеринской толще — она оказалась еще и необычным коллектором, способным содержать в себе УВ залежи [Микуленко, 1974; Гурами, Гурами, 1974; Добрынин, Мартынов, 1979; Нестеров, 1979; Мелик-Пашаев и др., 1979; Халимов, Мелик-Пашаев, 1980; Трофимук, Карогодин, 1981; Зарипов и др., 1982; Дорофеева, 1983; Скоробогатов, 1984; Конторович и др., 1986; Гурами и др., 1988; Ефремов и др., 1988; Зубков, 1989, 2014]. Если к тому же учесть огромную территорию распространения БС (около 1 млн км²), то становится понятным пристальное внимание геологов и нефтяников к этим отложениям.

Наиболее важная и полная фактическая информация о БС, не утратившая своего значения до настоящего времени, содержится в ранних публикациях, подготовленных коллективами авторов Главтюменьгеологии, ЗапСибНИГНИ, ИГиГ СО АН СССР, СНИИГГиМСа, ЗапСибНИИГеофизики, СибНИИИП, ВНИИнефть, ВНИГРИ, МИНХиГП, ИГИРГИ, ВНИИгаз и многих других.

Поэтому в настоящей публикации, посвященной региональному прогнозу нефтеносности БС, использованы фактические материалы именно из этих классических работ, выполненных в период с 1970 по начало 1990 г., дополненные современными новыми данными, собранными автором настоящей публикации за прошедшие 30 лет.

Региональный прогноз нефтеносности отложений БС осуществлялся с использованием главным образом результатов ее испытаний, а также исходя из существовавших в то время представлений о механизме формирования в ней коллектора [Гурами, Гурами, 1974; Дорофеева и др., 1979, 1983; Нестеров, 1979; Трофимук, Карогодин, 1981; Зарипов и др., 1982; Скоробогатов, Краснов, 1984; Конторович и др., 1986; Ефремов и др., 1988; Гурами и др., 1988; Зубков, 1989; и др.].

Ф.Г. Гурами и И.Ф. Гурами [1974] предложили модель образования в ней «листоватого» коллектора в результате флюидоразрыва тонкослоистых отложений генерируемыми керогеном нафтидами. Впоследствии эту модель приняли на вооружение многие другие исследователи [Добрынин, Мартынов, 1979; Дорофеева и др., 1979, 1983; Нестеров, 1979; Трофимук, Карогодин, 1981; Зарипов и др., 1982; Скоробогатов, Краснов, 1984; Ефремов и др., 1988; Гурами и др., 1988; Зубков, 1989]. Исходя из этой модели образования листоватого коллектора, а также основываясь на данных, приведенных в вышепе-

речисленных публикациях, были предложены следующие критерии для оценки региональных перспектив нефтеносности свиты.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Толщина БС. Исходя из модели нефтеносности баженовской свиты, следует допустить, что чем больше толщина свиты, тем при прочих равных условиях больше генерируется УВ, а следовательно, выше ее перспективность. По данным результатов испытаний битуминозных отложений, из которых были получены притоки нефти, они имеют минимальную мощность около 20 м (Мултановское месторождение). Поэтому эта величина (20 м и более) была принята в качестве первого критерия при оценке перспектив нефтеносности свиты (рис. 1, а).

Анализ изменения толщины БС в пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции показал, что, если принять в качестве ее граничного значения обозначенные выше 20 м, то основная площадь ее распространения является перспективной по этому признаку, за исключением нескольких локальных участков в центральной и северной частях Сургутского свода, южной и северной частей Нижневартовского свода, а также на ряде участков в центральной, южной и юго-восточной частях плиты (см. рис. 1, а). Эти участки, скорее всего, какое-то время являлись островами в волжском море и по этой причине на них в этот период не накапливались осадки БС.

Содержание органического вещества в БС. Из общих представлений о генерации УВ следует, что чем выше концентрация ОВ (керогена) в БС, тем больше (при прочих равных условиях) образуется нафтидов и, соответственно, выше перспективы нефтеносности отложений в этих участках. Кроме того, из результатов опробования рассматриваемых отложений следует, что притоки нефти были получены из осадков, среднее содержание ОВ в которых было не менее 10 %. Поэтому эта величина концентрации ОВ была принята в качестве критической. Исходя из этого значения содержания ОВ, можно сделать вывод, что на большей части Западно-Сибирской плиты содержание ОВ превышает величину, принятую в качестве критической (см. рис. 1, б). Исключением являются главным образом периферийные и северные части плиты, где концентрация ОВ в свите является невысокой из-за разбавления ее отложенных терригенными осадками, поступавшими в волжское море с окружающего его континента. Кроме того, значительное снижение концентрации ОВ в составе свиты наблюдается в пределах высокотемпературных участков Салымского месторождения и некоторых площадей Красноленинского района, где происходила интенсивная генерация УВ за счет термодеструкции исходного ОВ [Зубков и др., 1984].

Температура по кровле БС. Следующим критерием, часто используемым при характеристике региональных перспектив нефтеносности БС, является величина ее пластовой температуры ($T_{пл.}$). Большинство исследователей, занимавшихся прогнозом ее нефтеносности, в качестве критической величины $T_{пл.}$ принимают ее значение, равное 100 °С и выше.

Основная часть территорий, оконтуриваемых изотермой 100 °С, находится в западной и северной частях плиты (см. рис. 1, в). Ряд локальных участков, в пределах которых $T_{пл.}$ в кровле БС достигает 100 °С, расположены в центральной части Нижневартовского свода, Александровского мегавала, в северной части Парабельского и Северо-Васюганском мегавалах.

Мощность флюидоупоров, перекрывающих и подстилающих БС. Степень изоляции БС от подстилающих и перекрывающих ее пород-коллекторов также является важным параметром. Большинство авторов, основываясь на результатах геохимических исследований, принимают критическую мощность подстилающих и перекрывающих флюидоупоров, равную не менее 10 м.

Исходя из этого значения, отложения свиты сверху достаточно надежно изолированы от ближайших к ней песчано-алевритовых слоев (см. рис. 1, г). Выделяются лишь небольшие участки, в пределах которых толщина флюидоупоров не превышает 5—10 м. Несколько таких участков известно в центральной и северной частях Сургутского свода, северной половине Нижневартовского свода, на Александровском мегавале, Каймысовском своде и некоторых других территориях. Нередко эти участки территориально совпадают с таковыми, в пределах которых отмечается уменьшение мощности и самой БС (см. рис. 1, а, г).

Снизу БС изолирована гораздо хуже, чем сверху. По этому критерию практически вся центральная и юго-восточная части Западно-Сибирской плиты являются бесперспективными (рис. 2, а). Отмечается лишь ряд локальных участков, где обсуждаемый параметр имеет значения выше критических 10 м. Это южная часть Александровского мегавала с прилегающей частью Колтогорского мегапрогиба и северной частью Средневасюганского мегавала, в северной части Каймысовского свода, южной части Верхнедемьянского мегавала с прилегающими участками. Отмечается ряд территорий, в пределах которых БС непосредственно залегает на васюганских песчаниках. Наиболее крупные из них по площади расположены в южной и юго-восточной части плиты (Верхнедемьянский мегавал, Каймысовский свод с прилегающими районами и юго-восточная часть Нижневартовского свода, центральная часть Алек-

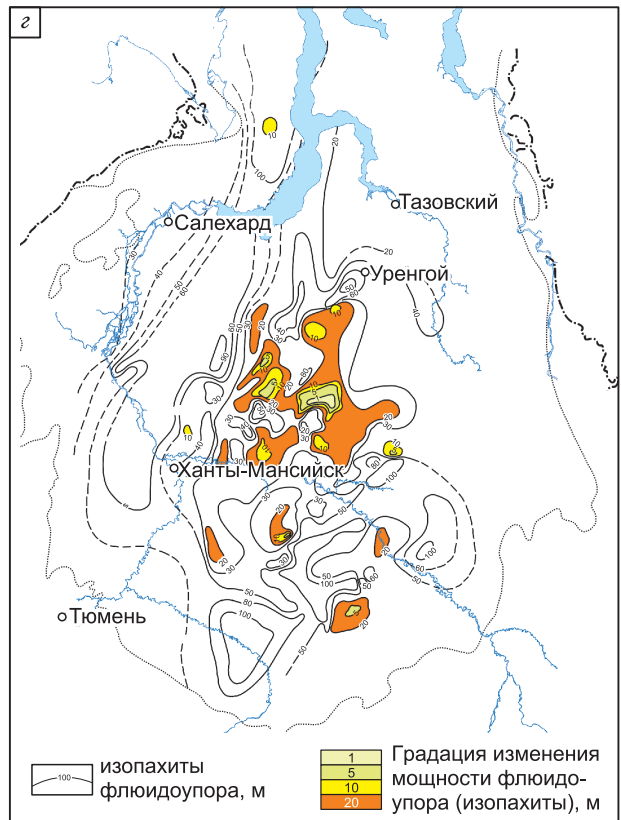
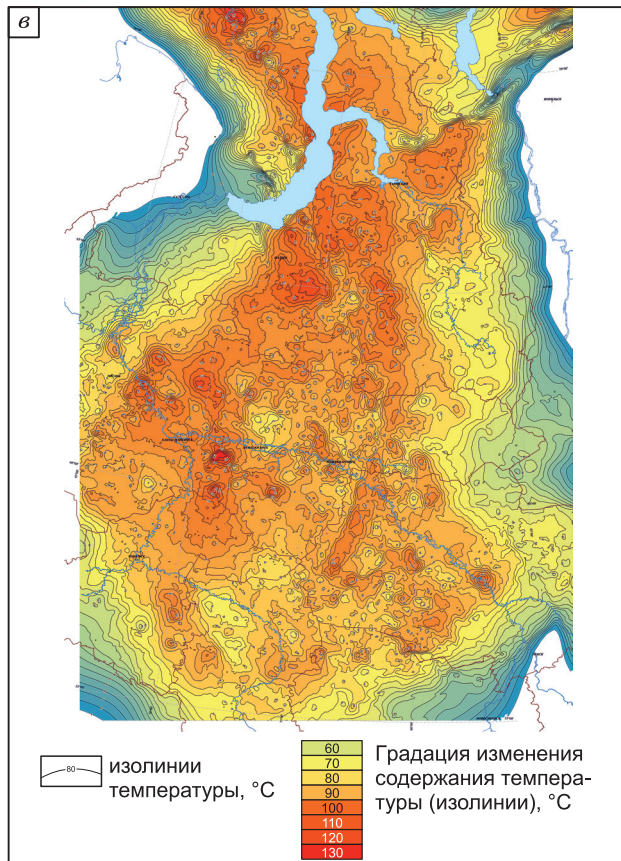
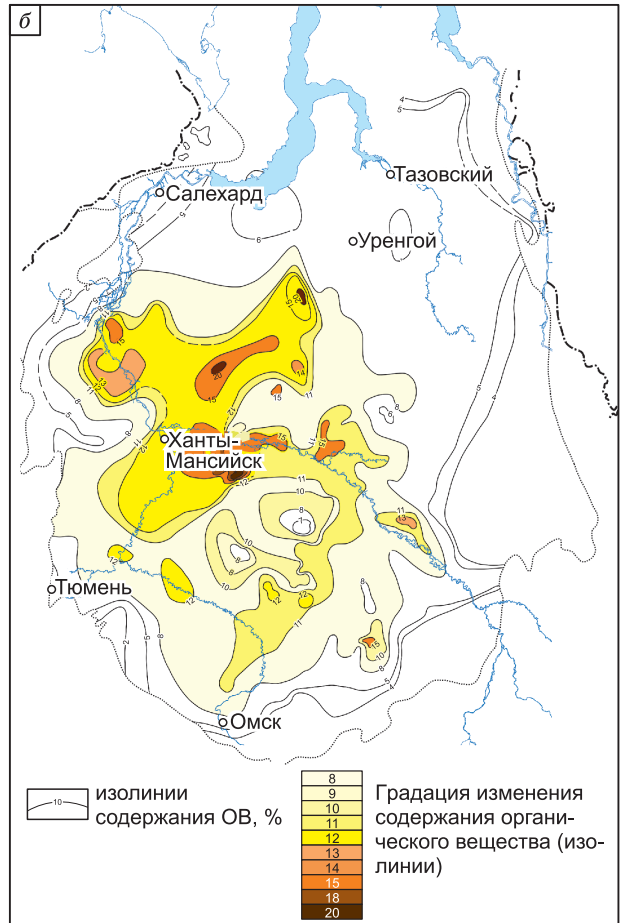
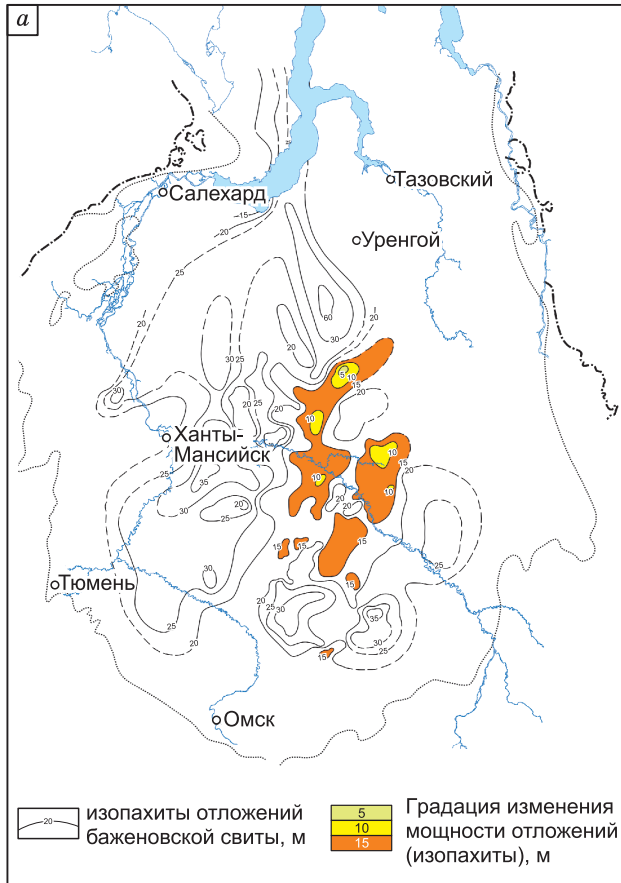


Рис. 1. Критерии, используемые для оценки региональных перспектив отложений баженовской свиты:

a — мощность отложений свиты, по [Зубков, 1984]; *b* — содержание органического вещества, по неопубликованным данным А.Э. Конторовича и А.С. Фомичева; *в* — пластовая температура по кровле свиты, по неопубликованным данным А.Р. Курчикова и А.Г. Плавника; *г* — толщина перекрывающих свиту флюидоупоров, по [Зубков, 1984] с добавлениями. 1 — граница палеозойского обрамления, 2 — граница распространения отложений волжско-берриасского возраста.

сандровского мегавала и далее на восток вплоть до Пыль-Караминского мегавала). Вся западная, северная и прибортовая части плиты перспективны по этому признаку. Граница между надежной и слабой гидродинамической изоляцией отложений свиты снизу протягивается в субмеридиональном направлении вдоль западного склона Сургутского свода и совпадает с таковой распространения пласта Ю₁.

Кажущиеся сопротивления отложений БС. Величина КС отложений свиты определяется главным образом их вещественным составом, битуминозностью и содержанием остаточной воды. Если сопоставить карту-схему распределения величины КС и содержания хлороформенного битумоида в отложениях свиты, то в общих чертах изолинии содержания битумоидов 0.8—1.0 % повторяют изоомы 100—150 Ом · м [Ефремов и др., 1988]. По величине КС можно даже ранжировать площади по степени их битуминозности, а следовательно, и перспективности (см. рис. 2, б). В пределах площадей с доказанной нефтеносностью свиты величина ее КС составляет порядка 200—250 Ом · м и выше [Дорофеева и др., 1979; Зарипов и др., 1982; Ефремов и др., 1988; Гурари и др., 1988]. На месторождении Большой Салым отмечается закономерное увеличение значений КС по мере нарастания содержания в ней битумоидов от 250 до 500—1000 Ом · м и от 1.5 до 3.0 % соответственно [Зубков и др., 1984].

Температура. Изменение $T_{пл.}$ в кровле свиты также в целом напоминает схему распределения значений КС (см. рис. 1, в; рис. 2, б). Так, температурной аномалии на Красноленинском своде соответствуют повышенные значения КС, отмечаемые в этом же районе. Территория Большого Салыма оконтуривается изотермой 100 °С с максимальными значениями КС и $T_{пл.}$ в районе Салымского месторождения. В соседнем Сургутском районе область низких значений КС (менее 200 Ом · м) совпадает с изотермой 80 °С. Из приведенных выше фактов становится очевидным, что битуминозность отложений свиты напрямую связана с температурой, являющейся главным фактором (наряду с концентрацией ОВ в отложениях свиты), определяющим интенсивность генерации керогеном нафтидов, а потому оба этих параметра ($T_{пл.}$ и КС) напрямую связаны друг с другом [Дорофеева и др., 1983; Зубков и др., 1984; Скобогатов, Краснов, 1984; Гурари и др., 1988].

Величина удельной генерации нафтидов в БС. Установленная зависимость между степенью превращения керогена в УВ (нафтиды) и величиной современной $T_{пл.}$ позволила, используя данные о распределении ОВ в составе свиты и $T_{пл.}$, построить карту-схему удельной генерации нафтидов (см. рис. 2, в) [Конторович и др., 1967; Зубков и др., 1984]. В качестве критического значения принята величина, равная 4 усл. ед. и выше. Исходя из полученных данных, наиболее перспективными (с максимальными значениями удельной генерации нафтидов) являются западные районы плиты, в составе которых к максимально перспективным можно отнести Красноленинский свод и расположенные к востоку от него Назымскую и Галяновскую площади, западный склон Сургутского свода, район месторождения Большой Салым с прилегающими территориями, включая Северо-Демьянское (на юге), Приобское, Приразломное месторождения и далее на север — Тортасинский лицензионный участок, Камыньское и, наконец, Ай-Пимское месторождения.

Региональные перспективы нефтеносности БС, земли различных категорий. Путем наложения друг на друга всех полученных карт-схем с выбранными в качестве критериев семью параметрами получается обобщенная сводная прогнозная карта-схема региональных перспектив БС (см. рис. 2, г) [Ефремов и др., 1988]. Земли первой категории, отнесенные к наиболее перспективным, характеризуются полным совпадением в их границах всех выбранных в качестве критериев параметров. Предполагается, что в их пределах из скважин, вскрывших верхнеюрские отложения, можно будет получить наиболее высокодебитные притоки. Эти земли в общих чертах совпадают с границами месторождения Большой Салым.

Земли второй категории — это территории, в пределах которых один из выбранных критериев имеет значения ниже критических. Эти земли окружают территорию, отнесенную к землям первой категории, и простираются в северном направлении. Кроме того, земли этой же категории расположены в пределах Красноленинского свода (см. рис. 2, г). В границах этих территорий возможно получение высоко- и среднедебитных притоков из верхнеюрских отложений.

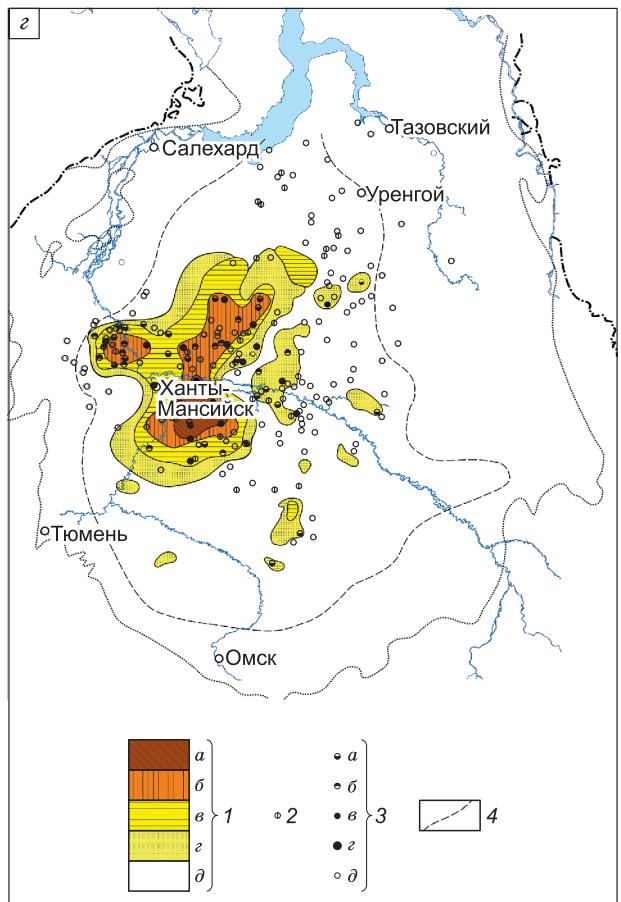
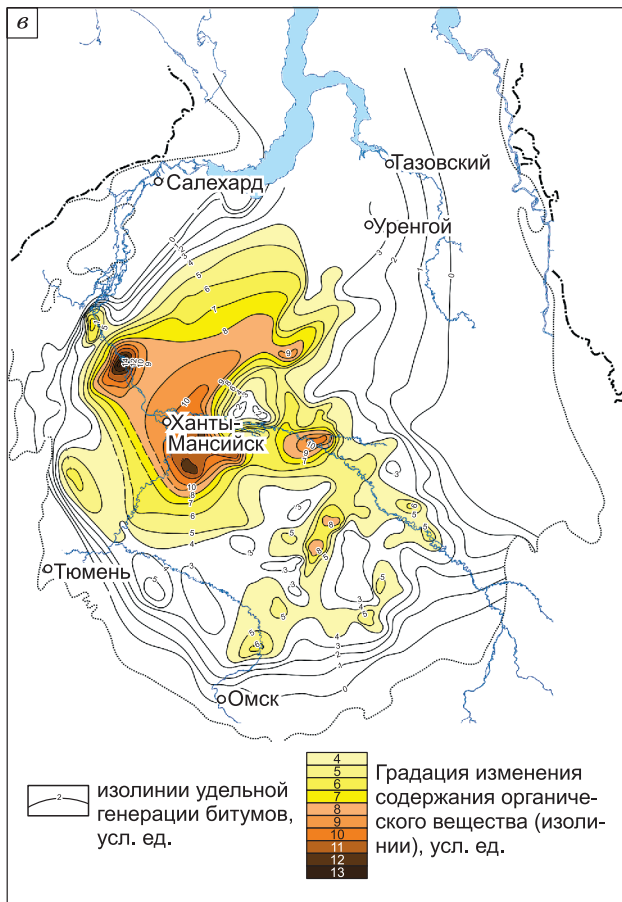
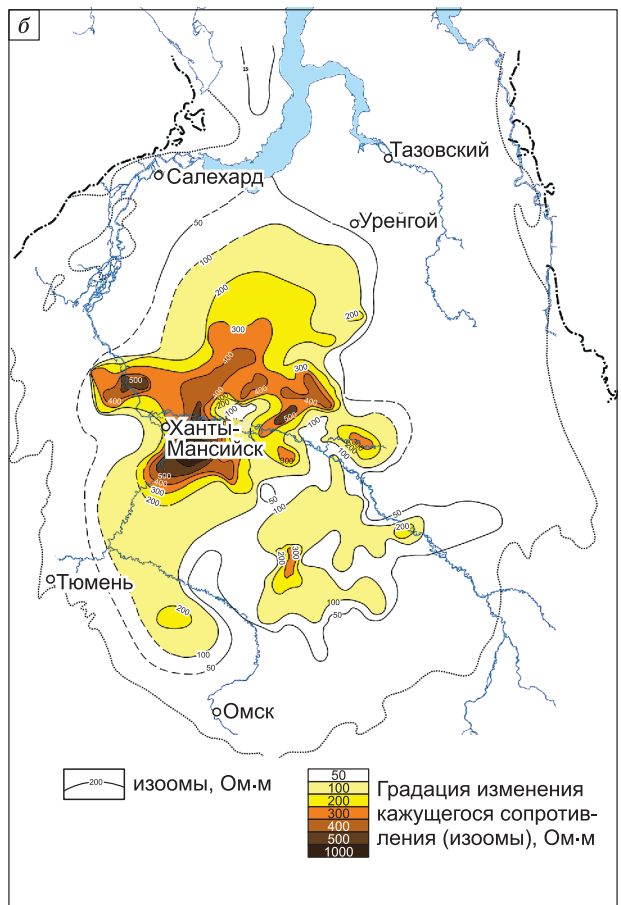
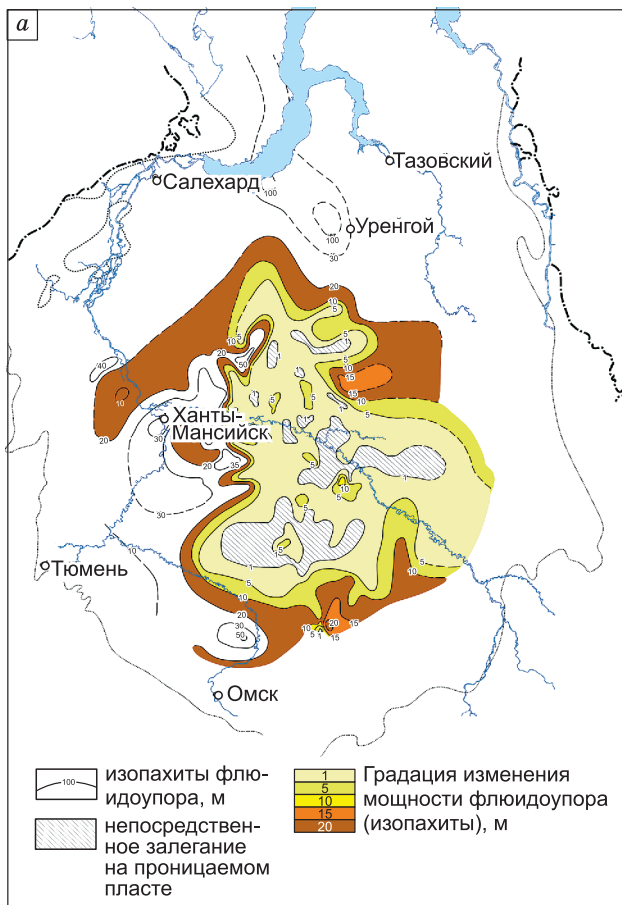


Рис. 2. Критерии, используемые для оценки региональных перспектив отложений баженовской свиты:

a — мощность подстилающих свиту флюидоупоров; *b* — значения кажущегося сопротивления отложений свиты; *v* — величина удельной нефтегенерации отложений свиты; *z* — карта-схема региональных перспектив отложений баженовской свиты, по [Зубков, 1984] с добавлениями: 1 — территории различных категорий перспективности: *a* — первой категории с возможными дебитами более 10 м³/сут, *b* — второй категории с возможными дебитами 3—10 м³/сут, *v* — третьей категории с возможными дебитами 1—3 м³/сут, *z* — четвертой категории с возможными дебитами 0.1—0.5 м³/сут, *d* — бесперспективные земли с возможными дебитами менее 0.1 м³/сут; 2 — некачественные и совместные испытания баженовской свиты с другими объектами; 3 — скважины с дебитами: *a* — до 2 м³/сут, *b* — от 2 до 5 м³/сут, *v* — от 5 до 10 м³/сут, *z* — свыше 10 м³/сут, *d* — «сухие скважины»; 4 — граница распространения битуминозных отложений баженовской свиты и ее аналогов. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

Земли третьей категории — это площади, в пределах которых два из выбранных критериев имеют значения ниже критических. Как правило, они окружают земли более высокой категории перспективности.

Наконец, земли четвертой категории — это площади, где критические значения у трех любых параметров, выбранных выше в качестве критериев оценки перспектив нефтеносности БС, ниже принятых. Эти земли узкой полоской окружают территории, имеющие более высокие категории перспективности. Отмечаются небольшие по площади участки, принадлежащие к этой категории земель, расположенные в центральной, южной и восточной частях плиты, наиболее крупные из которых присутствуют в Танловской мегавпадине и западной части Нижневартовского свода и его погружении.

Остальные территории отнесены к категории бесперспективных (см. рис. 2, *z*).

В завершение рассмотрения критериев региональных перспектив нефтеносности БС отметим, что помимо механизма формирования коллекторов путем природного флюидоразрыва ряд исследователей рассматривал возможность образования коллекторов в отложениях свиты в результате тектонического дробления и возникновения в них трещиноватого коллектора [Терещенко, 1972; Микуленко, 1974; Мелик-Пашаев и др., 1979; Халимов, Мелик-Пашаев, 1980]. Однако каким образом искать эти трещиноватые коллекторы, в этих публикациях не объяснялось, поэтому они носили скорее декларативный, нежели прогнозный характер.

ВЫВОДЫ

1. Оценка региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты осуществляется на основе результатов испытания интервала залегания свиты и представлений о механизме формирования в ней «аутигенного» коллектора. На основе этих данных выбраны следующие параметры и их критические значения: мощность свиты ≥ 20 м; содержание в ней ОВ ≥ 10 %; пластовая температура по кровле свиты ≥ 100 °С; мощность подстилающих и перекрывающих флюидоупоров ≥ 10 м; средние кажущиеся сопротивления отложений свиты ≥ 200 Ом · м; величина удельной нефтегенерации ≥ 4 усл. ед.

2. На основе выбранных критериев осуществлен региональный прогноз нефтеносности отложений баженовской свиты в пределах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, выделены земли различных категорий перспективности.

ЛИТЕРАТУРА

Гурари Ф.Г., Гурари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1974, № 5, с. 36—40.

Гурари Ф.Г., Вайц Э.Я., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Перезио Г.Н., Предтеченская Е.А., Рудницкая Д.И., Стасова О.Ф., Фролов Ф.Х., Фролова Л.А. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. М., Недра, 1988, 200 с.

Добрынин В.М., Мартынов В.Г. Коллектор нефти в нефтематеринских глинистых толщах // Геология нефти и газа, 1979, № 7, с. 36—43.

Дорофеева Т.В., Лебедев Б.А., Петрова Т.В. Особенности формирования коллекторских свойств баженовской свиты Салымского месторождения // Геология нефти и газа, 1979, № 9, с. 20—23.

Дорофеева Т.В., Краснов С.Г., Лебедев В.А., Петрова Г.В., Позиненко Б.В. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. Л., Недра, 1983, 132 с.

Ефремов Е.П., Зубков М.Ю., Боркун Ф.Я., Сонич В.П. Методика оценки перспектив нефтегазосности баженовских отложений Западной Сибири // Энергия и механизм первичной миграции углеводородов. М., Наука, 1988, с. 152—161.

Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю. Региональная перспективность отложений баженовской свиты Западной Сибири // Исследования в области геологии и разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. Тюмень, СибНИИИП, 1982, с. 132—144.

Зубков М.Ю. Условия образования залежей нефти в баженовской свите: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1984, 24 с.

Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты // Нефтяное хозяйство, 1989, № 5, с. 26—30.

Зубков М.Ю. Коллекторы в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза // Геология нефти и газа, 2014, № 5, с. 58—72.

Зубков М.Ю., Ершов В.А., Прямоносова И.А., Шакирова А.Х. Генерация битумоидов и формирование емкостного пространства в отложениях баженовской свиты // Научно-технический прогресс при поисках и освоении нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1984, вып. 63, с. 16—21.

Конторович А.Э., Бабина Н.К., Богородская Л.П., Винокур Б.Г. Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности. Новосибирск, Наука, 1967, 223 с. (Тр. СНИИГГиМСа, вып. 50).

Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Фомичев А.С., Шведенков Г.Ю. Пиролиз как метод изучения нефтегазогенерационного потенциала материнских пород // Геология нефти и газа, 1986, № 12, с. 36—41.

Мелик-Пашаев В.С., Степанов А.И., Терещенко Ю.А. О природе аномально высоких пластовых давлений в юрских отложениях Салымского месторождения // Геология нефти и газа, 1979, № 7, с. 25—28.

Микуленко К.И. Перспективы нефтегазосности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской плиты // Тр. СНИИГГиМСа. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1974, вып. 194, с. 37—41.

Нестеров И.И. Новый тип коллектора нефти и газа // Геология нефти и газа, 1979, № 10, с. 26—29.

Новиков Р.Г., Салманов Ф.К., Тяп А.В. Перспективы открытия крупных залежей нефти в трещиноватых аргиллитах баженовской свиты // Нефть и газ Тюмени. Тюмень, Типография изд-ва «Тюменская правда», 1970, вып. 7, с. 1—3.

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

Терещенко Ю.А. Резкая аномалия пластовых давлений на Салымском месторождении в Западной Сибири и ее возможная природа // ВМОИП. Отд. геол. 1972, вып. 47, № 5, с. 219—222.

Трофимук А.А., Карогодин Ю.Н. Баженовская свита — уникальный природный резервуар нефти // Геология нефти и газа, 1981, № 4, с. 29—33.

Халимов Э.М., Мелик-Пашаев В.С. О поисках промышленных скоплений нефти в баженовской свите // Геология нефти и газа, 1980, № 6, с. 1—10.

*Поступила в редакцию
1 июля 2016 г.*