

# НА СВОЙ СТРАХ И РИСК



На территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» отложения баженовской свиты развиты повсеместно, и компания планомерно работает с ними уже долгое время. Все работы на бажене «Сургутнефтегаз» проводит за счет собственных ресурсов, без привлечения сторонних источников финансирования, специалистов и оборудования.

Накопленная информация обрабатывается и анализируется в тюменском отделении СургутНИПИнефти. На основе результатов проведенных исследований создана обобщенная геолого-технологическая модель пласта Ю0. В ближайшее время компания планирует начать опытно-промышленную разработку залежей баженовской свиты на 18 наиболее перспективных месторождениях.

## Перспективная зона баженовских отложений сосредоточена в районе деятельности «Сургутнефтегаза» на площади примерно 85 тыс. км<sup>2</sup>

**В** связи с истощением активных запасов нефти на длительно разрабатываемых

месторождениях в последние годы в нефтегазовых компаниях

России и мира пристальное внимание стало уделяться детальному изучению объектов сложного строения с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа, в том числе, нетрадиционным источникам углеводородов, к которым относятся и отложения баженовской свиты.

Породы свиты по своему составу и содержанию углеводородов являются практически полным аналогом наиболее конди-

ционных нефтеносных сланцев месторождения Грин-Ривер в США. Соотношения органической и минеральной частей практически идентичны, процент содержания керогена почти равный (см. «Состав нефтеносного сланца»).

То есть, фактически мы располагаем такой же сырьевой базой, такими же месторождениями, что и те, интенсивным изучением и разработкой которых занимаются сегодня наши коллеги за рубе-

жом. Это огромный резерв России, который рано или поздно придется интенсивно вовлекать в разработку.

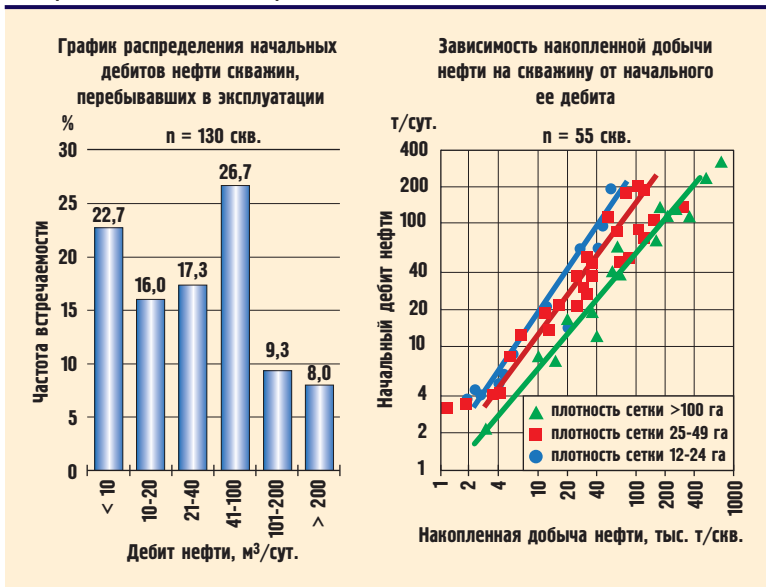
**Перспективная зона**

Баженовская свита развита в центральной части Западной Сибири на площади более 700 тыс. км<sup>2</sup>, глубина залегания — до 3 км. Согласно проведенным СургутНИПИ-нефтью исследованиям, отложения баженовской свиты являются потенциально перспективными для ведения ГРП и ОПР. Эта так называемая перспективная зона сосредоточена в районе деятельности «Сургутнефтегаза» на площади примерно 85 тыс. км<sup>2</sup>.

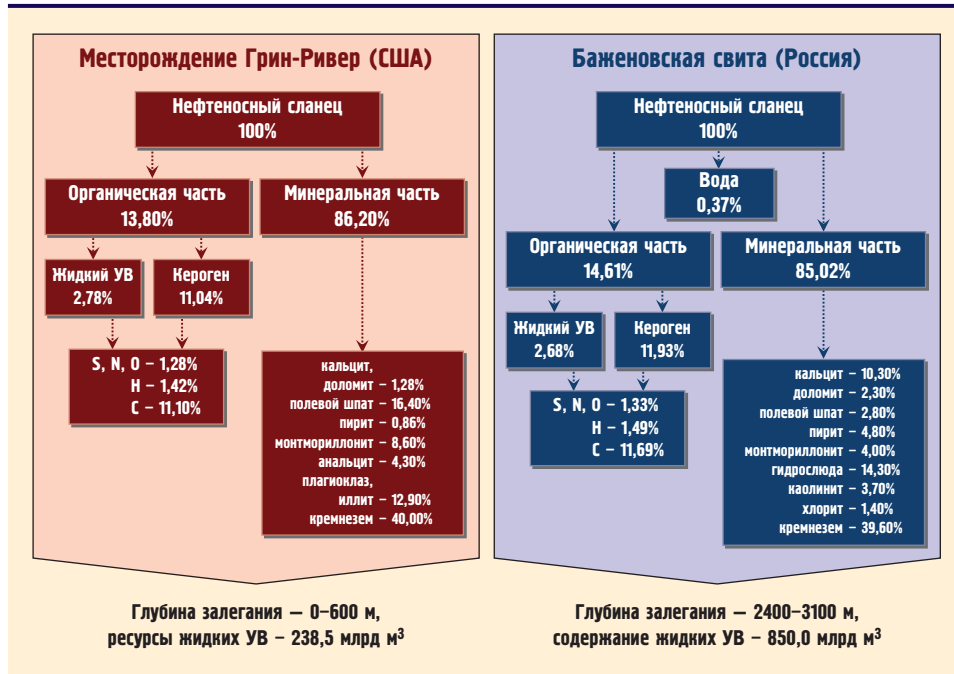
В пределах этой площади опытно-промышленная разработка баженовской свиты в режиме истощения ведется на наиболее продуктивных участках 14 месторождений, на которых эксплуатировалось около 130 скважин. Важно отметить, что практически 23% всего фонда скважин имеют начальные дебиты по нефти ниже 10 тонн, 8% — более 200 тонн, и наибольшая доля фонда — 27% — характеризуется начальными дебитами в границах от 41 до 100 тонн (см. «Основные показатели...»).

Здесь можно сразу сделать первые выводы, что бажен трудно предсказуем, а его продуктивность очень изменчива. Поэтому

**Основные показатели длительной эксплуатации скважин баженовской свиты месторождений Западной Сибири**



**Состав нефтеносного сланца**



ждать от него стабильных дебитов, стабильной добычи нефти при тех технологиях, которые мы сегодня используем и которые известны на данный момент, не приходится.

Нужно также отметить прямую зависимость накопленной добычи нефти по скважинам от начального дебита. Если на начальном этапе получены позитивные результаты, это позволит длительно

время интенсивно разрабатывать данный участок и полу-

**Бажен трудно предсказуем, а его продуктивность очень изменчива. Поэтому ждать от него стабильных дебитов при тех технологиях, которые мы сегодня используем, не приходится**

чить высокую накопленную добычу нефти.

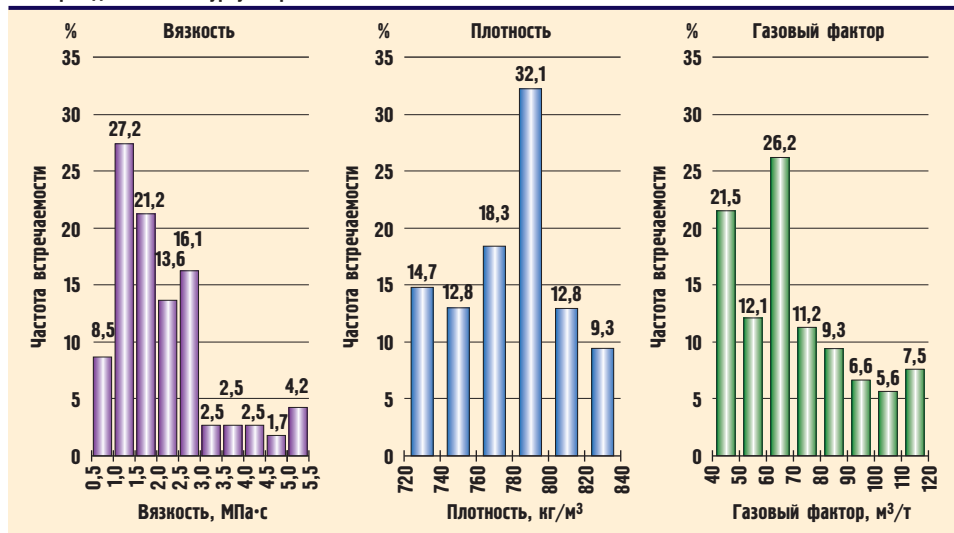
**Особенности пласта Ю0**

В течение многих лет компанией планомерно ведутся работы по изучению баженовской свиты с целью оценки ресурсов, подсчета запасов, обоснования

**Нефти баженовского пласта Ю<sub>0</sub> в целом являются легкими, маловязкими, с повышенным содержанием растворенного газа**

параметров проектирования на режиме истощения пластовой энергии и гидротермального воздействия, а также качественного проектирования строительства скважин, проведения ГРП и

Графики распределения параметров проб пластовой нефти пласта Ю0 месторождений ОАО «Сургутнефтегаз»



других геолого-технических мероприятий.

**Значительные колебания параметров нефти обнаруживаются не только в пределах одного месторождения, но даже в процессе эксплуатации отдельных скважин**

Пласт Ю0 баженовской свиты на месторождениях ОАО «Сур-

гутнефтегаз» опробован более чем на 600 скважинах, 380 из которых оказались продуктивными. Изучены сотни проб пластового флюида, в результате чего были сделаны первые выводы: нефти пласта Ю0 в целом являются легкими, маловязкими, с повышенным содержанием растворенного газа (см. «Графики распределения параметров...»).

Но, вместе с тем, разброс параметров нефти позволяет сде-

лать заключение о сложности и неоднозначности совокупности физических свойств флюидов, природа которых до конца не изучена. От нефтей других горизонтов их отличают более высокие колебания параметров, которые обнаруживаются не только в пределах одного месторождения, но даже в процессе эксплуатации отдельных скважин.

Резкое изменение величины газового фактора, плотности и вязкости — вот с такими объектами мы имеем дело. По данным бурения, нефтенасыщенная толщина пласта баженовской свиты изменяется по площади от 16 до 36 метров (в среднем — порядка 27 метров).

Нужно отметить также неоднозначность результатов выделения коллекторов существующими геофизическими методами — это еще одна проблема при выявлении перспективных зон баженовской свиты.

Одним из основных критериев перспективы нефтеносности баженовской свиты является повышенная температура пласта, которая колеблется по площади в пределах от 90° до 120°С. В зонах высокой изоляции пласта Ю0 от других провинциальных коллекторов в покрышке не более 20

Основные параметры литотипов пород баженовской свиты

Номер и наименование литотипа породы	Содержание материала, % объемные				Пустотность пород, %		Проницаемость нефти, мкм²		Сжимаемость пустотного пространства пород, 10 <sup>-3</sup> МПа <sup>-1</sup>			Раскрытость трещин, мкм
	глинистого	кремнистого	карбонатного	керогена	поровая	каверно-трещинная	пород матрицы	каверно-трещинных пород	порового пространства			
									в упругой области	в упруго-пластической области	трещин	
I глинистый	>50	10 5-20	<5	<10	7 4-12	<0.1	10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-8</sup> ·10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup> 10 <sup>-5</sup> ·10 <sup>-3</sup>	1.9-2.45	7.7-10.9	15.4	10-30
II керогено-кремнисто-глинистый	43 37-50	20 15-25	5 1-10	20 12-30	7.5 5.5-13	0.15 0.02-0.3	10 <sup>-6</sup> 10 <sup>-8</sup> ·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-5</sup> ·10 <sup>-2</sup>	1.15-2.05	7-9.9	14	15-50
III глинисто-керогено-кремнистый	24 13-32	40 30-50	10 5-15	30 25-36	8.6 6-16	0.1 0.02-0.3	10 <sup>-6</sup> 10 <sup>-7</sup> ·10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-5</sup> ·10 <sup>-2</sup>	1.72-2.25	6.3-9.0	17.6	30-150
IV глинисто-кремнисто-керогеновый	23 18-25	27 20-35	15 10-20	40 35-45	8.5 6-15	0.1 0.04-0.2	10 <sup>-6</sup> 10 <sup>-8</sup> ·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup> 10 <sup>-5</sup> ·10 <sup>-3</sup>	1.81-2.35	8.9-12.6	18.2	20-30
V глинисто-керогено-карбонатный	26 10-35	15 10-30	35 20-40	22 15-30	7.5 4-10	0.2 0.04-0.55	10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-9</sup> ·10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-4</sup> ·10 <sup>-1</sup>	0.5	4.3-6.1	13.8	25-500
VI керогено-глинисто-карбонатный	25 16-35	15 10-20	45 40-50	15 10-20	6 3-7.5	0.2 0.08-0.5	10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-9</sup> ·10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-4</sup> ·10 <sup>-1</sup>	0.35	0.5-0.7	14.5	30-800
VII карбонатный	<10	<10	>50	2 1-4	2.2 1.4-5.2	0.25 0.02-4	10 <sup>-8</sup> 10 <sup>-9</sup> ·10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-4</sup> ·10 <sup>-1</sup>	0.3	0.4-0.5	14.7	30-1000
VIII песчано-алевритовый	12 10-15	37 30-45	10 5-50	15 10-20	13 10-16	<0.1	10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-5</sup> ·10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-3</sup> ·10 <sup>-1</sup>	0.9-1.35	2.2-3.0	14	20-40

метров фиксируется аномально высокое пластовое давление (АВПД) в пределах 38–50 МПа при коэффициенте аномальности 1,3–1,86. Это еще один фактор, осложняющий вовлечение в разработку отложений баженовской свиты.

## Перспективы нефтеносности

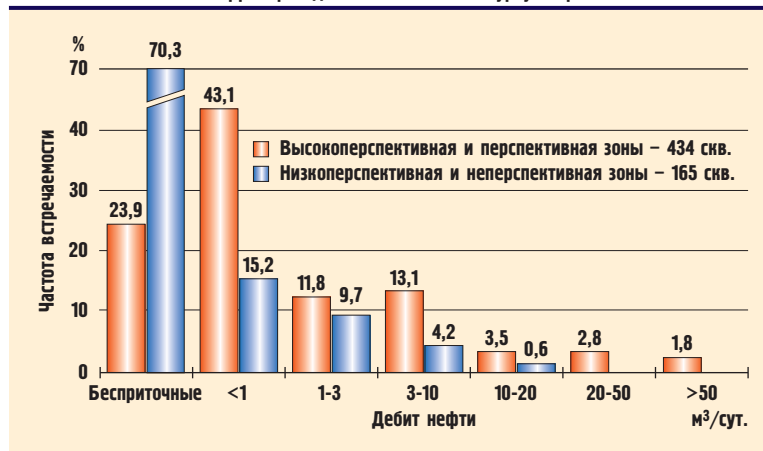
По этим признакам, с учетом сейсмических данных, построена карта перспектив нефтеносности баженовской свиты на территории деятельности «Сургутнефтегаза». Выделены четыре зоны перспектив нефтеносности: высокоперспективная, перспективная, низкоперспективная и неперспективная (см. «Обобщенные параметры зон перспектив...»). Эта карта, которая сегодня является в какой-то мере итогом всей работы по бажену, которую проводит наш институт, дает нам возможность, по крайней мере, на ближайшую перспективу сделать выводы, подправить свою бизнес-программу, направить дополнительные средства на активное вовлечение залежей баженовской свиты в разработку.

В низкоперспективных и неперспективных зонах из 165 опробованных поисково-разведочных скважин 116 (70%) оказались бесприточными (см. «Распределение дебита нефти...»). Общая площадь высокоперспективных и перспективных зон находится в пределах 17 тыс. км<sup>2</sup> при нефтенасыщенной толщине, в среднем, 28 метров. Высокие перспективы нефтеносности этих двух зон подтверждены в результате опробования 434 скважин, в 330 из которых (76%) получены промышленные притоки нефти.

## ОПР

На основе имеющихся результатов проведенных исследований создана обобщенная геолого-технологическая модель пласта Ю0, которая позволила «Сургутнефтегазу» составить проектные документы на проведение опытно-промышленной разработки баженовской свиты на наиболее продуктивных 18 месторождениях.

## Распределение дебита нефти при опробовании поисково-разведочными скважинами баженовской свиты на территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз»



При этом освоение баженовской свиты планируется провести в три этапа: разработка на режиме истощения, что реализуется сегодня; усиление разработки на режиме истощения с образованием в пласте искусственной трещиноватости; и третий этап — до-разработка с применением гидротермовоздействия после разгрузки АВПД и детального изучения геолого-технологических параметров пласта (см. «Перспективы освоения баженовской свиты»).

Приоритетной задачей является создание эффективной системы разработки баженовской свиты на режиме истощения как наиболее реализуемой в ближайшие годы.

Технология гидротермовоздействия на пласт прошла детальные лабораторные исследования в СургутНИПИнефти. Коэффициент нефтеизвлечения

**Одним из основных критериев перспективы нефтеносности баженовской свиты является повышенная температура пласта, которая колеблется по площади в пределах от 90° до 120°С**

на моделях пласта, как правило, превышает 60% при температуре на фронте горения 490°С с переходом значительной части ке-

## Приуроченность приточных интервалов и доли притока нефти к литотипам пород и пачкам баженовской свиты на примере Ай-Пимского и Сахалинского типов разрезов

Приуроченность приточных интервалов к литотипам пород, %		
Номер и наименование литотипа породы	Ай-Пимский тип строения	Сахалинский тип строения
I глинистый	0,4	2,3
II керогено-кремнисто-глинистый	20,4	44,2
III глинисто-керогено-кремнистый	20,6	10,4
IV глинисто-кремнисто-керогеновый	4,0	8,5
V глинисто-керогено-карбонатный	19,2	30,0
VI керогено-глинисто-карбонатный	17,0	4,6
VII карбонатный	18,4	0

## Приуроченность приточных интервалов и доли притока к пачкам строения баженовской свиты, %

Пачки строения	Ай-Пимский тип строения		Сахалинский тип строения	
	приточные интервалы	доля притока	приточные интервалы	доля притока
Высоко-керогено-содержащая	19,8	8,8	14,6	0,9
Керогено-содержащая	29,8	38,0	32,8	10,7
Существенно карбонатная	25,9	33,7	25,2	23,4
Существенно глинистая	3,5	4,1	4,0	5,1
Глинисто-карбонатная	21,0	15,4	23,4	59,0



**Обобщенные параметры зон перспектив нефтеносности баженовской свиты на территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» на 2008 год**

Зоны перспектив нефтеносности	Нефтенасыщенная толщина, м	Нефтенасыщенность, %	Пластовая температура, °С	Толщина экрана, м	Коэффициент аномальности пластового давления	Площадь развития, км <sup>2</sup>	Удельная плотность ресурсов нефти, т/м <sup>2</sup>	Ресурсы нефти, млн т
Высокоперспективная	26-36	75-85	>105	>20	>1.5	9 390	1.30	12 109
Перспективная	24-31	75-85	>100	>15	>1.4	7 380	1.11	8 163
Низкоперспективная	22-30	70-80	95-105	10-20	1.3-1.5	5 830	1.02	5 978
Неперспективная	16-26	65-75	<95	<15	<1.3	19 585	0.87	16 962
Итого	26.5	76.0				42 185		43 312

Площадь развития высокоперспективной и перспективной зон нефтеносности потенциальная для доразведки и разработки составляет 16.77 тыс. км<sup>2</sup> с содержанием жидких углеводородов (ресурсов) 20.27 млрд т

рогена в жидкие и газообразные углеводороды.

**Приоритетной задачей «Сургутнефтегаза» является создание эффективной системы разработки баженовской свиты на режиме истощения**

В составе газа по мере выработки из керна нефтяного потенциала увеличивается содержание азота и СО<sub>2</sub> до 50% на заключи-

**При реализации технологии гидротермовоздействия коэффициент нефтеизвлечения может составить около 30%**

тельной стадии. Расчеты на геолого-технологических моделях

**Две основные технологии, применяемые «Сургутнефтегазом» в рамках ОПР для разработки баженовских отложений на сегодняшний день, — бурение на депрессии и ГРП**


показали, что при реализации технологии гидротермовоздействия коэффициент нефтеизвлечения может составить около 30%, что является довольно оптимистичным показателем для такого объекта. По крайней мере, есть цель, к которой надо двигаться.

Однако технология гидротермовоздействия на баженовскую свиту требует значительных капитальных вложений при сохранении повышенного инвестиционного риска. Большое количество скважин, пробуренных в этих зонах, оказались либо малоэффективными, либо вообще бесперспективными. Необходимо создание в пласте дополнительной трещиноватости.

Также в мировой практике отсутствуют аналоги ведения процессов внутрипластового горения на глубине более 2000 метров. При этом необходимо будет решать главную задачу — создание фронта горения в узком интервале с температурой более 350°С и его равномерного продвижения с заданной скоростью

по пласту высоконеоднородного строения.

На основании лабораторных испытаний и исследований с использованием созданной обобщенной геолого-технологической модели подготовлена техсхема ОПР на баженовских отложениях методом гидротермовоздействия на участке Ай-Пимского месторождения. Начало реализации данной технологии предусмотрено в перспективных планах развития компании на 2021 год, после выработки на участке ОПР основных запасов нефти на режиме истощения.

На территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» уже создана обширная производственная инфраструктура, позволяющая проводить опытно-промышленные работы по отработке и внедрению в производство технологий для конкретных зон строения баженовской свиты. Две основные технологии, которые сегодня используются при разработке баженовских отложений в режиме истощения в рамках ОПР, — бурение на депрессии и гидравлический разрыв пласта. 

**Перспективы освоения баженовской свиты**

Планируется провести освоение баженовской свиты в три этапа:		
Этапы освоения	Текущее состояние	Основные проблемы эффективного освоения
Разработка на режиме истощения	Составлены проектные документы на проведение ОПР на участках 18 месторождений	качественного безаварийного строительства скважин в условиях АВГД и предрасположенности пород к обвалообразованию в стволах скважин; дистанционного прогнозирования местонахождения каверно-трещинных коллекторов;
Разработка на режиме истощения с образованием в пласте искусственной трещиноватости	Ведутся теоретические, лабораторные и промысловые исследования	создание эффективного комплекса технологий нефтеизвлечения, адекватных геологическому строению свиты создание технологии регулируемого образования в пласте широкой сети трещиноватости
Доразработка пласта с применением гидротермовоздействия после проведения детальных лабораторных, теоретических и промысловых исследований	Составлен проектный документ на проведение ОПР на участке Ай-Пимского месторождения, начало реализации которого намечено на 2021 год	строительство скважин в термобароустойчивом исполнении; создание технологии регулирования процесса внутрипластового горения в пласте высоконеоднородного строения

Приоритетной задачей является создание эффективной технологии разработки на режиме истощения как наиболее реализуемой в ближайшие годы