

## Термогазовое воздействие на залежи баженовской свиты

## Thermal Gas Treatment at the Bazhenov

В настоящее время проблема освоения трудноизвлекаемых запасов становится все более актуальной. Увеличивается доля данного вида запасов в общей структуре сырьевой базы, что диктует необходимость применения инновационных технологий для извлечения нефти.

В ОАО «РИТЭК» активно ведутся работы по созданию инновационных методов, позволяющих эффективно разрабатывать месторождения с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными ресурсами нефти баженовской свиты.

Отложения баженовской свиты распространены в центральной части Западно-Сибирской низменности на площади более 1 млн км<sup>2</sup>. Они залегают на глубине в среднем 2500–3000 м, толщина колеблется в пределах от 10 до 44 метров. В зонах развития аномальных разрезов баженовской свиты толщина ее может достигать 100 м. Температура пласта по площади изменяется

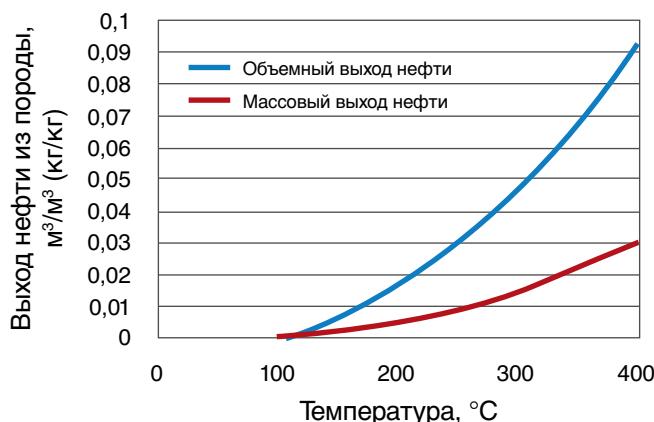
**A**lthough the development of unconventional resources is a challenging task, the need to focus on this area is becoming ever more important. As a result, new and improved technologies are being implemented to produce more hydrocarbons from unconventional fields. At RITEK, we are working hard on innovative methods that will allow cost effective production for the challenging reserves found at the Bazhenov formation

The Bazhenov formation is found in Western Siberia, and is spread over an area in excess of 1 mln km<sup>2</sup>. Hydrocarbon deposits are found at an average depth of between 2500–3000 m, and their thickness varies between 10 and 44 meters although the abnormally thick zones of Bazhenov formation can reach 100 m. The reservoir temperature varies between 80 °C and 134 °C. Bazhenov formation deposits are analogous to shale oils, however the formation's distinctive feature is that the process of transformation from organic matter to oil has not yet been completed. This is why, apart from light oil, the reservoirs also contain kerogen.

от 80 °C до 134 °C. Отложения баженовской свиты являются аналогом нефтеносных сланцев, но отличительной особенностью является то, что процесс преобразования органического вещества в нефть еще не завершен. Поэтому в коллекторе наряду с легкой нефтью содержатся углеводороды непосредственно в составной породообразующей части породы, называемой керогеном.

Наиболее важной предпосылкой применения термогазового воздействия на породы баженовской свиты является установленный по результатам промысловых и лабораторных исследований факт, что фильтрационно-емкостные характеристики пород баженовской свиты в значительной мере определяются уровнем температуры.

Согласно результатам экспериментальных исследований кернов, отобранных из пород баженовской свиты, при их нагреве до 250-350 °C из микротрециноватой породы извлекается легкая нефть, объем которой сопоставим и даже может превышать количество легкой нефти, содержащейся в макротрециноватой породе (рис.1).

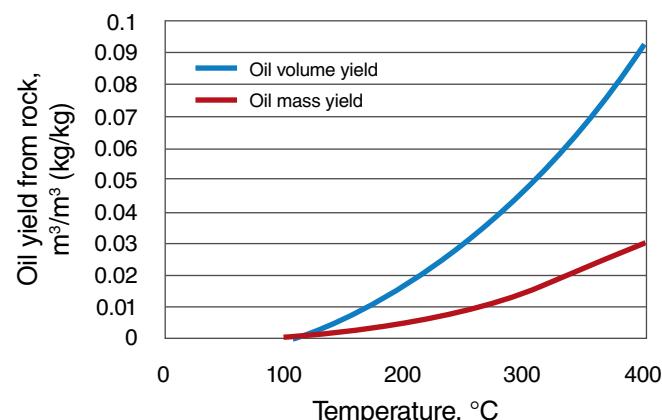


**Рис. 1.** Зависимость выхода нефти из пород баженовской свиты от температуры

Величина пустотного пространства дренируемых пород баженовской свиты составляет от 3 до 6 %, а объемный выход нефти из матрицы при указанном выше уровне прогрева может составить от 3 до 9 % от объема пород.

В качестве важной предпосылки необходимости применения теплового воздействия на породы баженовской свиты является значительное содержание керогена во всех литотипах пород баженовской свиты (от 12-30 % в керогено-глинистых и до 35-40 % в глинисто-кремнисто-керогеновых породах).

Because the reservoir properties are generally determined by the temperature levels, we decided to use thermal gas treatment. According to the results of experimental trials that were done on core samples taken from the Bazhenov formation, microfractured rock yielded light oil in volumes comparable to, or exceeding the volume of of light oil contained in macrofractured rock when heated to 250-350 °C. (Figure 1).



**Figure 1** Dependency of oil yield from temperature for Bazhenov rock

The percentage of the fractures in the drainage rock at the Bazhenov formation are roughly 3 to 6%, and the oil yield from the matrix, when heated to above mentioned levels, may reach 3 to 9% of the rock volume. An important premise for heat treatment of Bazhenov rock is the significant kerogen content in all of its lithology types (from 12-30% in kerogen-clayish and up to 35-40% in clayish-silicious-kerogen type rock). Based on the results of field and laboratory tests, we went ahead with heat, gas and hydrodynamic treatment for these challenging reserves.

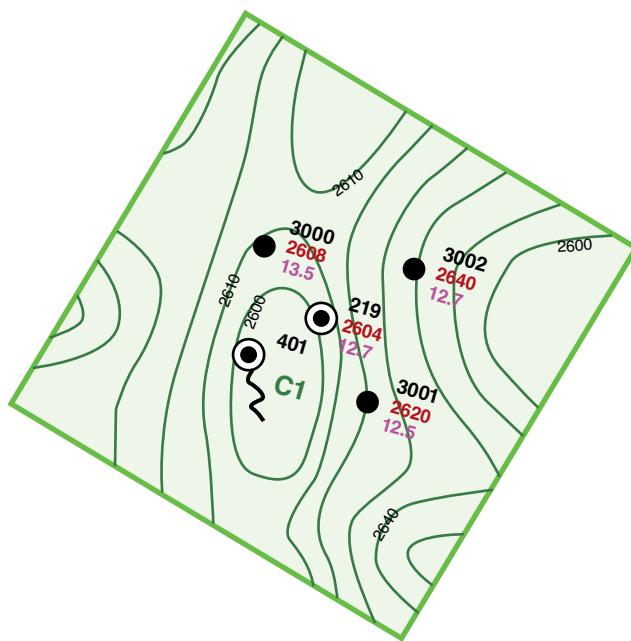
The thermal gas treatment was developed domestically, and involves an injection of a mixture of air and water into the reservoir. Combined with the in situ conditions of the formation, this triggers a spontaneous oxidation processes between the oxygen in the air and the formation's hydrocarbons. The reaction produces a highly efficiency gas type displacement agent.

In order to fine tune the process, we started a pilot project at its Sredne-Nazymskoye field. The project includes five wells (one injection well and four producing wells) (Fig.2) and the relevant ground equipment (air compressor unit, pumping unit, diesel genset, control room, separate wellhead measuring units for each of the producing wells, as well as other necessary equipment).

Firstly, fresh air is fed into a compressing unit and is pressurized to the required level. It is then fed into the well together with water pumped from an artesian well using a pumping unit (Fig. 3).

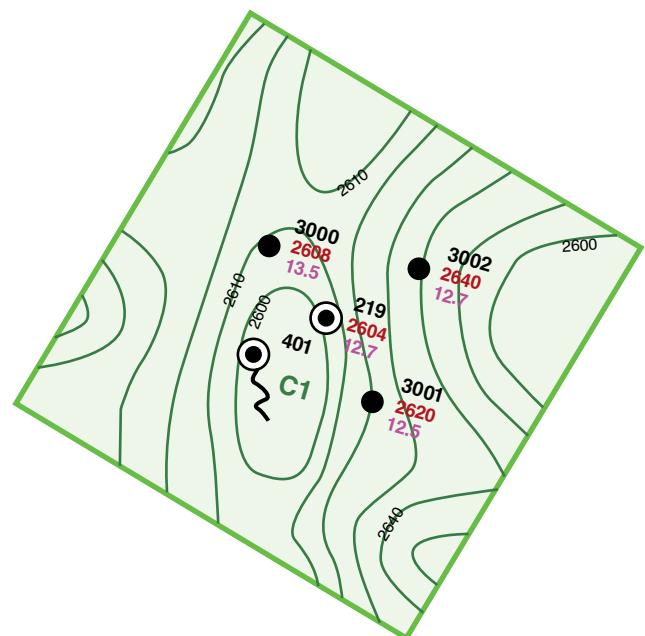
Таким образом, результаты промысловых и лабораторных исследований диктуют необходимость интеграции теплового, газового и гидродинамического воздействия на породы баженовской свиты. Именно такое интегрированное воздействие может быть реализовано на основе развития отечественного термогазового способа разработки, реализуемого путем закачки в пласт водовоздушной смеси. При этом в условиях залегания баженовской свиты обеспечиваются самопроизвольные окислительные процессы кислорода, содержащегося в воздухе, с пластовыми углеводородами. В результате реакций формируется высокоэффективный, вытесняющий газовый агент.

Для отработки технологии термогазового воздействия на пласты баженовской свиты создан опытный участок на Средне-Назымском месторождении ОАО «РИТЭК». Участок состоит из пяти скважин (одной нагнетательной и четырех добывающих) (рис.2) и комплекса наземного оборудования (воздушной компрессорной установки, насосной установки, дизельной электростанции, операторной, индивидуальных замерных установок на устье каждой из добывающих скважин, а также другого необходимого оборудования).



**Рис.2.** Схема участка ТГВ№1 Средне-Назымского месторождения

Забор воздуха происходит из атмосферы, откуда он поступает в компрессорный блок, где сжимается до необходимого давления. После этого сжатый воздух



**Figure 2** Layout of TGT#1 pilot project area at Sredne-Nazymskoye field



**Рис.3.** Принципиальная схема реализации термогазового воздействия

**Figure 3** Thermal gas treatment general flowchart

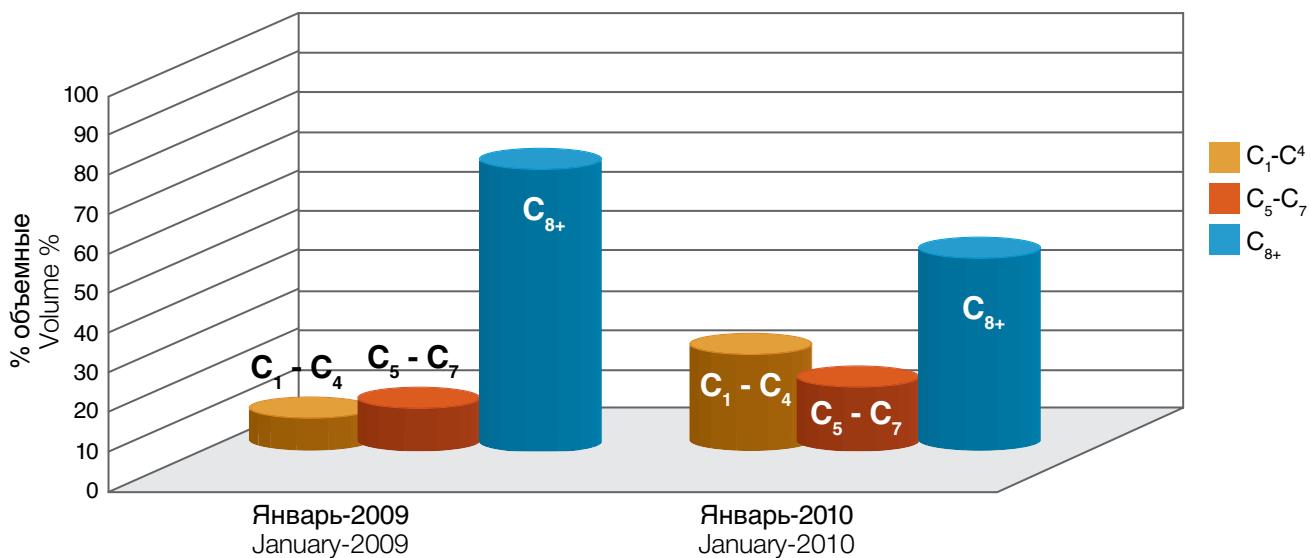
Before the wells were treated with this technology, they were in severe decline. From 2007-2009 production drastically fell from approximately 45 tonnes per day, to just to 5 tonnes per day. During this period, the formation pressure decreased from 300 to 160 atm, on average. Since the launch of the pilot project, a total of about 6 mln nm<sup>3</sup> of air has been injected into injection well #219 and the formation pressure on all treated wells has increased by 20-100 atm.

## Фракционный состав нефти

Сравнение составов нефти скв. №3000 в 01.2009 и 01.2010

### Oil Fractional Composition

Comparison of oil composition for well #3000 in 01.2009 and 01.2010



**Рис.4.** Диаграмма изменения фракционного состава нефти

**Fig. 4** Oil fractional composition change diagram

подается в скважину, в которую также поступает вода из артезианской скважины с помощью насосного блока (рис. 3).

Скважины опытного участка до начала воздействия работали на естественном режиме, дебиты скважин в 2007-2009 гг. резко снизились ориентировочно с 45 до 5 тонн в сутки, давление в залежи за тот же период снизилось в среднем с 300 до 160 атм.

Всего за период эксперимента с сентября 2009 года по настоящее время в нагнетательную скважину № 219 закачано около 6 млн  $\text{м}^3$  воздуха. При реализации термогазового воздействия наблюдается рост пластового давления по всем реагирующим скважинам опытного участка на 20-100 атм.

В ходе экспериментальных работ получены данные промысловых испытаний, подтверждающие теоретические положения о реализации термогазового воздействия, а именно:

- » протекание активных внутрипластовых окислительных процессов (наблюдается значительное увеличение в добываемых газах доли азота до 45 %, углекислого газа до 16%, отсутствие кислорода);
- » использование керогена в качестве основного топлива при внутрипластовых окислительных процессах: результат возможного пиролиза и крекинга керогена наблюдается в увеличении до

The data from the field trials confirms the potential effects of thermal gas treatment, namely:

- » active intraformational oxidation processes (produced gas features a significant increase of nitrogen content to 45%, carbon dioxide to 16% with no oxygen);
- » Kerogen is used as the main fuel for intraformational oxidation processes: up to a double volume increase of produced hydrocarbon gas and increased carbon dioxide content which are observed are possible results of pyrolysis and kerogen cracking;
- » the fractional composition of oil shifted to higher contents of light fractions (Fig. 4)
- » oil density and viscosity decreased significantly;

Currently, air is being injected in to the wells in cycles in order to further research the process. At the same time, the construction of the second thermal gas treatment area near well #210 of the Sredne-Nazymskoye field is underway (fig. 5). We plan to launch the project in the near future.

Following the successful pilot project at the Sredne-Nazymskoye field, as well as the development of new technologies that can enhance production in reservoirs with varying properties at the Bazhenov formations, we can be confident of a significant increase in oil yield for Bazhenov type reservoirs. Having said that, these experiments are time consuming and expensive to implement and require comprehensive technical and technological studies.

- двукратного объема добываемых углеводородных газов, увеличение доли углекислого газа;
- » изменение состава нефти в сторону увеличения содержания легких фракций (рис. 4)
  - » существенное снижение плотности и вязкости нефти;

В настоящее время с целью исследования технологии циклического термогазового воздействия для повышения охвата воздействием скважины опытного участка эксплуатируются периодически, закачка воздуха осуществляется циклами.

Одновременно продолжается строительство второго участка термогазового воздействия в районе скв. № 210 Средне-Назымского месторождения (рис 5). Запуск участка в работу запланирован в 2013 году.

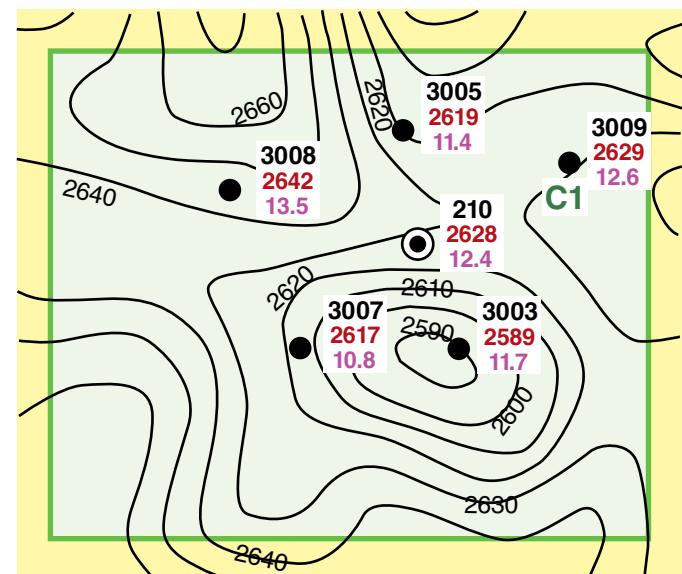
Успешная реализация экспериментальных работ на Средне-Назымском месторождении, а также развитие новой технологии применительно к различным геолого-фильтрационным условиям баженовской свиты позволит значительно повысить нефтеотдачу залежей баженовской свиты.

При этом экспериментальные работы на месторождениях баженовской свиты являются высокозатратным и наукоемким процессом, требующим комплексной проработки с точки зрения техники и технологии добычи нефти. В июле 2013 года в России был принят закон о дифференцированной ставке налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) для трудноизвлекаемой нефти.

В частности, коэффициент 0 к ставке НДПИ будет применяться при добыче нефти из залежи в пределах баженовских, абалакских, хадумских и доманиковых продуктивных отложений в течение 180 налоговых периодов, начиная с периода, в котором степень выработанности запасов месторождения углеводородного сырья превысила 1%.

Новая налоговая льгота должна сделать добычу нефти Баженовской свиты рентабельной.

В целях развития инновационной деятельности в сфере освоения трудноизвлекаемых запасов, создания эффективных методов разработки месторождений баженовской свиты, а также для привлечения дополнительного научного и финансового потенциала ОАО «РИТЭК» сотрудничает с Фондом «Сколково», ОАО «Зарубежнефть», Минобрнауки РФ и др.



**Рис.5.** Схема участка ТГВ №2 Средне-Назымского месторождения

**Figure 5.** Layout of TGT#2 project area at Sredne-Nazymskoye field

In July 2013 a new law on graduated mineral tax for unconventional oil was put into effect. In particular, zero coefficient will be applied to the mineral tax for mining of oil from formations related to Abalak, Bazhenov, Khadum and Domanic productive formations during 180 taxation periods. Starting when hydrocarbon deposit depletion exceeded 1%.

The new taxation benefit should make oil mining from Bazhenov formation commercially profitable.

With the aim of fostering technology and innovation, and to attract more investment for the development of unconventional resources at the Bazhenov formation, we are working closely with the Skolkovo foundation, Zarubezhneft OJSC, the Russian Ministry of Education and Science and others.