

# ОГНЕМ, ВОЗДУХОМ И ВОДОЙ



**АЛЕКСАНДРА УШАКОВА**  
ОАО «РИТЭК»

(по материалам конференции SPE Russian Oil&Gas 2010, октябрь 2010 года)

**РИТЭК** провел промысловые и лабораторные исследования термогазового воздействия на пласты баженовской свиты на экспериментальном участке Средне-Назымского месторождения.

Первые результаты обнадеживают — технология работает и безопасна, хотя основные испытания и главные выводы об эффективности термогазового метода применительно к баженовским залежам еще впереди.

**И** зучение опыта исследований, проводимых на различных месторождениях баженовской свиты, позволяет сделать вывод о зависимости пустотности и дебита нефти от пластовой температуры. Оказалось, что чем больше начальная температура пласта, тем больше общая пустотность баженовской свиты.

Дебит скважин, вскрывающих пласты баженовской свиты с более высокой температурой, вы-

ше. То же самое происходит и с накопленной добычей. Просуммировав весь накопленный опыт, компанией «РИТЭК» было предложено тепловое воздействие на залежи баженовской свиты.

Были проведены эксперименты по исследованию керна баженовской свиты при его нагреве до температуры 400–500°C (см. «Зависимость выхода нефти...»). Результаты показали, что из керна баженовской свиты, содержащей

кероген, происходит выход легкой нефти. Из кубического метра породы выходит около 70 литров нефти, что достаточно много.

Кроме того, известно, что при окислении керогена происходит его разложение на углеводородные газы и легкую нефть. Согласно промысловым и лабораторным исследованиям, закачка воды при повышенных давлениях, то есть гидровоздействие, приводит к увеличению проницаемости и зо-

ны дренажа пород баженовской свиты, образованию дополнительной трещиноватости.

Основные особенности баженовской свиты на Средне-Назымском месторождении, а именно там проводились исследования ядерного материала, заключаются в том, что углеводороды

## Механизм термогазового воздействия основан на закачке воздуха в пласт и его нагреве за счет высокой пластовой температуры

содержатся в форме керогена, который там преобладает (среднее содержание 23,3% от объема породы), и в виде легкой нефти (среднее содержание 7,2% от объема породы), являющейся

## При термогазовом воздействии в пласте формируется зона смешивающегося вытеснения, которая очень эффективно отмыкает породу от нефти

продуктом генерации органического вещества — керогена.

Породы баженовской свиты на Средне-Назымском месторождении представляют собой чередование дренируемых и недренируемых зон. Основные запасы нефти, а также кероген содержатся в не-

## РИТЭК предложил тепловое воздействие на залежи баженовской свиты — термогазовый метод увеличения нефтеотдачи

дренируемых зонах, которые при традиционных способах в разработку не вовлекаются. Однако такое чередование является весьма благоприятным для организации теплового воздействия из дренируемых зон на недренируемые.

### Термогазовый метод

В свете всего вышесказанного для разработки пород баженов-

**Вопрос:** Существует ли прямое доказательство того, что термогазовое воздействие эффективно работает на баженовской свите?

**А.У.:** Об этом еще рано говорить. Главное доказательство, которое мы можем получить, — это увеличение нефтеотдачи. Добыча же нефти на опытном участке не велась. Проводились только испытания оборудования и исследования проб нефти, газа, а также наблюдения за тем, не будет ли прорыва кислорода. Все эти показатели мы получили, выяснили, что кислород не прорывается.

А об увеличении нефтеотдачи и, соответственно, о перспективности этого метода можно будет говорить, когда будут проведены уже опытно-промышленные работы. Речь сейчас идет только о возможности применения данной технологии.

**Вопрос:** Мы закачиваем газ, то есть увеличиваем коэффициент вытеснения, но при этом снижаем фазовую проницаемость нефти, тем самым повышая коэффициент охвата. Оценивали ли вы снижение именно фазовой проницаемости по нефти? Может быть, мы вредим больше, чем приносим пользу?

**А.У.:** Вы имеете в виду, что коэффициент охвата уменьшится по сравнению с заводнением?

**Реплика:** Да, у нас есть двухфазная система «вода–нефть», мы добавляем третью фазу и, само собой, нефть еще хуже будет фильтроваться...

**А.У.:** На баженовской свите практически нет воды, коллектор гидрофобный. На тех месторождениях, где пытались закачивать воду, происходил очень быстрый прорыв воды, поэтому здесь технология заводнения даже не принимается во внимание. Уже есть отрицательный опыт его применения.

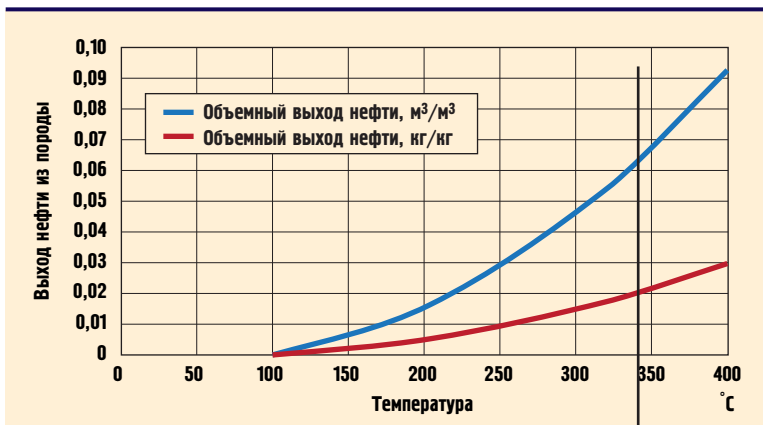
**Вопрос:** И горячего заводнения?

**А.У.:** Заводнение в любом случае будет горячим, потому что высокая пластовая температура — 100°C. А коэффициент охвата, по сравнению с другими методами, в частности, заводнением, действительно снижается.

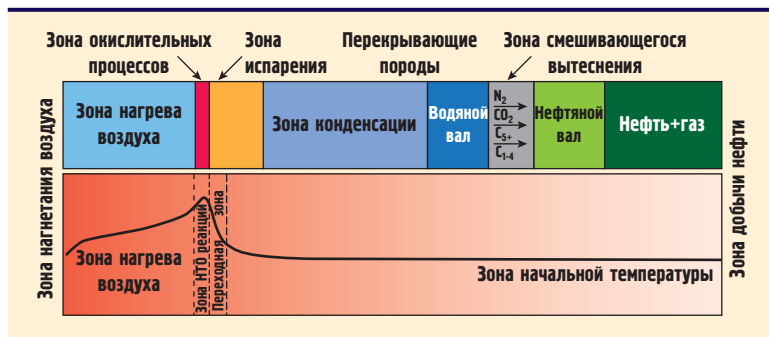
**Реплика:** Тем более что у нас трещиноватый коллектор и газ быстренько прорвется к скважинам.

**А.У.:** Действительно, у нас азот проявился достаточно быстро. С другой стороны, у нас есть несколько наработок, с помощью которых можно этот процесс контролировать и увеличивать именно коэффициент охвата. В основном, с помощью изменения режима «отбор–закачка».

Зависимость выхода нефти из пород БС от температуры



## Механизм термогазового воздействия



ской свиты было предложено применение термогазового метода увеличения нефтеотдачи. Термогазовый метод впервые был предложен в СССР в 1971 году и применен на месторождениях Советского Союза и США в рамках совместного проекта. В частности, в США он был применен на карбонатных низкопроницаемых коллекторах.

Механизм термогазового воздействия основан на закачке воздуха в пласт, его нагреве за счет высокой пластовой температуры, после чего происходят окислительные процессы — окисление нефти кислородом воздуха и испарение воды внутри пласта или воды, закачиваемой вместе с воздухом (см. «Механизм термогазового воздействия»).

После окисления нефти в пласте фильтруются газы горения ( $\text{CO}_2$ , углеводородные газы...), которые растворяются в нефти, понижая ее плотность и вязкость, а, с другой стороны, газовая фаза обогащается углеводородными компонентами, выходящими из нефти. Таким образом формируется зона смешивающегося вытеснения, которая очень эффективно отмывает породу от нефти.

Термогазовый метод сочетает преимущества и тепловых, и газовых методов увеличения нефтеотдачи. Так, за счет теплового воздействия происходит ускорение окислительных процессов в пласте и выделение газов горения, а за счет многоконтрактной смесимости газов с нефтью образуется оторочка смешивающегося вытеснения.

Отличительной особенностью термогазового воздействия на породы баженовской свиты яв-

ляется вовлечение в процесс вытеснения не только нефти, находящейся в дренируемых зонах, но и извлечение нефти из недренируемых зон (матрицы). При этом было предложено закачивать в пласты баженовской свиты водовоздушную смесь для того, чтобы возникла тепловая оторочка, переносимая впереди фронта горения.

При движении этой тепловой оторочки в дренируемых зонах, во-первых, возникает смешивающееся вытеснение легкой нефти, а кроме того, происходит нагрев недренируемой породы — матрицы — и выход оттуда легкой нефти за счет пиролиза керогена и образования дополнительной трещиноватости.

## Первый опыт

Для отработки термогазового метода был выбран опытный участок Средне-Назымского месторождения, на котором производилась экспериментальная закачка воздуха для испытания оборудования и проведения исследований. Участок представляет собой мультиточечную систему скважин. На центральной скважине происходила закачка воздуха, на четырех других снимались показатели.

Все скважины были оборудованы поточными газоанализаторами, кроме того, отслеживалось движение фронта горения и, конечно, проверялась безопасность данного метода.

Интересно проследить изменение состава добываемого газа за период термогазового воздействия (см. «Изменение состава...»). Светло-зеленым цветом показан

состав газа, характерный для нефти Средне-Назымского месторождения.

## За все время проведения эксперимента на Средне-Назымском месторождении выхода кислорода, который может привести к взрыву, не было зафиксировано ни по одной скважине

дения, остальными цветами — газы, появившиеся в результате термогазового воздействия.

Так, после закачки воздуха, его трансформации и окисления

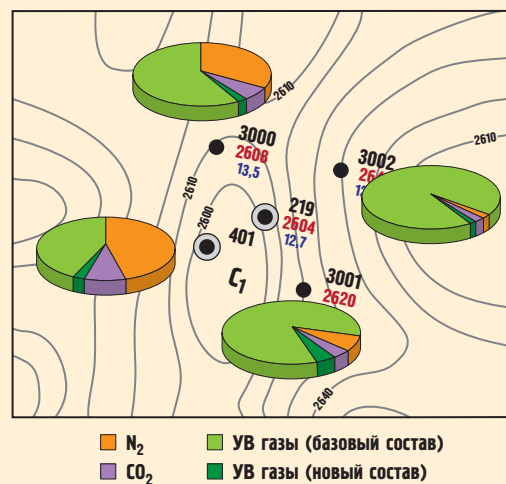
## Результаты эксперимента подтверждают действенность термогазового метода на залежах баженовской свиты

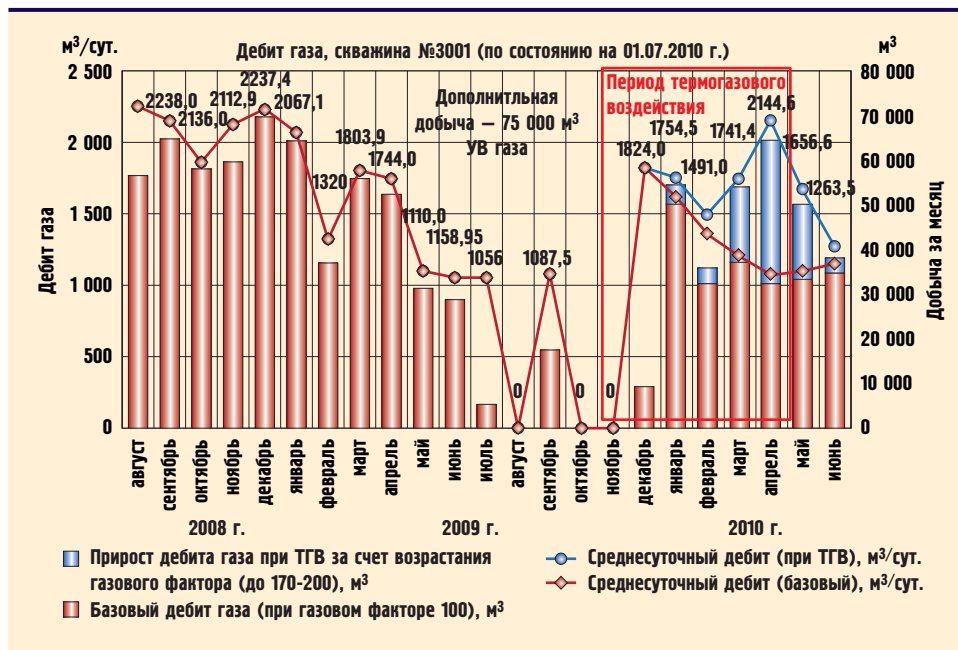
нефти на некоторых скважинах появился азот, углекислый газ и небольшое количество углеводо-

### Изменение состава добываемого газа при термогазовом воздействии

№	Состав добываемого газа, % объемные			
	$\text{CO}_2$	$\text{N}_2$	УВ газы (новый состав)	УВ газы (базовый состав)
3001	3,57	6,8	3,8	85,8
3000	5,8	34	1,9	58
3002	2,15	1,75	1,01	95
401	7,62	46,5	2,2	43,6

(базовый состав газа 2%  $\text{CO}_2$ , 0,4%  $\text{N}_2$ , 97,6 УВ газы)





родных газов, не характерных для состава данного месторождения. Все время проверялось, будет ли

привести к опасности взрыва, но кислорода не было зафиксировано ни по одной скважине.

За счет выхода углеводородных газов сильно увеличился газовый фактор (см. «Увеличение газового фактора...»). Если до начала термогазового воздействия газовый фактор был около 100, то при термогазовом воздействии произошло увеличение дебита газа (синий столбик диаграммы) и газовый фактор вырос, соответственно, до 200.

### За счет реализации термогазового способа разработки в промышленных масштабах нефтеотдача месторождений баженовской свиты составит не менее 35-40%

выходить кислород, потому что именно выход кислорода может

Выход углеводородных газов может свидетельствовать о том, что происходит смешивающееся вытеснение и обогащение газовой фазы углеводородными газами, вышедшими из легкой нефти при нагреве.

Интересные результаты видны и при анализе данных о фракционном составе нефти (см. «Анализ данных...»). Поскольку происходит растворение газов в нефти, должно происходить уменьшение плотности и вязкости нефти, что и происходило на опытном участке.

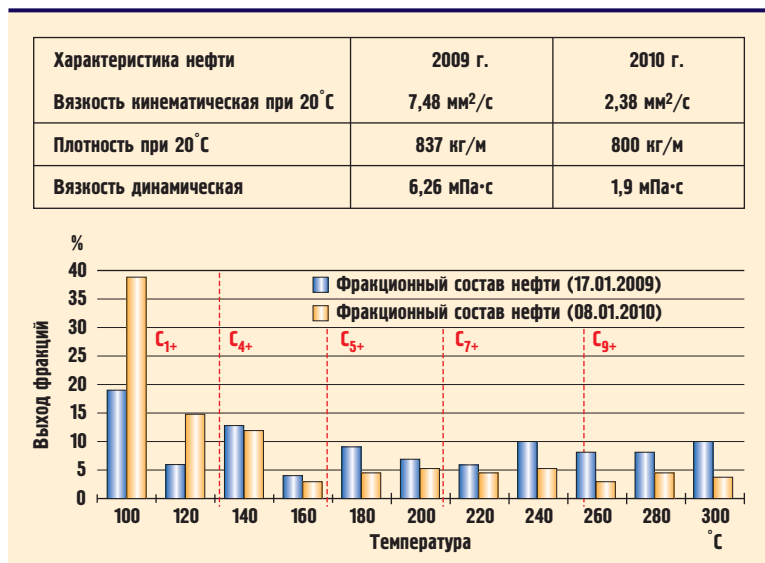
Результаты проб, взятых на одной из добывающих скважин в 2009 году (до начала воздействия) и в 2010 году (после воздействия), показывают, что вязкость и плотность нефти уменьшились в 3 раза и в 1,05 раз соответственно, а фракционный состав нефти изменился в сторону сильного увеличения содержания легких фракций.

Представленные опытные данные свидетельствуют о том, что процесс термогазового воздействия на залежи баженовской свиты происходит, а также о том, что нет выхода кислорода, поэтому процесс происходит безопасно и его можно применять. На данном опытном участке в ближайшее время будут производиться закачка воздуха и отбор нефти.

Кроме того, успешный промысловый опыт применения термогазового метода увеличения нефтеотдачи на месторождениях легкой нефти с трещиноватыми доломитовыми коллекторами в США позволяет рассчитывать на извлечение нефти из дренируемых макротрещиноватых карбонатно-кремнистых пород баженовской свиты на опытном участке в размере не менее 60%, чтократно больше, чем при использовании традиционных способов разработки.

За счет реализации термогазового способа разработки в промышленных масштабах нефтеотдача месторождений баженовской свиты составит не менее 35-40% от запасов, содержащихся в дренируемых зонах и матрице, что является огромным потенциалом.

Анализ данных о фракционном составе нефти (3 000 скв.)



## «Мировой бренд» нефтяной промышленности России



В России не много периодических изданий, которые могут похвастаться длительной историей. Научно-технический и производственный журнал «Нефтяное хозяйство» - один из них.

В далеком 1920 г. по инициативе председателя Совнаркома РСФСР В.И. Ленина И.М. Губкин и В.Н. Якубов организовали новый журнал, ориентированный на инженеров-нефтяников. С тех пор прошло 90 лет. За это время в истории нефтяной промышленности произошло много важнейших событий, но журнал «Нефтяное хозяйство» выходил, несмотря ни на какие трудности. «Мировым брендом» назвал его заместитель председателя Государственной комиссии по запасам Е.Г. Арешев на состоявшейся 12 ноября в Москве научно-практической конференции, посвященной 90-летию журнала.

Основной темой конференции «Роль журнала «Нефтяное хозяйство» в развитии научно-технического прогресса в ТЭК» являлась история этого старейшего научно-технического периодического издания, его вклад в решение научно-технических проблем отрасли. Основными докладчиками являлись представители государственных органов управления недропользованием, нефтяных компаний, научно-исследовательских институтов и научно-технических библиотек, общественных организаций нефтяников.

Открывая пленарное заседание, президент Союза нефтегазопромышленников России Г.И. Шмаль отметил не только историческую роль журнала, но и его современную работу, которая гораздо шире издательской деятельности и включает издание не только журнала, но и научно-технической и исторической литературы по нефтегазовой тематике, проведение научных симпозиумов и семинаров.

В рамках конференции с докладами о насущных проблемах отрасли выступили: заместитель Министра природных ресурсов РФ С.Е. Донской (доклад «Сближение подходов государства и бизнеса к программно-целевому планированию освоения нефтяных месторождений», совместно с М.Н. Григорьевым), директор Института проблем нефти и газа РАН, академик РАН А.Н. Дмитриевский (доклад «Ресурсно-инновационное развитие экономики России»), президент Союза нефтегазопромышленников России Г.И. Шмаль (доклад «Состояние и проблемы нефтяной промышленности России на современном этапе развития»).

О связи журнала с региональными компаниями рассказали в своих докладах представители компаний учредителей: ОАО «Татнефть» - директор ТатНИПИнефти Р.Р. Ибатуллин (доклад «Журнал «Нефтяное хозяйство» и развитие нефтяной промышленности в Татарстане»), ОАО АНК «Башнефть» - главный специалист компании Е.В. Лозин (доклад «Роль журнала «Нефтяное хозяйство» в развитии научно-технического потенциала ОАО АНК «Башнефть»), ОАО «Газпром нефть» - генеральный директор ООО «Газпром нефть НТЦ» Д.В. Волохов («Инновационная деятельность компании «Газпром нефть» и роль научно-технических изданий в создании и внедрении инноваций»), ОАО «Сургутнефтегаз» - заместитель начальника Технического управления компании по новой технике и технологиям Э.П. Егоров («Основные направления развития ОАО «Сургутнефтегаз» в области повышения энергоэффективности производства»).

В рамках юбилейных мероприятий издательство «Нефтяное хозяйство» выпустило книгу «Неизвестное «Нефтяное хозяйство». 1920 – 1941 гг. Очерки по истории нефтяной промышленности и отраслевого научно-технического журнала».

На основе широкого круга архивных документов, многие из которых впервые вводятся в научный оборот, а также статей журнала «Нефтяное хозяйство», опубликованных в 1920 – 1941 гг., раскрывается непростая история научно-технического журнала, связанная как со становлением советской нефтяной промышленности, так и складыванием командно-административной системы управления наукой и производством в СССР. На основе тематической подборки публикаций журнала и соответствующих документов раскрываются некоторые страницы технико-технологической и институциональной истории нефтяной промышленности (становление органов охраны недр, непростая история нефтяной геофизики и зарождения новейших технологий разработки месторождений), в которых публикации журнала «Нефтяное хозяйство» сыграли ключевую роль. В книге дается история репрессий в нефтяной промышленности СССР, а в отдельную главу вынесены биографии некоторых репрессированных и забытых нефтяников, чья жизнь и работа была связана с журналом «Нефтяное хозяйство».

Юбилейный, 2010-й, год журнал «Нефтяное хозяйство» заканчивает в твердой уверенности, что 100-летний юбилей он отметит новыми успехами.