

По данным А.А.Боксермана и др. [1], 65% оставшихся на начало XXI века запасов нефти и газа относятся к категории трудноизвлекаемых. 28% из них находятся в низкопроницаемых коллекторах. При этом 20% общих запасов нефти находится в карбонатных коллекторах. Отсюда понятен интерес нефтяников к повышению эффективности разработки этих категорий запасов. Известно, что извлечение нефти из карбонатных коллекторов традиционными технологиями как правило малоэффективно. Это связано с коллекторскими свойствами пласта (трещиноватость, низкая пористость, неоднородность), его повышенной реакционной способностью и свойствами самой нефти. Нефтеотдача таких коллекторов во многом определяется не только фильтрационно-емкостными свойствами, но и минералогическим составом породы. Многофакторность условий, влияющих на поведение нефти в сложнопостроенных коллекторах карбонатного типа, требует разностороннего подхода к изучению процессов нефтеизвлечения и их учета при создании новых технологий нефтедобычи.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Б.Я.МАРГУЛИС  
В.А.АЛЬФОНСОВ

канд.хим.наук, ст.н.сотр., зав.отд. ОАО «НИИнефтепромхим»  
доктор хим. наук, проф., ИОФХ им.А.Е.Арбузова Каз.НЦ РАН

г. Казань

### NEW APPROACHES TO DEVELOPING OIL POOLS IN CARBONATE RESERVOIRS.

B.Ya. Margulis – Candidate, Chemistry, senior research fellow, head of department ОАО "NIIneftepromchim"

V.A. Alfonsov – Doctor, Chemistry, Prof., Institute of Organic and Physical Chemistry named after A.E. Arbuzov, Kazan Research Center, Russian Academy of Sciences

According to A.A.Boxerman and others, [1], 65% of the oil and gas reserves remaining unextracted, as of the beginning of the 21-st century, are referred to the classification of "difficult to produce" reserves. 28% of them are in the low permeability reservoirs. Besides, 20% of the total oil reserves are stored in the carbonate reservoirs. Hence the oil men's interest in improving the efficiency of developing these types of reserves. Oil extraction from carbonate reservoirs using conventional technologies is known to be, as a rule, inefficient. This has something to do with the reservoir properties of the formation (cracks, low porosity, heterogeneity), its increased reaction capability and the properties of oil itself. The oil yield of such reservoirs, in many respects, is determined not only by the filtration and capacity properties but by the mineralogical composition of material. The multiple factors which influence the conditions impacting the behavior of oil in the carbonate type reservoirs, characterized by complex structure, require a versatile approach to the study of the processes of oil extraction and taking them into consideration, when creating new oil production technologies.

A group of chemists of the Institute of Organic and Physical Chemistry named after A.E. Arbuzov, Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences under the leadership of O.G. Sinyashin, Academician of the Russian Academy of Sciences (V.A. Alfonsov, L.N. Punegov, G.V.Romanov, etc.) together with oil men and geologists under the leadership of R.Kh. Muslimov, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (B.Ya. Margulis, V.P. Morozov, I.N. Plotnikova, etc.) developed and researched, in all aspects, under laboratory conditions, a new acid complexing agent AFK to apply to the well bottom-hole area in carbonate and clay reservoirs.

Preliminary research of the agent was conducted on the linear models of the formation with a view to determining the influence exercised by the agent on the filtration and capacity properties of the reservoir. In Fig. 1, the results of the change in the permeability of the model are given after it has been acted upon by the AFK agent and the mineralized water, while in fig. 2, the same situation but involving fresh water is shown. It follows from the results set out, that the use of the AFK agent increases the permeability of the models several times when filtrating both mineralized and fresh waters. In real conditions,

Группой химиков Института органической и физической химии им.А.Е.Арбузова КазНЦ РАН под руководством академика РАН О.Г.Синяшина (В.А.Альфонсов, Л.Н.Пунегова, Г.В.Романов и др.) совместно с нефтяниками и геологами под руководством академика АН РТ Р.Х.Муслимова (Б.Я.Маргулис, В.П.Морозов, И.Н.Плотникова и др.) был разработан и всесторонне исследован в лабораторных условиях новый кислотный комплексообразующий реагент АФК для обработки призабойной зоны скважин в карбонатных и глинистых коллекторах.

Предварительные исследования реагента проводились на линейных моделях пласта с целью определения влияния реагента на фильтрационно-емкостные свойства коллектора. На рис.1 приведены результаты изменения проницаемости модели после воздействия на нее реагентом АФК и минерализованной водой, а на рис.2 то же, но с пресной водой. Из приведенных результатов следует, что

применение реагента АФК многократно увеличивает проницаемость моделей при фильтрации как минерализованных, так и пресных вод. В реальных условиях это означает увеличение радиуса активного дренирования пласта в результате частичного растворения скелета породы и блокирования вредного влияния глинистой составляющей.

Реагент испытывали на образцах естественного зерна кизеловских и черепетских отложений. При этом установлено, что, в отличие от соляной кислоты, реагент АФК равномерно воздействует на коллектор, проникая как в высоко-, так и низкопроницаемые зоны (кизеловские отложения), сохраняя исходную структуру коллектора. Рентгенографическим анализом не установлено появления в образцах зерна каких-либо новообразований. При этом частично увеличивается пористость, значительно возрастает проницаемость. Также установлено растворение зернистого кальцита, который цементирует ▶

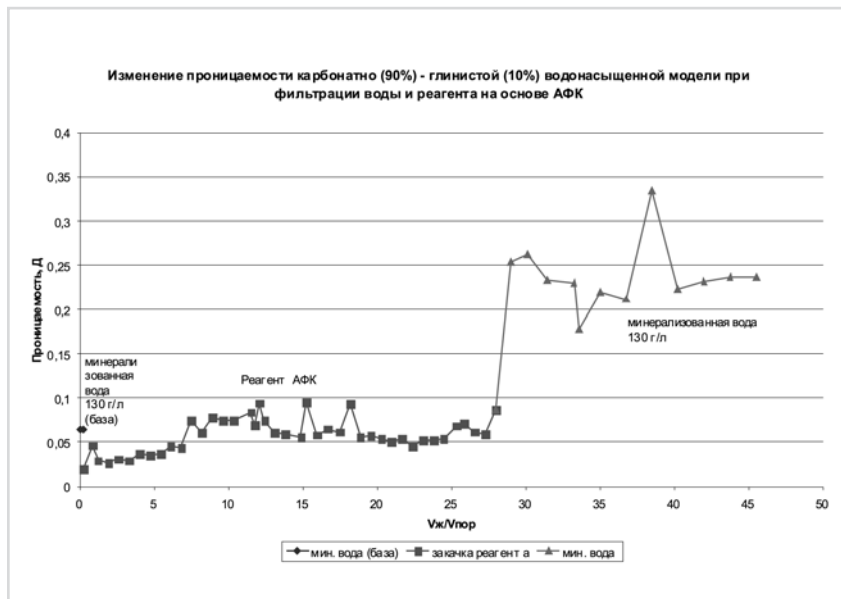


Рис. 1

органические остатки, причем максимальное растворение кальцита происходит не в кавернах, а в соединяющих их каналах. На кернях черепетских отложений после воздействия реагента АФК установлено образование трещинок растворения, которые возникли на границе слоев биокластово-фитогенных и биокластово-зоогенных известняков. Трещинки имеют неправильную форму, являются извилистыми и прерывистыми в шлифе. Появление трещинок растворения объясняет чрезвычайно высокую проницаемость образцов (на 2-3 порядка) после их обработки АФК. Важно подчеркнуть, что до обработки образцов керня они относились к поровому типу коллекторов, не имеющему практической значимости (практически нулевая проницаемость). После обработки они стали порово-трещинного типа с высокой проницаемостью. Промышленная ценность при этом требует экспериментального подтверждения в полевых условиях.

Помимо кислотных свойств реагент АФК обладает мощным комплексобразующим эффектом, способным в субстехиометрическом соотношении препятствовать росту кристаллов осадкообразующих солей. Он обладает кристаллоразрушающим эффектом, видоизменяя форму центра кристаллизации. Благодаря этому происходит предотвращение выпадения коагулирующих гелеобразных осадков и солей, разрушается молекулярная структура глин и происходит вынос продуктов реакции, что подтверждено исследованиями с применением метода ИК-спектроскопии.

Реагент АФК легко растворим в пресных и минерализованных водах для приготовления рабочих концентраций. Реагент может успешно заменять соляную кислоту практически во всех технологических операциях по кислотным обработкам призабойной зоны скважин, совместим

с плавиковой кислотой (при обработке терригенных коллекторов), а также способен декольматизировать и раскальцизировать призабойную зону, удалять металлы, вызывающие осадкообразование, разрушать и вымывать глинистую составляющую. При воздействии добывающих скважин на призабойную зону увеличивается коэффициент ее продуктивности, особенно в комплексе с ПАВ и растворителями. Воздействие же через нагнетательные скважины приводит к изменению профиля приемистости (особенно в комплексе с полимерами) и увеличению проницаемости пористой матрицы, предотвращает загрязнение призабойной зоны закачиваемой водой.

Стоимость 1 т готового к употреблению раствора нужной концентрации соизмерима со стоимостью 1 т соляной кислоты. Неоспоримым преимуществом является значительное сокращение транспортных и складских расходов – 1 т концентрата позволяет приготавливать 30-50 т раствора, эквивалентного по кислотному воздействию 30-50 т  $\text{HCl}$  (но универсального действия и с большими возможностями). Таким образом, 1 т реагента заменяет 1 ж/д цистерну соляной кислоты.

В настоящее время готовится к выпуску опытная партия реагента АФК и планируется проведение опытно-промышленных испытаний на 3 скважинах. ■

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

А.А.Боксерман, В.И.Грайфер, И.С.Джафаров и др. Проблемы технологического повышения извлекаемых запасов нефти России / Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии нанохимии к нанотехнологиям. Материалы конференции, М: 18-19 ноября 2008 г., с.20-25.

this means an increase in the radius of the formation active drainage, resulting from partial solution of the matrix solid material and the blockage of the harmful effect of the clay component.

The agent was tested on the natural core samples of the Kizel and Cherepetsk deposits. Among other things, it was ascertained that, unlike the hydrochloric acid, the AFK agent has a uniform effect on the reservoir, penetrating both into the high permeability and low permeability zones (Kizel deposits) while retaining the original structure of the reservoir. The X-ray analysis did not identify any new formations in the core samples. Besides, the porosity partially increases, the permeability significantly rises. It has also been determined that granular calcite, which cements organic residues, and maximum solution of calcite does not take place in the caverns, it takes place in the channels that connect them. On the core samples of the Cherepetsk deposits, after applying the AFK agent, the formation of solution cracks was identified which had emerged on the boundaries of the straticules of bioclast-phytogenous limestone and bioclast-zoogenous limestone. The cracks are of irregular shape, are winding and interrupted in the polished section. The appearance of the solution cracks accounts for extremely high permeability of the samples (by 2-3 orders of magnitude) after their treatment with AFK. It is important to stress that before the treatment of the core samples they were referred to the porous type of reservoirs which have no practical significance (practically, zero permeability). After treatment, they became of porous-crack type with high permeability. The industrial value, in the meantime, requires experimental confirmation in field conditions.

Apart from acid properties, the AFK agent possesses a powerful complexing effect, capable, in substoichiometric respect, of impeding the growth of the sediment forming salt crystals. It has a crystal destroying effect, changing the form of the crystallization center. Thanks to that, the precipitation of the colmatage gel-like sediments and salts is prevented, the molecular structure of clays is destroyed and there occurs a loss of the reaction products which is confirmed by the research using the IR spectroscopy.

The AFK agent is easily soluble in fresh and mineralized waters for preparation of working concentrations. The agent can successfully replace the hydrochloric acid practically in all the technological operations for the acid treatment of the well bottom-hole area; it is compatible with hydrofluoric acid (when treating terrigenous reservoirs) as well as it is capable of de-colmatating and decalcinating the bottom-hole area by removing the metals which cause sediments to form, capable of destroying and washing away the clay component. When impacting the bottom-hole area of the production wells, its productivity factor increases, especially, when combined with surface active agents and solvents. The impact through the injection wells leads to the change in the input profile (especially in combination with the polymers) and to an increase in the permeability of the porous matrix as well as prevents the contamination of the bottom-hole area with the water pumped in.

The cost of 1 ton of solution with proper concentration ready for use is commensurate with the cost of 1 ton of hydrochloric acid. An undisputable advantage is the significant reduction in transport and storage expenses as 1 ton of the concentrate allows you to prepare 30-35 tons of the solution equivalent in acid impact to 30-50 tons HCl (which, in addition, has a unique effect and a great potential). Therefore, 1 ton of the agent replaces 1 railroad tanker of hydrochloric acid.

At the present time, an experimental batch of the AFK agent is being prepared for production and plans are being made to carry out experimental and production test on 3 wells.

#### Literature

The Issues of the Technological Improvement of Russia's Extractable Oil Reserves/ A.A.Boxerman, V.I.Greifer, I.S. Dzharafarov, and al.// Nano-phenomena in the Development of the Hydrocarbon Deposits: from Nano-mineralogy, Nano-chemistry to Nano-technology. Conference Proceedings, M., November 18-19, 2008, pages 20-25.

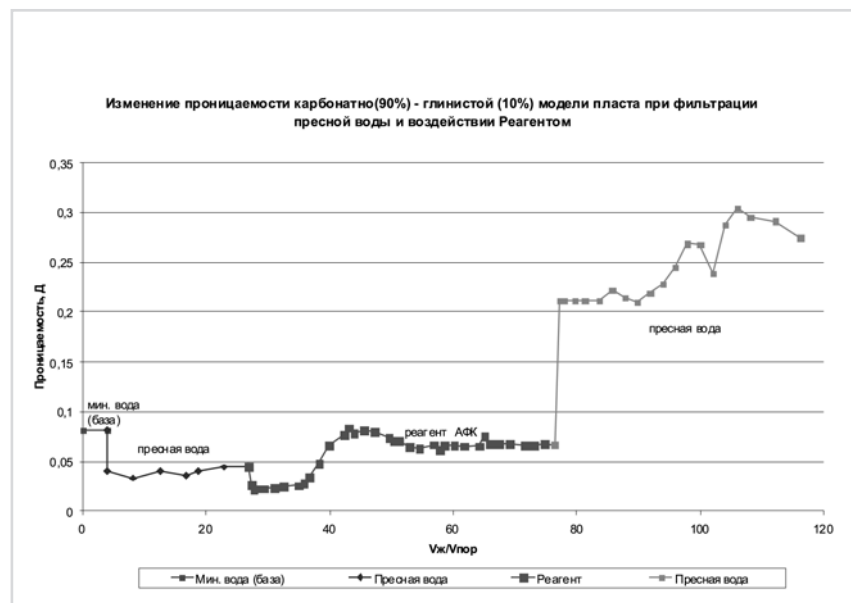


Рис. 2