



М.К. Рогачев
д-р техн. наук
Санкт-Петербургский горный университет¹
заведующий кафедрой разработки
и эксплуатации нефтяных и газовых
месторождений
rogatchev@mail.ru

Физико-химические технологии повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами

1. Россия, 199026, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2.

В статье представлены результаты исследований, проводимых на протяжении ряда лет на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Национального минерально-сырьевого университета «Горный» в области разработки месторождений с ТрИЗ. Разработан комплекс технологий, позволяющих эффективно вовлекать в разработку нефтяные залежи с низкопроницаемыми полимиктовыми коллекторами, благодаря направленному регулированию их фильтрационных свойств с использованием разработанных высокоэффективных и экологически безопасных химических реагентов и составов технологических жидкостей

Ключевые слова: месторождения нефти; трудноизвлекаемые запасы; нефтеотдача; коллекторы; фильтрационные свойства

Нефтепромысловый опыт свидетельствует о том, что на современном этапе развития нефтедобывающей отрасли страны одними из наиболее эффективных и технологичных

методов повышения нефтеотдачи пластов являются физико-химические методы. В связи с этим успешность решения проблемы повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами

(ТРИЗ) во многом будет зависеть от разработки и внедрения новых высокоэффективных химических реагентов и составов технологических жидкостей.

Целью исследований, проводимых на протяжении ряда лет на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Национального минерально-сырьевого университета «Горный», была разработка физико-химических технологий интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с ТРИЗ.

Основными задачами исследований стали:

- экспериментальная оценка реологических и фильтрационных свойств нефтей для построения (уточнения) геолого-технологической модели и организации мониторинга разработки месторождений;
- разработка технологий глушения и стимуляции скважин при подземном ремонте;
- разработка технологий ограничения водопритока в скважинах;
- разработка технологий повышения нефтеотдачи пластов.

Работа выполнялась в соответствии со стандартными методами теоретических, а также со стандартными и разработанными методиками экспериментальных исследований, которые проводились в специализированной лаборатории «Повышения нефтеотдачи пластов» Горного университета, оснащенной современным оборудованием, с моделированием пластовых условий нефтяных месторождений.

Результаты исследований реологических и фильтрационных свойств пластовых нефтей

Установлено, что в пластовых условиях месторождений с ТРИЗ проявление аномалий вязкости и подвижности (*рис. 1*) характерно не только для высоковязких высокосмолистых нефтей [1, 2], но и для маловязких парафинистых нефтей при их фильтрации в низкопроницаемых породах-коллекторах.

При решении проблемы повышения нефтеотдачи пластов необходимо учитывать особенности реологических свойств нефтей (аномалии вязкости и подвижности, тиксотропные свойства) и находить способы уменьшения отрицательного влияния этих свойств на процесс извлечения нефти из пласта.

Результаты исследований влияния неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) на реологические и фильтрационные свойства нефтей позволяют рекомендовать

использование этих реагентов в составе нагнетаемой в пласт воды, а также в составе технологических жидкостей при вторичном вскрытии продуктивного пласта и подземном ремонте скважин. Установлено, что ПАВ, перешедшие за счет диффузии из водных растворов в нефть, оказывают диспергирующее действие на структурообразующие компоненты нефти, вследствие чего у последней улучшаются реологические и фильтрационные свойства [2].

Разработка технологий глушения и стимуляции нефтяных скважин при подземном ремонте

Предложен новый подход к решению проблемы сохранения и улучшения фильтрационных характеристик призабойной зоны пласта (ПЗП) в процессе эксплуатации скважины [2, 3, 4]. Его суть заключается в совмещении каждой операции глушения скважины перед ее подземным ремонтом с воздействием на ПЗП путем закачки в эту зону специального химического состава, выполняющего одновременно две функции: 1) буфера для притока воды; 2) жидкости-водопоглотителя-гидрофобизатора, обеспечивающего при контакте с породой коллектора повышение ее фазовой проницаемости по нефти. Учитывая достаточно высокую частоту проведения подземных ремонтов скважин в нефтедобывающей отрасли (в среднем 1 ремонт в 1–1,5 года), а также возможность проведения операций по воздействию на ПЗП без привлечения бригад КРС, необходимо признать перспективность такого подхода очевидной.

Разработаны и рекомендуются к внедрению агрегативно-устойчивые, термостабильные гидрофобно-эмульсионные составы (ГЭС) для глушения и стимуляции скважин при ПРС, обеспечивающие сохранение и улучшение фильтрационных характеристик ПЗП и повышенную антикоррозионную защиту внутрискважинного оборудования:

- блокирующий состав обратной водо-нефтяной эмульсии (ОВНЭ);
- водный гидрофобизирующий состав (ВГС);
- интенсифицирующий состав обратной кислотонефтяной эмульсии (ОКНЭ).

Разработаны и внедрены в промышленное производство (совместно с ООО «Синтез-ТНП», Уфа) химические реагенты для приготовления жидкостей глушения скважин:

- гидрофобизатор НГ-1 (ТУ-2229-002-22650721-2002);

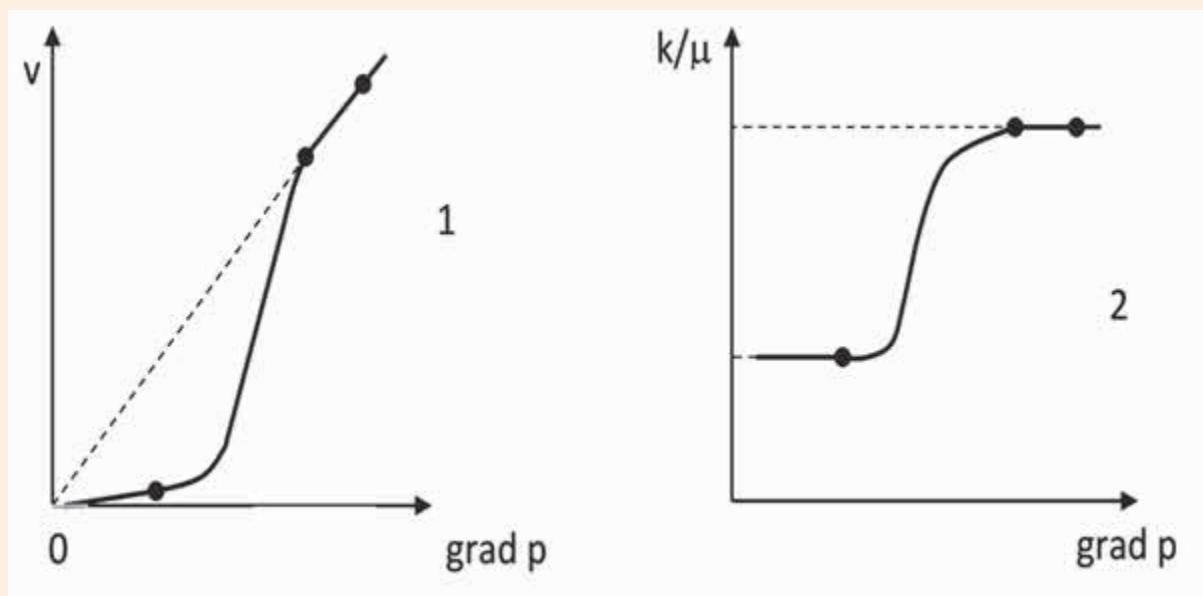


Рис. 1.
Кривые фильтрации (1) и подвижности (2) пластовой нефти в пористой среде

– эмульгатор обратных водонефтяных эмульсий ЯЛАН-Э2 (патент РФ № 2414290; ТУ-2458-001-22650721-2009).

Разработан способ приготовления гидрофобно-эмульсионных составов для глушения и стимуляции скважин (патент РФ № 2359002).

Обоснованы и предлагаются к внедрению технологии подземного ремонта скважин с использованием разработанных гидрофобно-эмульсионных составов:

- технология глушения нефтяных скважин блокирующим составом ОВНЭ;
- технология глушения скважин водным гидрофобизирующим составом ВГС;
- технология глушения скважин интенсифицирующим составом ОКНЭ;
- технология выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин;
- технология защиты внутрискважинного оборудования от коррозии.

Результаты промысловых испытаний разработанной технологии глушения нефтяных скважин перед ПРС на месторождениях Западной Сибири с использованием блокирующего состава ОВНЭ, стабилизированного разработанным реагентом-эмульгатором «ЯЛАН-Э2», показали:

- увеличение дебитов скважин в среднем на 5–10 м³/сут.;
- сокращение сроков их вывода на режим до 1–3 сут.;
- снижение обводненности скважинной продукции на 20–30%.

Разработка технологий физико-химического воздействия на полимиктовые коллекторы для повышения их нефтеотдачи

Повышение эффективности извлечения нефти из низкопроницаемых полимиктовых коллекторов может быть обеспечено за счет [5]:

- внедрения разработанной технологии физико-химического воздействия на продуктивные пласты, основанной на использовании воды низкой минерализации в качестве закачиваемой жидкости в системе поддержания пластового давления (ППД);
- использования разработанных гидрофобизирующих составов при вторичном вскрытии пластов и глушении скважин перед подземным ремонтом.

Разработана технология заводнения низкопроницаемых полимиктовых коллекторов, заключающаяся в периодической замене закачиваемой через скважины системы ППД минерализованной воды пресной водой [5].

Определено, что снижение минерализации фильтруемой через керн воды приводит к обратимому снижению водопроницаемости образца и росту коэффициента вытеснения нефти из образца полимиктовой породы (рис. 2).

Разработан гидрофобизирующий состав технологической жидкости для перфорации и глушения скважин, представляющий собой водный раствор разработанного гидрофобизатора НГ-1, обладающий способностью при контакте с полимиктовой породой-коллектором:

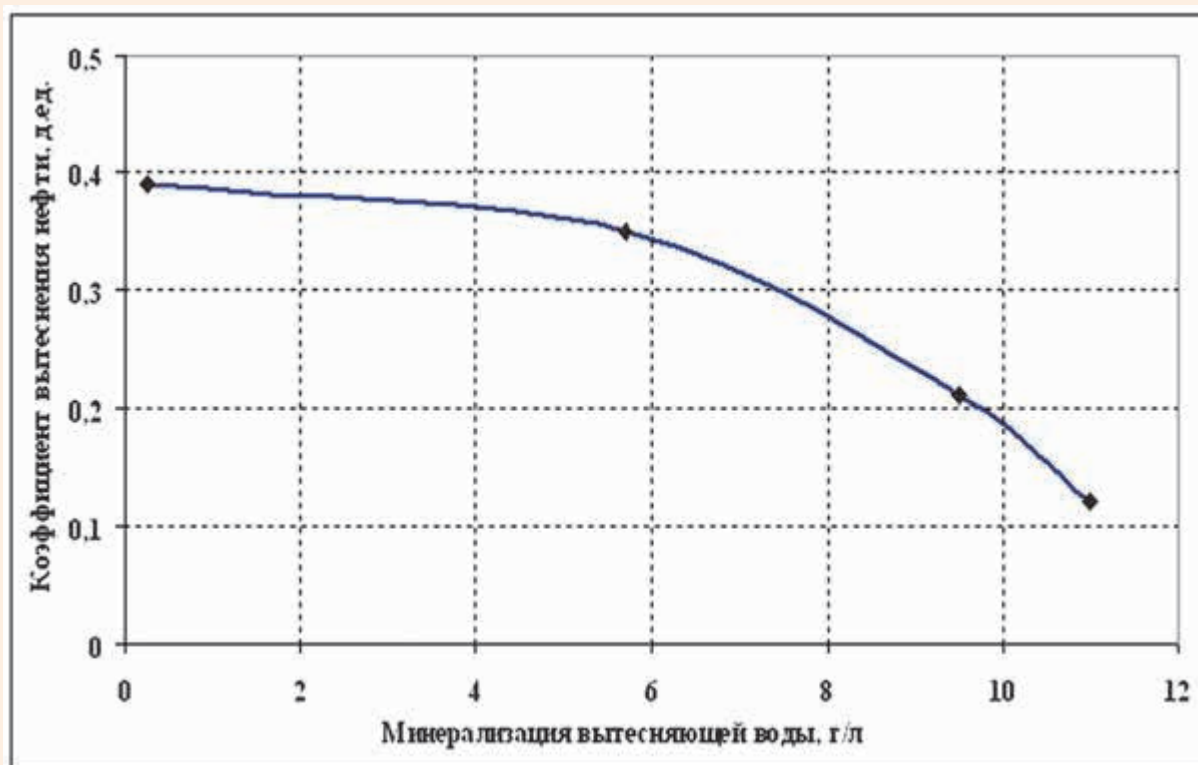


Рис. 2.
Зависимость коэффициента вытеснения нефти из керна от минерализации прокачиваемой воды

- сохранять проницаемость породы по нефти и понижать ее для воды;
- понижать механическую прочность породы.

Применение разработанного состава технологической жидкости при вторичном вскрытии продуктивного пласта и глушении скважин перед подземным ремонтом позволяет:

- сохранить фильтрационные характеристики пород ПЗП;
- снизить механическую прочность этих пород, подготовив таким образом пласт для дальнейших геолого-технических мероприятий по интенсификации притока нефти, в частности, для проведения гидравлического разрыва пласта.

Разработка технологии регулирования внутрипластовых фильтрационных потоков в низкопроницаемых нефтяных коллекторах

Разработана технология регулирования внутрипластовых фильтрационных потоков путем закачки в нагнетательные и добывающие скважины разработанного гидрофобизированного полимерного состава ГПС-1, позволяющая снизить интенсивность обводнения

и повысить коэффициент извлечения нефти на месторождениях с низкопроницаемыми неоднородными коллекторами [6].

Разработанный гидрофобизированный полимерный состав, представляющий собой водно-щелочной раствор гидролизованного акрилсодержащего полимера с добавлением неионогенного поверхностно-активного вещества с гидрофобными свойствами, доведен до промышленного производства («Реагент ГПС-1 для внутрипластовой водоизоляции» по ТУ 2216-007-22650721-2012, ООО «Синтез-ТНП», Уфа).

Проведенный комплекс лабораторных исследований (фильтрационных, реологических и микрореологических) показал, что разработанный для низкопроницаемых коллекторов водоизоляционный полимерный состав ГПС-1, по сравнению с традиционно используемым водным раствором акрилового полимера (гивпаном), позволяет снизить давление закачки в пласт и повысить остаточный фактор сопротивления.

Кроме того, результаты фильтрационных исследований, выполненных на образцах естественных кернов и моделях неоднородного нефтеводонасыщенного пласта, с использованием полимерного состава ГПС-1 показали:


– способность полимерного состава создавать в пористой среде пород коллекторов прочный водоизоляционный экран;

– высокую селективность действия полимерного состава, выражающуюся не только в преимущественном образовании изоляционного экрана в водонасыщенных интервалах, но и в проникновении состава большей частью в обводненные зоны;

– возможность повышения коэффициента вытеснения нефти из неоднородного пласта путем закачки полимерного состава с оторочками раствора хлористого кальция после полного обводнения высокопроницаемых пропластков;

– способность полимерного состава эффективно блокировать высокопроницаемые промытые пропластки, выравнивая тем самым профиль приемистости нагнетательных скважин.

Вывод

В результате проведенных исследований разработан комплекс технологий [2–6], позволяющих эффективно вовлекать в разработку нефтяные залежи с низкопроницаемыми полимиктовыми коллекторами, благодаря направленному регулированию их фильтрационных свойств с использованием разработанных высокоэффективных и экологически безопасных химических реагентов и составов технологических жидкостей. 

Литература

1. Девликамов В.В., Хабибуллин З.А., Кабилов М.М. Аномальные нефти. М.: Недра. 1975. 168 с.
2. Рогачев М.К., Стрижнев К.В. Борьба с осложнениями при добыче нефти. М.: Недра. 2006. 295 с.
3. Рогачев М.К., Мардашов Д.В., Стрижнев К.В., Зейгман Ю.В. Разработка технологий глушения и стимуляции нефтяных скважин при подземном ремонте // Нефтегазовое дело. 2007. Т. 5. № 2. С. 55–58.
4. Мардашов Д.В., Рогачев М.К., Стрижнев К.В. Разработка технологий применения обратных эмульсий при подземном ремонте нефтяных скважин // Записки Горного института. 2007. Т. 173. С. 20–22.
5. Гладков П.Д., Рогачев М.К. Особенности реализации систем заводнения в условиях продуктивных горизонтов неокомского комплекса Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 1.
6. Рогачев М.К., Кондрашев А.О., Кондрашев О.Ф. Водоизоляционный полимерный состав для низкопроницаемых коллекторов // Нефтяное хозяйство. 2014. № 4. С. 63–65.

UDC 622.276.344

M.K. Rogachev, Dr. technical sciences, head of the department of development and exploitation of oil and gas fields of St. Petersburg Mining University¹, rogachev@mail.ru

1. St. Petersburg Mining University. 2, 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russia.

Physical and chemical EOR technologies on fields with hard to recover reserves

Abstract. The article presents the results of studies conducted over several years at the Department of “Development and exploitation of oil and gas fields» National Mineral Resources University (Mining University) in the development of fields with hard to recover reserves. A package of technologies to effectively engage in the development of oil deposits with low-permeability reservoirs polymictic thanks to the direction of their filtration properties of regulation developed using highly efficient and environmentally friendly chemicals and compositions of processing liquids.

Keywords: oil fields; hard to recover reserves; oil recovery; collectors; filtration properties

References

1. Devlikamov V.V., Khabibullin Z.A., Kabirov M.M. *Anomal'nye nefiti* [Abnormal oil]. M.: Nedra Publ., 1975, 168 p.
2. Rogachev M.K., Strizhnev K.V. *Bor'ba s oslozhnieniami pri dobyche nefiti* [Fight against complications for oil]. M.: Nedra Publ., 2006, 295 p.
3. Rogachev M.K., Mardashov D.V., Strizhnev K.V., Zeigman Yu.V. Razrabotka tekhnologii glusheniia i stimulatsii nefitnykh skvazhin pri podzemnom remonte [Development jamming technology and the stimulation of oil wells in underground repair]. *Neftgazovoe delo*, 2007, vol. 5, no. 2, pp. 55–58.
4. Mardashov D.V., Rogachev M.K., Strizhnev K.V. Razrabotka tekhnologii primeneniia obratnykh emul'sii pri podzemnom remonte nefitnykh skvazhin [Development of technologies for the use of inverse emulsions in underground repair of oil wells]. *Zapiski Gornogo institute*, 2007, vol. 173, pp. 20–22.
5. Gladkov P.D., Rogachev M.K. Osobennosti realizatsii sistem zavodneniia v usloviakh produktivnykh gorizontov neokomskogo kompleksa Zapadnoi Sibiri [Features of the waterflood systems in terms of productive horizons of the Neocomian complex of Western Siberia]. *Neftgazovaia geologiya. Teoriia i praktika*, 2012, vol. 7, no. 1.
6. Rogachev M.K., Kondrashev A.O., Kondrashev O.F. Vodoizoliatsionnyi polimernyi sostav dlia nizkopronitsaemykh kollektorov [Waterproofing resin composition for low-permeability reservoirs]. *Neftianoe khoziaistvo*, 2014, no. 4, pp. 63–65.

Генеральный
информационный
партнер:



РОССИЯ
СЕГОДНЯ

Восточный нефтегазовый форум



6Р7 июля 2016 г., Владивосток

Организатор **VOSTOCK CAPITAL**



Ключевые проекты Восточной Сибири и Дальнего Востока:

- ш создание центров нефтегазодобычи и систем транспортировки и хранения нефтегаза;
- ш развитие нефтегазохимического производства, в том числе мощности по производству гелия;
- ш газификация регионов и удаленных населенных пунктов;
- ш возможности для инвесторов и партнеров из Азиатско-Тихоокеанского региона;
- ш возможности экспорта газа на рынки АТР;
- ш лучшие отечественные и зарубежные технологии и оборудование для нефтегазовой отрасли;
- ш импортозамещение и локализация производства оборудования в России.

РЕКЛАМА

+7 (499) 505 1505 (Москва), +44 207 394 30 90 (Лондон), events@vostockcapital.com, www.eastrussiaoilandgas.com