



ПРИМЕНЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УЗБЕКИСТАНА

В. Дж. Абдуллаев*¹, Р. Г. Велиев², С. С. Рябов³, Г. Г. Крупин³, У. З. Рахимов³

¹НИПИ «Нефтегаз», SOCAR, Баку, Азербайджан

²SOCAR, Баку, Азербайджан

³Saneg Ташкент, Узбекистан

Application of gel systems for water shut-off on Uzbekistan oil fields

V. J. Abdullayev*¹, R. G. Veliyev², S. S. Ryabov³, G. G. Krupin³, U. Z. Rahimov³

¹OilGasScientificResearchProject» Institute, SOCAR, Baku, Azerbaijan

²SOCAR, Baku, Azerbaijan

³Saneg, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

The article presents a water shut-off method with simultaneous acid treatment effective in both terrigenous and carbonate reservoirs. Field and experimental studies were carried out in the fields Kruk and Shurchi. As a result of the measures taken, a significant increase in oil production and reduction of production water cut was observed.

Keywords: gel systems; gel formation; water shut-off; oil well; well flow rate.

© 2023 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Техническим противоречием при добыче нефти является то, что с одной стороны необходимо поддерживать высокие отборы нефти, а с другой высокие отборы нефти приводят к раннему обводнению скважин и резкому снижению фазовой проницаемости для нефти. Указанное техническое противоречие может быть преодолено эффективной изоляцией водопритоков, что обеспечит поддержание достаточно высокого отбора нефти и будет способствовать сокращению сроков разработки месторождения. Очевидно, что главным требованием к эффективному способу изоляции водопритоков является селективность воздействия, при котором фазовая проницаемость для воды снижается (технический успех), а проницаемость по нефти повышается (экономический успех) или сохраняется на прежнем уровне [1-10].

Блокирование водопроницаемых каналов происходит в результате [8]:

- осадкообразования;
- гелеобразования;
- затвердевания.

Наиболее распространенными в отечественной практике изоляции водопритоков являются способы, основанные на использовании цементного раствора, а также различных селективных осадкообразующих реагентов. Наиболее распространенным в западной практике изоляции водопритоков являются способы, основанные на

использовании гелеобразных масс с последующей закачкой цементного раствора [11].

Основным недостатком способов, использующих цементный раствор является возможное снижение коэффициента продуктивности скважин, связанного с загрязнением нефтеносного пропластка [11]. Кроме того, цементный раствор (даже мелкого помола) имеет низкую проникающую способность в водоносный интервал [11], ввиду чего эффективность способа резко снижается.

Основным недостатком способов, использующих селективные осадкообразующие реагенты является, низкая блокирующая способность в высокопроницаемых водоносных пропластках [12] и недостаточное воздействие на низкопроницаемый нефтенасыщенный пропласток.

Как известно [8], необходимым условием формирования изолирующей массы в призабойной зоне является фактор «парности», т.е. процесс протекает при наличии двух компонентов - водоизолирующего и вспомогательного реагентов. Известен ряд способов изоляции водопритока, основанных на последовательной закачке в призабойную зону водоизолирующего и вспомогательного реагентов. Так известен способ изоляции притока воды в скважину, включающий последовательную закачку водного раствора полиакриламида и сшивающего агента [13]. Способ имеет низкую эффективность, связанную с тем, что после подачи сшивающего агента в призабойной зоне не происходит равномерного его смешения с предварительно закачанным водным раствором полиакриламида. В результате прочность и устойчивость созданного барьера снижается и он быстро размывается потоком

E-mail: vugar.abdullayev@socar.az

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20230100806>

фильтрующей жидкости. Применение дефицитного и дорогостоящего бихромата калия также снижает эффективность способа.

Известен также, способ селективной изоляции высокопроницаемых интервалов в скважине, включающий последовательную закачку водных растворов полимера и соляной кислоты [14]. При этом, в результате предварительной закачки водного раствора полимера в призабойную зону скважины, за счет его вязко-упругих свойств он поступает не только в высокопроницаемые водоносные, но и в низкопроницаемые нефтегазоносные интервалы. После закачки соляной кислоты она вступает в реакцию с полимерным раствором, что приводит к интенсивному осадкообразованию. В результате селективность способа нарушается и вместе с водоносными интервалами блокируются также и нефтеносные. Помимо этого, к недостаткам прототипа относится то, что ввиду отсутствия разделителя в процессе закачки в стволе скважины происходит перемешивание водных растворов полимера и соляной кислоты. Это приводит к выпадению осадка в стволе скважины и перекрытию продуктивного интервала.

Таким образом, известные способы имеют низкую эффективность, связанную с нарушением селективности блокирования высокопроницаемых интервалов, смещением закачиваемых растворов в стволе скважины и использованием дефицитных и дорогостоящих реагентов. Для повышения эффективности изоляции путем увеличения селективности блокирования высокопроницаемых интервалов при одновременном увеличении проницаемости нефтенасыщенных низкопроницаемых интервалов и исключения перемешивания закачиваемых растворов в стволе скважины, был разработан способ селективной изоляции водопритоков с одновременной солянокислотной обработкой нефтенасыщенного низкопроницаемого интервала.

Предложенный способ заключается в том, что в скважину последовательно закачивают гелеобразующее вещество, разделитель и инициатор гелеобразования. В одном из вариантов способа в качестве инициатора гелеобразования используется соляная кислота. При контакте первой порции соляной кислоты с раствором гелеобразующего вещества в высокопроницаемом интервале происходит интенсивное гелеобразование, снижающее проницаемость интервала и обеспечивающее потокоотклонение последующих порций соляной кислоты в нефтенасыщенный низкопроницаемый интервал. Разделитель (в качестве которого обычно используется легкая нефть) предотвращает смешение гелеобразующего вещества и инициатора гелеобразования в стволе скважины.

Эксперимент

Изучение процесса вытеснения проводили на экспериментальной установке, показанной на рисунке 1 [15].

Эксперимент проводился в следующей последовательности [15]:

- колонка высокого давления, представляющая собой полый стальной цилиндр, обклеенный изнутри кварцевым песком, с длиной рабочей части 1.1 м и внутренним диаметром 0.032 м, путем вертикальной вибрационной трамбовки заполнялась в первой серии карбонатной породой, во второй смесью кварцевого песка различ-

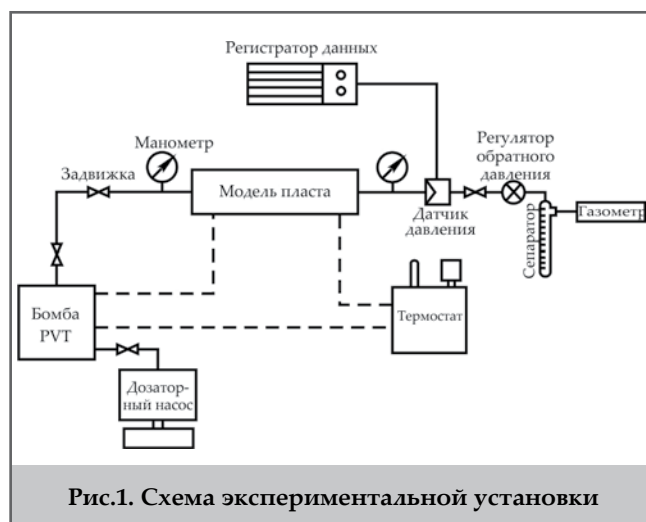


Рис.1. Схема экспериментальной установки

ных фракций с карбонатной пылью (до 10%) и бентонитовой глиной (до 6%), в третьей смесью кварцевого песка различных фракций с бентонитовой глиной (до 6%);

- моделировался слоисто-неоднородный пласт с контактирующими пропластками, что достигалось использованием разделительной перегородки, постепенно удаляемой в процессе заполнения колонки;
- после обвязки экспериментальной установки в соответствии со схемой (рис. 1) по стандартной методике определяли объем пор и абсолютную проницаемость пористой среды. Проницаемость первого слоя, примерно в 7 раз превышала проницаемость второго слоя (3.5 против 0.5 мкм²);
- при непрерывном термостатировании (в первой серии 363 во второй – 323 °К) производилось вакуумирование установки;
- модель пласта насыщалась нефтью (в качестве образца нефти в исследованиях использовалась нефть месторождения Гюнешли, плотностью 824 кг/м³, динамической вязкостью 4 мПа·с при 363 °К и 8 мПа·с при 323 °К), и давление повышалось до 1 МПа;
- производилось вытеснение нефти при перепаде давления 0.1 МПа водой до полного обводнения модели пласта и продолжение вытеснения нефти после различных вариантов изоляции водопритока;
- в первой и второй серии экспериментов на выход модели последовательно закачивали раствор гелеобразующего вещества и инициатора гелеобразования. Общий объем закачиваемых в процессе изоляции флюидов во всех экспериментах составлял 20%. При этом в первой серии экспериментов опыты проводились при температуре 363 °К (90 °С), а во второй при 323 °К (50 °С);
- результаты оформлялись в виде зависимости коэффициента вытеснения от безразмерного объема прокачки (табл. 1). В качестве базы сравнения брались результаты вытеснения нефти без проведения мероприятия.

Результаты экспериментов показаны в таблице 1, из которой видно, что в первой и второй серии эксперимен-

| Серия экспериментов | 1 | 2 | 3 |
|---------------------|------|------|------|
| Без изоляции, % | 52.1 | 43.2 | 42.9 |
| С изоляцией, % | 61 | 51 | 48 |
| Δ , % | 8.9 | 7.8 | 5.1 |

тов имеет место значительное увеличение коэффициента вытеснения после изоляции водопритока, в то время как в третьей серии эффективность ограничения водопритока значительно ниже. Это объясняется тем, что в третьей серии экспериментов из-за отсутствия карбонатных включений кислотная обработка низкопроницаемого нефтенасыщенного пропластка не приводит к увеличению проницаемости.

Промысловая реализация технологии

В промысловых условиях способ изоляции водопритоков осуществляют следующим образом. На устье скважины доставляют расчетное количество реагентов: гелеобразное вещество и инициатор гелеобразования. После опрессовки скважины в нее последовательно закачивают легкую нефть, гелеобразное вещество, легкую нефть, инициатор гелеобразования, легкую нефть и продавочную жидкость (техническую воду). После проведения мероприятия скважину останавливают и проводят технологическую выдержку в течение 20 часов, после чего запускают скважину в эксплуатацию.

Реализация предложенного способа была осуществлена на месторождениях Узбекистана в 2022 и 2023 годах. Мероприятия были осуществлены на скважинах месторождений Крук и Шурчи. Ниже приведены результаты применения технологии на пяти скважинах указанных месторождений.

1. Геолого-геофизическая информация по скважинам

Месторождение Крук

Скважина № 56

Интервал перфорации: 2372-2393

Горизонт: XV

Тип пласта: карбонат

Пластовая температура – 104 °С

В интервале перфорации выделяются 6 пластов-коллекторов. Результаты интерпретации приведены в таблице 2. Верхняя часть (2373.2-2377.6 м) интервала представлена тонкими пропластками сложных коллекторов. Ниже залегающие (2379.7-2393 м) пласты-коллектора

| № | Интервал по ГИС, м | Мощность, м |
|---|--------------------|-------------|
| 1 | 753.2-754.8 | 1.6 |
| 2 | 761.4-763.2 | 1.8 |
| 3 | 765.6-767.2 | 1.6 |

- поровые с относительно хорошими фильтрационно-емкостными свойствами коллектора.

Месторождение Шурчи

Скважина № 89

Интервалы перфорации: 780-795

Горизонт: XVII

Тип пласта: терригенный

Пластовая температура: 51 °С

Предоставленный каротажный материал по скважине не охватывает весь интервал перфорации. Как видно из рисунка 2, ниже глубины 783.6 м информация отсутствует.

В скважине №89 проведены исследования (на дату 30.12.2020) по определению профиля и состава притока, источника обводнения при компрессировании. В интервале перфорации 780-785 м ниже на рисунке 3 отображен профиль притока в процентном содержании. Как видно из рисунка, наиболее приемистым участком является верхняя часть пласта в интервале 780-782 м и незначительно нижняя часть 784-785 м.

Скважина № 95

Интервалы перфорации: 752-754, 760-763, 765-767 м

Горизонт: XVII

Тип пласта: терригенный

Литология: песчаники нефтенасыщенные

Пластовая температура: 43 °С

Ниже на рисунке 4 выделены интервалы перфорации на каротажной диаграмме.

С учетом предоставленного каротажного материала, состоящего из стандартного каротажа и кавернометрии, выделенные коллектора слегка скорректированы по глубине по показаниям вышеуказанных методов каротажа.

Так, выделенные коллектора в исследуемом участке указаны в таблице 3 ниже и указаны на фрагменте каротажной диаграмме (рис. 5).

Наиболее проницаемыми из выделенных трех пластов-коллекторов, по-видимому, являются два верхних интервала: 753.2-754.8 и 761.4-763.2 м.

С точки зрения характера насыщения нижний пласт-коллектор возможно водонасыщенный, который отмечается относительно пониженным удельным сопротивлением по сравнению с верхними пластами.

| № | Интервал, м | | $H_{эф}$, м | $K_{п}$, % | $K_{из}$, % | Характеристика | Тип коллектора |
|---|-------------|--------|--------------|-------------|--------------|-----------------|----------------|
| | от | до | | | | | |
| 1 | 2373.2 | 2374.1 | 0.9 | - | - | возм. коллектор | сложн. |
| 2 | 2375.5 | 2376.1 | 0.6 | - | - | возм. коллектор | сложн. |
| 3 | 2376.9 | 2377.6 | 0.7 | - | - | возм. коллектор | сложн. |
| 4 | 2379.7 | 2380.9 | 1.2 | 7 | 82 | коллектор | поровый |
| 5 | 2383.6 | 2385.5 | 1.9 | 12 | 73 | коллектор | поровый |
| 6 | 2386.8 | 2393 | 6.2 | 12 | 70 | коллектор | поровый |

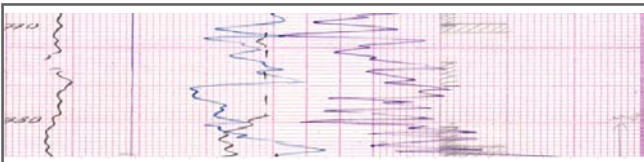


Рис. 2. Фрагмент каротажной диаграммы по скважине 89 месторождения Шурчи

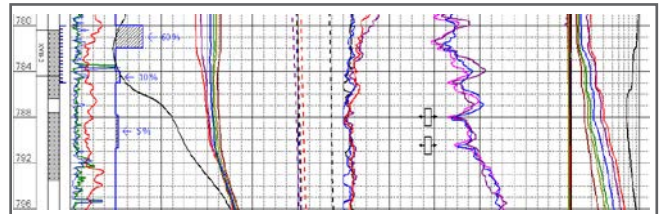


Рис. 3. Фрагмент планшета по определению профиля и состава притока, источника обводнения при компрессировании. Сква. 89 месторождения Шурчи

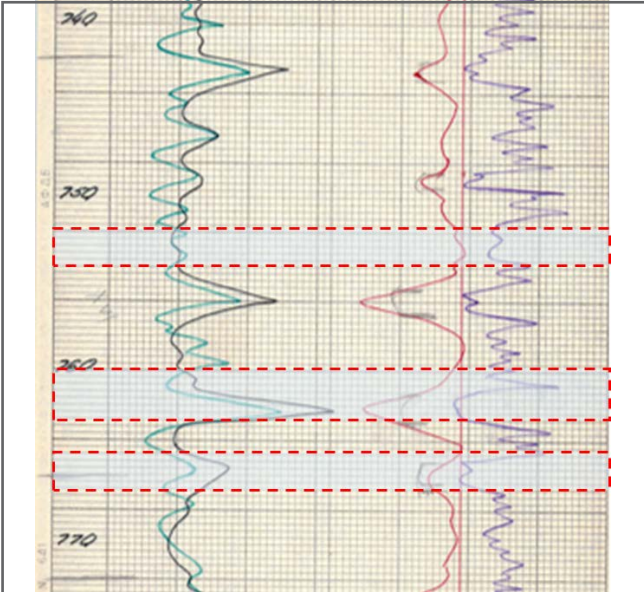


Рис. 4. Фрагмент каротажа по скв. 95, с указанием интервалов перфорации, месторождения Шурчи

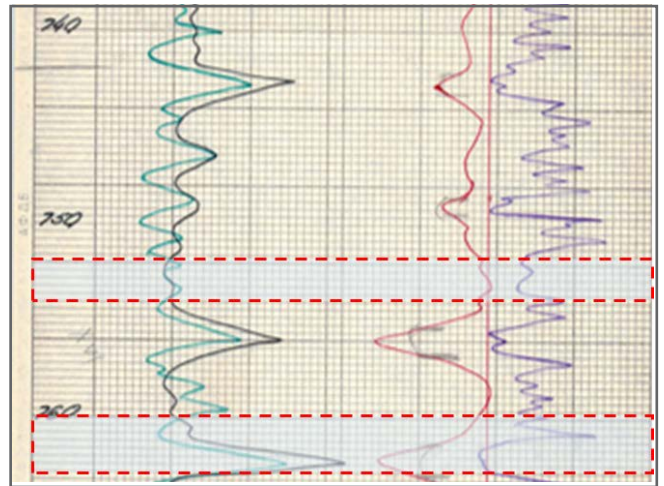


Рис. 5. Фрагмент каротажной диаграммы с выделенными коллекторами

2. Результаты мероприятий по ограничению водопритока

Результаты мероприятий приведены на рисунках 6 и 7. Как видно из рисунков на всех пяти скважинах имеет место снижение отбора воды и увеличение дебита нефти. При этом в ряде случаев (рис. 6) дебит нефти возрос в 4-5 раз. Результаты мероприятий проведенных в феврале 2022 года позволяют оценить длительность эффекта. На скважине 91 эффект длился около трех месяцев, а на скважине 89 около года. Это видно при сравнении данных по скважине 89 на рисунках. 6 и 7.

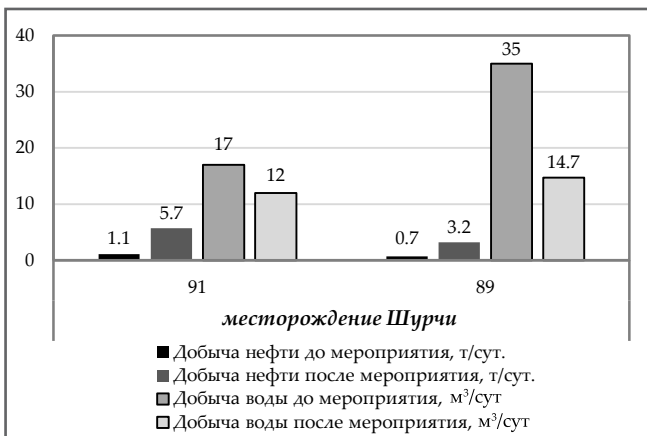


Рис. 6. Результаты промышленной реализации способа ограничения водопритока на месторождениях Узбекистана в феврале 2022 г.

Выводы

- Разработан способ изоляции водопритока с одновременной кислотной обработкой эффективный как в терригенных, так и в карбонатных пластах;
- Экспериментальные результаты показали, что способ наиболее эффективен в карбонатных и терригенных породах содержащих карбонаты;
- Реализация способа на месторождениях Крук и Шурчи подтвердила полученные экспериментальные результаты.

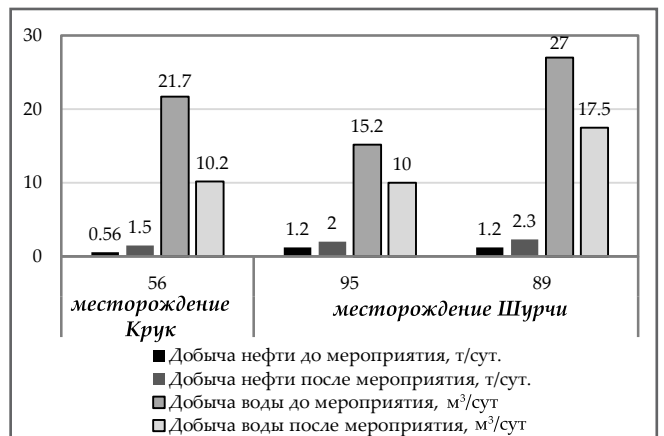


Рис. 7. Результаты промышленной реализации способа ограничения водопритока на месторождениях Узбекистана в январе-феврале 2023 г.

Авторы выражает благодарность члену-корреспонденту НАН Азербайджана, доктору технических наук, профессору Б. А. Сулейманову за постановку задачи и обсуждение результатов.

Литература

1. Сулейманов, Б. А. (1995). О фильтрации дисперсных систем в неоднородной пористой среде. *Коллоидный журнал*, 57(5), 743-746.
2. Салаватов, Т. Ш., Сулейманов, Б. А., Нурьяев, А. С. (2000). Селективная изоляция притока жестких пластовых вод в добывающих скважинах. *Нефтяное хозяйство*, 2, 81-83.
3. Suleimanov, B. A., Azizov, K. F., Abbasov, E. M. (1998). Specific features of the gas-liquid mixture filtration. *Acta Mechanica*, 130(1), 121-133.
4. Сулейманов, Б. А., Исмаилов, Ф. С., Велиев, Э. Ф. (2014). О влиянии наночастиц металла на прочность полимерных гелей на основе КМЦ, применяемых при добыче нефти. *Нефтяное хозяйство*, 1, 86-88.
5. Сулейманов, Б. А. (1997). Об эффекте проскальзывания при фильтрации газированной жидкости. *Коллоидный журнал*, 59(6), 807-812.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering. *John Wiley & Sons*.
7. Сулейманов, Б. А. (2022). Теория и практика увеличения нефтеотдачи пластов. *Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований*.
8. Ибрагимов, Г. З., Фазлутдинов, К. С., Хисамутдинов, Н. И. (1991). Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти. *Москва: Недра*.
9. Ахмад, Ф. Ф., Гайбалиев, Г. Г. (2022). Интенсификации притока нефти путём изоляции притоков воды в призабойной зоне. *Scientific Petroleum*, 2, 23-27.
10. Гаибова, А. Г., Аббасов, М. М. (2022). Исследования инновационного водо-изоляционного состава на основе карбамид-формальдегидной смолы. *Scientific Petroleum*, 2, 23-27.
11. Дункан, Г., Балковски, П. (1996). Реализация методов увеличения нефтеотдачи: практика проектирования, заканчивания и эксплуатации скважин. *Нефтегазовые технологии*, 2(3), 8-14.
12. Блажевич, В. А., Умрихина, Е. Н., Уметбаев, В. Г. (1981). Ремонтно - изоляционные работы при эксплуатации нефтяных месторождений. *Москва: Недра*.
13. Канзафаров, Ф. Я., Канзафарова, С. Г., Мамаев, А. А. (1991). Способ изоляции притока воды в скважину. *Авторское свидетельство СССР 1663182*.
14. Ильясов, А. И., Телин, А. Г., Хисамутдинов, Н. И. и др. (1991). Способ селективной изоляции высокопроницаемых интервалов в скважине. *Авторское свидетельство СССР 1694858*.
15. Сулейманов, Б. А., Гурбанов, А. Г., Тапдыгов, Ш. З. (2022). Изоляция водопритока в скважину термоактивной гелеобразующей композицией. *SOCAR Proceedings*, 4, 21-26.

References

1. Suleimanov, B. A. (1995). Filtration of disperse systems in a nonhomogeneous porous medium. *Colloid Journal*, 57(5), 743-746.
2. Salavatov, T. Sh., Suleimanov, B. A., Nuryaev, A. S. (2000). Selective isolation of hard formation waters influx in producing wells. *Oil Industry*, 2, 81-83.
3. Suleimanov, B. A., Azizov, K. F., Abbasov, E. M. (1998). Specific features of the gas-liquid mixture filtration. *Acta Mechanica*, 130(1), 121-133.
4. Suleimanov, B. A., Ismaylov, F. S., Veliyev, E. F. (2014). On the metal particles effect on the strength of polymer gels based on carboxymethyl cellulose, applying at oil recovery. *Oil Industry*, 1, 86-88.
5. Suleimanov, B. A. (1997). Slip effect during filtration of gassed liquid. *Colloid Journal*, 59(6), 807-812.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering. *John Wiley & Sons*.
7. Suleimanov, B. A. (2022). Theory and practice of enhanced oil recovery. *Moscow-Izhevsk: ICS*.
8. Ibragimov, G. Z., Fazlutdinov, K. S., Khisamutdinov, N. I. (1991). The use of chemical reagents for the stimulation of oil production. *Moscow: Nedra*.
9. Ahmad, F. F., Gaibaliyev, G. G. (2022). stimulation of oil inflow by isolating water inflows in the bottomhole zone. *Scientific Petroleum*, 2, 23-27.
10. Qayibova, A. Q., Abbasov, M. M. (2022). Study of innovative water-insulating composition based on urea-formaldehyde resin. *Scientific Petroleum*, 2, 23-27.
11. Duncan, G., Balkovski, P. (1996). Realizatsiya metodov uvelicheniya nefteotdachi: praktika proyektirovaniya, zakanchivaniya i ekspluatatsii skvazhin. *Neftgazovyye Tekhnologii*, 2(3), 8-14.
12. Blazhevich, V. A., Umrikhina, E. N., Umetbaev, V. G. (1981). Repair and insulation work during oil field operation. *Moscow: Nedra*.
13. Kanzafarov, F. Ya., Kanzafarova, S. G., Mamayev, A. A. (1991). Method of water influx shutoff in borehole. *SU Patent 1663182*.
14. Ilyasov, A. I., Telin, A. G., Khisamutdinov, N. I, et al. (1991). Method of selective isolation intervals in well with high permeability. *SU Patent 1694858*.
15. Suleimanov, B. A., Gurbanov, A. Q., Tapdiqov, Sh. Z. (2022). Isolation of water inflow into the well with a thermosetting gel-forming. *SOCAR Proceedings*, 4, 21-26.

Применение гелеобразующих составов для ограничения водопритока на месторождениях Узбекистана

В. Дж. Абдуллаев¹, Р. Г. Велиев², С. С. Рябов³, Г. Г. Крупин³, У. З. Рахимов³

¹НИПИ «Нефтегаз», SOCAR, Баку, Азербайджан

²SOCAR, Баку, Азербайджан

³Saneg, Ташкент, Узбекистан

Реферат

В статье представлен способ изоляции водопритока с одновременной кислотной обработкой эффективный как в терригенных, так и в карбонатных пластах. Промысловые и экспериментальные исследования были проведены на месторождениях Крук и Шурчи. В результате проведенных мероприятий наблюдается значительное увеличение добычи нефти и уменьшение обводненности продукции.

Ключевые слова: гелевые системы; гелеобразование; изоляция водопритока; нефтяная скважина; дебит скважины.

Özbəkistan yataqlarında su axınının məhdudlaşdırılması üçün gel sistemlərinin tətbiqi

V. J. Abdullayev¹, R. Q. Vəliyev², S. S. Ryabov³, Q. Q. Krupin³, U. Z. Raximov³

¹«Neftqazelmətdiqatlayihə» İnstitutu, SOCAR, Bakı, Azərbaycan

²SOCAR, Bakı, Azərbaycan

³Saneg, Daşkənd, Özbəkistan

Xülasə

Məqalədə həm terrigen, həm də karbonatlı laylar üçün effektiv olan eyni vaxtda aparılan turşu ilə işlənmə və su axınının təcridi üsulu təqdim olunur. Mədən və eksperimental tədqiqatları Kruk və Şurçi yataqlarında aparılmışdır. Keçirilən tədbirlər nəticəsində neft hasilatında əhəmiyyətli artım və məhsulun sulaşmasında azalma müşahidə olunur.

Açar sözlər: gel sistemləri; gel əmələgətirmə; su axınının təcridi; neft quyusu; quyuyu debiti.