

marginal sag]. *Sbornik materialov i vystupleniy na IV Donskom neftegazovom kongresse* [Proceedings of IV Don Oil and Gas Congress], Rostov-on-Don, Rostizdat Publ., 2011, pp. 54–57.

10. Orel V. Ye., Raspopov Ju. V., Skripuin A. P., et al. (ed.) *Geologiya i neftegazonosnost Predkavkazy* [Geology and oil and gas bearing of the Ciscaucasia], Moscow, GEOS Publ., 2001. 299 p.

11. Pererva V. M. Perspektivy neftegazonosnosti i metody vyyavleniya zon razryvnykh struktur Severo-Zapdnogo Kavkaza [Prospects of oil and gas bearing and methods of define of fault zones of the North-West Caucasus]. *Geologiya nefiti i gaza* [Oil and Gas Geology], 1981, no. 1, pp. 39–43.

12. Rastsvetaev L. M. Sodvigovye paragenezy v ansamble kollizionnykh struktur [Paragenesis in the ensemble of collision structures]. *Strukturnye paragenezy i ikh ansambli : materialy simpoziuma* [Structure paragenesis and its Ensembles. Materials of Symposium], Moscow, Nauchnyy mir Publ., 1997, pp. 136–139.

13. Sapunov I. I., Dyakonov A. I. Neftegazonosnost zapadnogo pogruzheniya Psebeppo-Goytskogo antiklinoriya [Oil and gas bearing of the west deeping zone of the Psebeppo-Goytskiy anticlinorium]. *Problemy neftegazonosnosti Krasnodarskogo kraya* [Problems of Oil and Gas Bearing of the Krasnodar Region], Moscow, Nedra Publ., 1973, pp. 26–28.

14. Neruchev S. G. *Spravochnik po geokhimii nefiti i gaza* [Reference book of oil and gas geochemistry], Saint Petersburg, Nedra Publ., 1998. 576 p.

15. Kharchenko V. M., Saitov R. F. Geodinamicheskie usloviya obrazovaniya struktur centralnogo tipa (SCT) i svyaz ikh s neftegazonosnostyu [Geodynamic conditions of formation of central type structures and relations with oil and gas bearing]. *Novye idei v geologii i geokhimii nefiti i gaza. K sozdaniyu obshhey teorii neftegazonosnosti neдр. Kniga 2* [New Oil and Gas Geology and Geochemistry Ideas. By Creation of the General Theory of Oil and Gas Bearing. Vol. 2], Moscow, GEOS Publ., 2002. 332 p.

16. Shardanov A. N., Peklo V. P. Tektonika i istoriya formirovaniya pogrebennykh skladok v zone yuzhnogo borta Zapadno-Kubanskogo progiba i perspektivy neftegazonosnosti mezozoya [Tectonics and history of buried folds formation in the zone of the South side of West-Kuban marginal sag and oil and gas bearing prospects of the Age of Reptiles sediments]. *Trudy Krasnodarskogo filiala Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo geologicheskogo neflyanogo instituta* [Proceedings of Academician A. P. Krylov All-Russian Oil and Gas Scientific Research Institute], 1959, issue 1, pp. 3–27.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕГАЗООТДАЧИ ПЛАСТА И ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ И КОНДЕНСАТА

Долгова Екатерина Юрьевна, студент

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: ka.dolgova@yandex.ru

Меркитанов Николай Александрович, студент

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Тулегенов Альберт Робертович, студент

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

В современном мире существует актуальная и острая проблема извлечения остаточной нефти, газа и конденсата из эксплуатируемых пластов. Это одна из самых важных экономических проблем. В современных условиях при проектировании процесса разработки нефтяных и газоконденсатных месторождений коэффициент конечной нефтеотдачи пластов в большинстве случаев принимают до 50 % и для газовых залежей – до 90 %. Поэтому в последнее время значительно усилены работы по нахождению путей повышения конечной нефтегазоотдачи эксплуатирующих пластов и извлечения конденсата. Одними из самых эффективных и актуальных методов, благодаря которым возможно решение проблемы эффективной интенсификации нефти, газа и конденсата из продуктивного пласта, являются физико-химические методы повышения нефтегазоотдачи пласта. В работе проанализированы наиболее эффективные, широко применяемые и экономически выгодные физико-химические методы повышения нефтегазоотдачи пласта. Заводнение нефтяных залежей является высокопотенциальным освоением методом увеличения конечной нефтегазоотдачи пласта по сравнению с нефтеотдачей пластов при разработке на естественных режимах растворенного газа и газовой шапки. Заводнение пласта применяется в широких масштабах во всех нефтедобывающих странах. Особое внимание в статье уделяется законторному заводнению залежи растворами полимеров. Так как оно является одним из самых популярных физико-химических методов, который широко применяется в России и за рубежом. Рассмотрены такие физико-химические методы, как заводнение растворами поверхностно активных веществ (ПАВ), мицеллярными растворами, углекислотой, растворами щелочей, серной кислоты и вытеснение нефти газом высокого давления (сайклинг).

Ключевые слова: физико-химические методы повышения нефтеотдачи пласта, полимеры, углеводородные газы, щелочь, нефтенасыщенность

**PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS OF INCREASE
OF OIL AND GAS RETURN OF LAYER AND OIL
AND CONDENSATE EXTRACTION**

Dolgova Ekaterina Yu.

Students
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: ka.dolgova@yandex.ru

Merkitanov Nikolay A.

Students
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Tulegenov Albert R.

Students
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

In the modern world there is an actual and burning issue of extraction of residual oil, gas and condensate from operated layers. It is one of the most important economic problems. In modern conditions at design of process of development of oil and gas-condensate fields coefficient of konechknny oil recovery of layers in most cases accept to 50 % and for gas deposits to 90 %. Therefore works on finding of ways a povyshekniya of final oil and gas return of operating layers and condensate extraction are considerably strengthened recently. One of the most effective and actual methods thanks to whom the solution of the problem of an effective intensification of oil is possible, gas and condensate from productive layer, physical and chemical methods of increase of oil and gas return of layer are. In work the most effective, widely applied and economic physical and chemical methods of increase of oil and gas return of layer are analysed. Flooding of oil pools is the high-potential mastered method of increase final нефтегазоотдачи layer on a stravneniye with oil recovery of layers when developing on natural modes of the dissolved gas and a gas cap. Flooding of layer is applied in wide scales in all oil-producing countries. The special attention in article is paid to zakonorny flooding of a deposit by solutions of polymers as it is one of the most popular physical and chemical methods who is widely applied in Russia and abroad. Such physical and chemical methods, as flooding by solutions of the superficially active agents (SAA), by micellar solutions, carbonic acid, solutions of alkalis, sulfuric acid and oil replacement by gas of a high pressure (saykling) are considered.

Keywords: physical and chemical methods of increase of oil recovery of layer, polymers, hydrocarbonic gases, alkali, oil saturation

Продукты добычи углеводородов – сырье для производства многих товаров широкого потребления. Эти продукты необходимы для нормальной жизнедеятельности людей. Потребность в нефтяном сырье увеличивается из года в год. Актуальной проблемой в современном мире является эффективное и полное извлечение нефти из продуктивного пласта. Поэтому необходимо применять более новые технологии и методы повышения нефтеотдачи пласта. С развитием химической промышленности появляется все больше химических препаратов с целью использования их в нефтедобывающей промышленности для повышения нефтеотдачи коэффициента извлечения нефти (КИН).

В настоящее время выделяют несколько методов повышения нефтеотдачи пласта [7]:

- гидродинамические методы;
- физико-химические методы;
- тепловые, микробиологические и другие методы.

В настоящее время успешно используются физико-химические методы повышения нефтеотдачи пластов: закачка водорастворимых полимеров, поверхностно активных веществ (ПАВ), углеводородных газов высокого давления (сайклинг), закачка углекислого газа, щелочи, серной кислоты и др.

Рассмотрим и охарактеризуем каждый из выше перечисленных методов более подробно.

Заводнение растворами полимеров является самым популярным физико-химическим методом повышения нефтеотдачи. Сущность метода заключается в выравнивании подвижности нефти и вытесняющего агента для увеличения охвата пласта воздействием. Этого можно достичь повышением вязкости вытесняющего агента при добавлении полимеров. С целью экономии полимера, для загущения воды применяют технологию заводнения. Для этого в пласт сначала закачивают часть загущенной воды с последующим ее продвижением обычной водой.

Мелкие поры могут оказаться недоступными для некоторых полимеров высокой молекулярной массы. Тогда в этих порах фильтруется чистая вода. А раствор полимера движется по более крупным порам [12]. Данный метод наиболее эффективен для высоковязких нефтей ($<0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$).

Полимерное заводнение является неэффективным в пластах, содержащих глинистый материал (5–10 %). Так как в присутствии глины происходит коагуляция двух различных коллоидных систем. Полимерное заводнение рекомендуется использовать при проницаемости свыше $0,1 \text{ мкм}^2$ и пластовой температуре < 90 [15]. Полимер необходимо подбирать с учетом химического состава пластовых вод. Время применения данного заводнения влияет на эффективность процесса повышения нефтеотдачи. Если полимерное заводнение применять на начальной стадии разработки месторождения, то может произойти разрушение структуры полимерного раствора. Так как перед полимерным раствором может образоваться область сильноминерализованной воды из-за того, что вязкость полимерного раствора больше вязкости воды. А при смешении полимерного раствора с минерализованной водой происходит деструкция структуры раствора.

Разбавление раствора водой, с ухудшением характеристик вытеснения, может произойти при использовании данного заводнения на поздней стадии разработки. Наиболее благоприятные условия для применения полимерного заводнения складываются в конце безводного периода эксплуатации скважин [2].

Заводнение растворами ПАВ заключается в снижении поверхностного натяжения на границах «нефть–вытесняющая жидкость» и «нефть–порода» [5]. С увеличением полярности и плотности нефти содержания асфальтенов и смол в ней повышают эффективность метода. Технология закачки ПАВ весьма простая, не влечет за собой существенных изменений в технологии и в системе размещения скважин. В пластах при закачке водных растворов ПАВ могут протекать два противоположных процесса: с одной стороны, процесс, направленный на отмыв нефти, с другой – на удержание нефти за счет капиллярных сил. Метод рекомендуется применять с самого начала заводнения пласта. Так как эффективность заводнения растворами ПАВ снижается с увеличением обводненности пласта и из-за адсорбции ПАВ на поверхности породы [14, 4].

Заводнение мицеллярными растворами, представляющими собой тонкодисперсные коллоидные системы из углеводородной жидкости (от сжиженного нефтяного газа до сырой легкой нефти), воды и водорасворимого ПАВ, стабилизированного спиртом (изопропиловым, бутиловым) [6], приводит к уменьшению натяжения между пластовыми жидкостями и жидкостью заводнения. Такие растворы применяются для улучшения проницаемости воды и нефти.

Заводнение с использованием мицеллярных растворов более совершенное по сравнению с другими заводнениями. И оно более сложное и дорогостоящее. Для эффективного применения заводнения с мицеллярными растворами необходимо выбирать залежи с высокой начальной нефтенасыщенностью и с пластовой нефтью. Нефть обладает невысокой вязкостью, так как при этом обеспечивается равномерное перемещение растворов по пласту. При использовании данного заводнения коэффициент вытеснения флюида достигает 60–90 %.

Заводнение растворами щелочей основано на снижении поверхностного натяжения на границе нефти с раствором щелочи. А также на способности

щелочных растворов образовывать стойкие водонефтяные эмульсии. Обладая более высокой вязкостью, эти эмульсии способствуют выравниванию подвижностей вытесняемого и вытесняющего агентов. В отличие от процесса нагнетания растворов ПАВ при щелочном заводнении последние формируются непосредственно на контакте нефти с раствором щелочи [10]. Вследствие этого улучшаются моющие, т.е. отмывку углеводородов от минералов [8] и нефтевытесняющие свойства вод [9].

При контакте щелочи с нефтью происходит ее взаимодействие с органическими кислотами. В результате этого образуются поверхностно-активные вещества, снижающие межфазное натяжение на границе раздела фаз нефть-раствор щелочки и увеличивающие смачиваемость породы водой [11].

Вытеснение нефти газом высокого давления (сайклинг) заключается в создании в пласте оторочки легких углеводородов на границе с нефтью, что обеспечивает процесс смешивающегося вытеснения нефти. При вытеснении нефти газом некоторое ее количество удерживается в порах коллектора капиллярными силами.

Разработаны опробованные и применяемые к различным пластовым системам следующие технологические схемы повышения нефтеотдачи [2, 13]:

- закачка газа высокого давления;
- вытеснение нефти, обогащенной газом;
- вытеснение нефти оторочкой из углеводородных жидкостей с последующим продвижением ее закачиваемым сухим газом.

Заводнение углекислотой заключается в том, что диоксид углерода (CO_2), растворяясь в нефти, увеличивает ее объем и уменьшает вязкость, а растворяясь в воде, повышает ее вязкость. Таким образом, растворение CO_2 в нефти и в воде ведет к выравниванию подвижности нефти и воды. Это приводит к получению более высокой нефтеотдачи, за счет увеличения коэффициента вытеснения и коэффициента охвата [2]. Данный метод нельзя использовать при высокой минерализации пластовой воды. При взаимодействии углекислоты с солями кальция и асфальтосмолистыми веществами выпадает твердый осадок, способный закупорить поры пласта. Эффективность метода снижается также с ростом обводненности.

Сернокислотное заводнение для повышения КИН заключается в образовании кислого гудрона (вязкой смолистой массы) в наиболее промытой водой зоне и поверхностно-активных водорастворимых сульфокислот. В результате снижается водопроницаемость промытых зон, повышается охват пласта заводнением и снижается межфазное натяжение [6]. В основе применения концентрированной серной кислоты для повышения нефтеотдачи лежит комплексное взаимодействие этого реагента как на минералы скелета пласта, так и на содержащуюся в нем нефть и погребенную воду.

Химическое взаимодействие серной кислоты с ароматическими углеводородами нефтей приводит к образованию сульфокислот в количестве 5–7 % от массы нефти. Сульфокислоты являются анионами ПАВ и способствуют улучшению извлечения нефти из пор пласта. С применением данного метода коэффициент вытеснения флюида возрастает на 13–15 %. В последние годы применяют в разработке залежей нефти комбинированный метод повышения нефтеотдачи пласта. Используют щелочно-ПАВ-полимерное воздействие, с целью уменьшить остаточную нефтенасыщенность эксплуатируемого пласта.

Таким образом, современные методы повышения нефтеотдачи получили широкое промышленное применение. Использование физико-химических методов повышения нефтеотдачи пласта является в настоящее время наиболее перспективным направлением в разработке нефтяных залежей.

С увеличением глубины бурения в эксплуатацию вводятся новые месторождения со сложным геологическим строением и ухудшенными коллекторскими свойствами, затрудняющими извлечение нефти. По нефтяной отрасли за последние 20 лет, при общем увеличении запасов примерно вдвое, трудноизвлекаемые запасы выросли более чем в 3 раза.

С помощью освоенных методов эксплуатации месторождений удастся добыть лишь около половины геологических запасов нефти [3]. Преимущества физико-химических методов повышения нефтеотдачи пласта заключается в том, что они сравнительно просты в реализации. Большинство из них не требует больших экономических затрат. Они являются достаточно эффективными. Востребованность современных методов увеличения нефтеотдачи возрастает с каждым годом, и их потенциал в увеличении извлекаемых запасов внушителен.

Список литературы

1. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение / А. А. Абрамзон. – Ленинград : Химия, 1981. – 304 с.
2. Акульшин А. И. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин / А. И. Акульшин. – Москва : Недра, 1989. – 480 с.
3. Алтунина Л. К. Увеличение нефтеотдачи пластов композициями ПАВ / Л. К. Алтунина, В. А. Кувшинов. – Новосибирск : Российская Академия наук, 1995. – 198 с.
4. Амикс Д. Физика нефтяного пласта : пер. с англ. / Д. Амикс, Д. Басс, Р. Уайтинг. – Москва : Недра, 1962. – 572 с.
5. Бабалян Г. А. Разработка нефтяных месторождений с применением поверхностно-активных веществ / Г. А. Бабалян, Б. И. Леви. – Москва : Недра, 1983. – 216 с.
6. Бойко В. С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений : учебник для вузов / В. С. Бойко. – Москва : Недра, 1990. – 427 с.
7. Бурже Ж. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов / Ж. Бурже, П. Сурио, М. Комбарну. – Москва : Недра, 1989. – 422 с.
8. Гиматудинов Ш. К. Разработка и эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений / Ш. К. Гиматудинов. – Москва : Недра, 1988. – 300 с.
9. Гиматудинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта / Ш. К. Гиматудинов. – Москва : Недра, 1971. – 312 с.
10. Гречухина А. А. Синтез и испытание поверхностно-активных веществ для нефтепромыслов : методические указания / А. А. Гречухина, А. А. Елпидинский. – Казань : Казанский государственный технологический университет, 2005. – 56 с.
11. Сургучев М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М. Л. Сургучев. – Москва : Недра, 1985. – 308 с.
12. Сургучев М. Л. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, А. Т. Горбунов. – Москва : Недра, 1991. – 347 с.
13. Халиков Г. А. Газовые методы интенсификации нефтедобычи / Г. А. Халиков. – Москва : Недра, 1997. – 192 с.
14. Холл Б. Э. Химические свойства поверхностно-активных веществ / Б. Э. Холл // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1986. – № 5. – С. 10–12.
15. Швецов Р. А. Состояние и перспективы применения полимерного воздействия на пласт / Р. А. Швецов // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 4. – С. 37–41.

References

1. Abramzon A. A. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva: svoystva i primenenie* [Surfactants: Properties and application], Leningrad, Khimiya Publ., 1981. 304 p.
2. Akulshin A. I. *Eksploatatsiya neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Exploitation of oil and gas wells], Moscow, Nedra Publ., 1989. 480 p.

3. Altunina L. K., Kuvshinov V. A. *Uvelichenie nefteotdachi plastov kompozitsiyami PAV* [Increase of oil recovery compositions of surfactants], Novosibirsk, Russian Academy of Sciences Publ. House, 1995. 198 p.
4. Amiks D., Bass D., Uaying R. *Fizika nefyanogo plasta* [Physics of oil layer], Moscow, Nedra Publ., 1962. 572 p.
5. Babalyan G. A., Levi B. I. *Razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy s primeneniem poverkhnostno-aktivnykh veshchestv* [Development of oil fields with the use of surface-active substances], Moscow, Nedra Publ., 1983. 216 p.
6. Boyko V. S. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh mestorozhdeniy* [Development and exploitation of oil fields], Moscow, Nedra Publ., 1990. 427 p.
7. Burzhe Zh., Surio P., Kombarnu M. *Termicheskie metody povysheniya nefteotdachi plastov* [Methods of thermal methods of oil layers enhancement], Moscow, Nedra Publ., 1989. 422 p.
8. Gimatudinov Sh. K. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh, gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy* [Development and exploitation of oil, gas and gas condensate fields], Moscow, Nedra Publ., 1988. 300 p.
9. Gimatudinov Sh. K. *Fizika nefyanogo i gazovogo plasta* [Physics of oil and gas layer], Moscow, Nedra Publ., 1971. 312 p.
10. Grechukhina A. A., Elpidinskiy A. A. *Sintez i ispytanie poverkhnostno-aktivnykh veshchestv dlya neftepromyslov* [Synthesis and testing of surface-active substances for the oil field], Kazan, Metodicheskoe ukazaniya Publ., 2005. 56 p.
11. Surguchev M. L. *Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov* [Secondary and tertiary methods of enhanced oil recovery of layers], Moscow, Nedra, Publ., 1985. 308 p.
12. Surguchev M. L., Gorbunov A. T. *Metody izvlecheniya ostatnochnoy nefi* [Methods of extraction of residual oil], Moscow, Nedra Publ., 1991. 347 p.
13. Khalikov G. A. *Gazovye metody intensivifikatsii neftedobychi* [Gas methods of intensification of oil production], Moscow, Nedra Publ., 1997. 192 p.
14. Holl B. E. *Khimicheskie svoystva poverkhnostno-aktivnykh veshchestv* [Chemical properties of surfactants]. *Neft, gaz i neftekhimiya za rubezhom* [Oil, Gas and oilchemicals abroad], 1986, no. 5, pp. 10–12.
15. Shvetsov R. A. *Sostoyanie i perspektivy primeneniya polimernogo vozdeystviya na plast* [Status and prospects of the polymeric stimulation on layers]. *Nefyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 1994, no. 4, pp. 37–41.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Серебряков Олег Иванович

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Серебряков Андрей Олегович

старший преподаватель

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: Geologi2007@yandex.ru