

УДК 622.276.4; 622.276.6

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕВЫТЕСНЕНИЯ ИЗ СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОГО ПЛАСТА

А.М.Гасымлы, Ш.Ф.Мусаева, С.Д.Рзаева, М.Г.Абдуллаев  
(НИПИ «Нефтегаз»)

Проведенные исследования показали, что растворы керосино-щелочных отходов нефтеперерабатывающего завода им. Г.Алиева приводят к уменьшению поверхностного натяжения на границе с нефтью. Исходя из этого было решено проверить возможность использования данного раствора в качестве агента для увеличения нефтеотдачи пласта. С целью проверки данного предположения проводились эксперименты на линейных моделях пласта. Нефть из пористой среды вытеснялась пресной, дистиллированной водой и 5%-ым раствором керосино-щелочного отхода (КЩО) в дистиллированной воде. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что применение в нефтяных пластах, содержащих высоковязкие нефти, 5%-го раствора КЩО в дистиллированной воде приводит к повышению нефтеотдачи.

**Ключевые слова:** элемент пласта, оторочка, слоистый пласт, застойная зона.

**Адрес связи:** azer.qasimli@socar.az

**DOI:** 10.5510/OGP20130200155

Нефтеносные коллекторы большинства нефтяных месторождений неоднородны, что обусловлено, в частности, слоистым строением пласта, наличием мало- и высокопроницаемых включений. При заводнении таких пластов нагнетаемая вода, как правило, быстро прорывается по высокопроницаемым участкам в добывающие скважины и тем самым резко снижаются безводный и текущий коэффициенты нефтеотдачи. При этом после прорыва воды в добывающие скважины на участках между этими скважинами остаются зоны, не охваченные водой.

В реальных слоисто-неоднородных пластах, при наличии гидродинамической связи между слоями, механизм вытеснения нефти осложнен капиллярными и гидродинамическими перетоками. Данной проблеме посвящено много теоретических работ.

Вопрос об увеличении или уменьшении капиллярных сил не имеет однозначного решения. В условиях зернистых неоднородных коллекторов процессы перераспределения нефти и воды под действием капиллярных сил могут способствовать преждевременному нарушению сплошности нефти в зоне совместного движения нефти и воды, помогая формированию в поровом пространстве водонефтяных смесей, которые уменьшают нефтеотдачу.

В данной работе с целью изучения образования застойных зон в слоисто-неоднородных пластах и ее влияния на нефтеотдачу, проведена серия экспериментальных исследований на модели элемента пласта с пятиточечной сеткой расположения скважин, изготовленной из оргстекла. В модели, имеющей размер 250x250x50 мм, были созданы два слоя. В верхнем слое пористая среда состояла из кварцевого песка, проницаемость которого составила 1.0 мкм<sup>2</sup>, а в нижнем слое состоящем на 85% из кварцевого песка и 15% полевого шпата, проницаемость равнялась 0.350 мкм<sup>2</sup>.

Модель пласта при комнатной температуре и перепаде давления 0.025 МПа насыщалась пластовой

водой, после чего, для создания нефтенасыщенности, она вытеснялась нефтью месторождения Балаханы-Сабунчи-Рамана с вязкостью 90 мПа·с при комнатной температуре. Таким образом, созданная нефтенасыщенность модели пласта составляла 82% от объема пор модели, а остаточная вода 18%.

В начале нефть при комнатной температуре и перепаде давления 0,025 МПа вытеснялась пластовой водой. После закачки в модель пласта 2.5 объемов пор воды и завершения выхода нефти из модели процесс приостановили. Данные, полученные в ходе эксперимента и приведенные в графическом виде (кр.1, рис.) показывают, что при вытеснении нефти пластовой водой коэффициент нефтеотдачи в безводном периоде получился 0.19, а в конечном 0.50.

Визуальное наблюдение за ходом экспериментов показало, что происходит неравномерное по слоям поглощение нагнетаемой пластовой воды. В результате в первую очередь вырабатывается высокопроницаемый слой. По этому слою нагнетаемая вода прорывается к добывающим скважинам, значительно опережая фронт нагнетаемой воды в низкопроницаемом слое и создавая при этом условия для образования застойных зон.

Отметим, что в данном эксперименте в модели пласта высокопроницаемый слой залегает над малопроницаемым. В этом случае силы гравитации ускоряют капиллярный обмен жидкостями.

Авторы [1,2], изучая влияние гравитационного давления на нефтеотдачу пласта показывают, что в зависимости от расположения слоев различных проницаемостей силы поверхностных явлений могут отрицательно или положительно влиять на фильтрации нефти между слоями.

Механизм вытеснения нефти из неоднородных коллекторов можно представить: в пласте с однородными коллекторами, вытеснение нефти происходит как капиллярным впитыванием так и применяемым перепадом давления. Сложность процесса неодно-

родного пласта в том, что капиллярное давление в зависимости от проницаемости показывает себя по разному. В маленьком перепаде давления скорость гидродинамического вытеснения меньше, чем выпитывание, поэтому увеличивается вытеснение нефти из малопроницаемых зон, что приводит к уменьшению безводной нефтеотдачи.

С другой стороны, если перепад давления сравнительно мал, то вытеснение нефти из пористой среды будет происходить только из пор большего размера, и чем больше объем таких пор, тем хуже охват пласта заводнением и ниже коэффициент нефтеотдачи в безводном и конечном периодах.

При слоистой неоднородности пласта на высокопроницаемых слоях даже при весьма малых отборах нефти происходит опережающее внедрение закачиваемых вод, а на слабопроницаемых слоях при сильной интенсификации отбора нефти вода внедряется с отставанием.

Известно, что применение пенных систем позволяет уменьшить подвижность вытесняющего агента и селективно блокировать высокопроницаемые пропластки [3,4,5]. Имеются многочисленные ПАВ, обладающие пенообразующими свойствами, однако, применение их в нефтедобыче сопряжено с их дороговизной. С другой стороны, проведенные исследования с новым отходом [6] показали, что данный отход являющийся дешевым и легко доступным продуктом, в то же время является хорошим пенообразователем.

Степень неоднородности пласта является основным влияющим фактором как на процесс вытеснения, так и на нефтеотдачу пласта.

Неоднородность коллектора и вязкость нефти - эти два взаимосвязанных фактора, влияющие на раз-

работку залежи и на обводнение пласта.

В работе [7] указывается, что вытеснение нефти из неоднородно-слоистых пластов оторочкой пены имеет некоторые особенности:

- приближение вязкости пены к вязкости нефти приводит к уменьшению отношения вязкостей, способствующих улучшению продвижения нефти в пласте и уменьшению прорыва закачиваемой воды к эксплуатационным скважинам,
- уменьшение поверхностного натяжения на границе нефти с пенной системой улучшает ее нефтewывмывающую способность,
- в связи со смачиванием поверхности породы пенной системой, уменьшается связь нефти с породой.

Учитывая вышеизложенное, для извлечения остаточных после заводнения запасов нефти из модели пласта решили применять пену в виде оторочки в размере 25% от порового объема модели пласта. Пена готовилась в специальном контейнере. После закачки оторочки пены, для проталкивания ее по пласту продолжалась закачка пластовой воды до 4-х поровых объемов модели пласта. Результаты экспериментов показывают, что закачанная оторочка пены способствовала получению 20% дополнительной нефти (кр.2, рис.).

Во второй серии экспериментов, при прочих равных условиях, в модели малопроницаемый слой залегает над высокопроницаемым. После вытеснения нефти пластовой водой и получения коэффициентов нефтеотдачи в безводном периоде 0.18 и конечном 0.48 (кр.3, рис.), создавали оторочку пены в размере 25% от порового объема модели пласта. Продвижение оторочки закачиваемой водой по пласту показало, что изменение расположения слоев так же привело

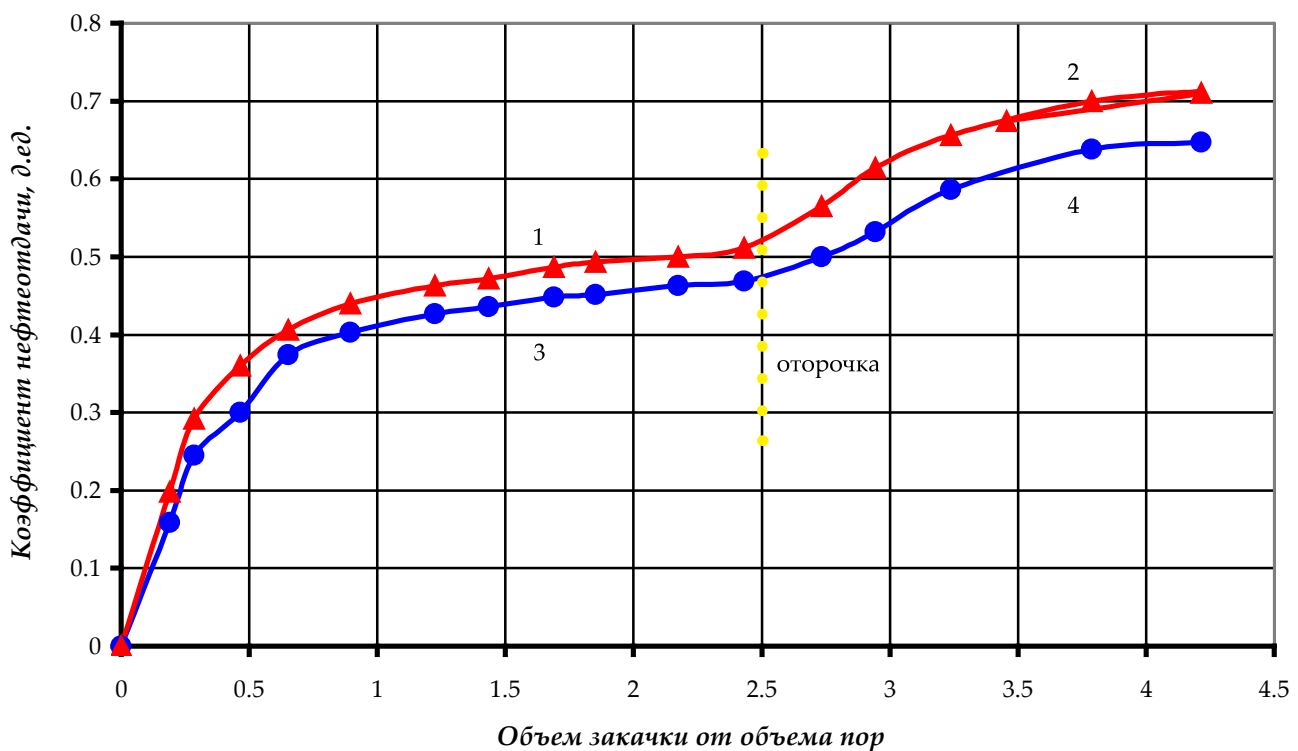


Рис. После вытеснения нефти пластовой водой остаточная нефть вытеснялась созданием оторочки из пенных систем

вымыванию остаточной нефти из пористой среды и конечная нефтеотдача составила 66%. Другими словами, нефтеотдача увеличивалась на 16% (кр.4, рис.). По нашему мнению, когда малопроницаемый слой залегает над высокопроницаемым, силы гравитации замедляют капиллярный обмен жидкостями.

Таким образом, полученные результаты показыва-

ют, что при разработке месторождений с слоисто-неоднородными пластами и трудноизвлекаемыми запасами нефти, независимо от расположения слоев, после заводнения пластов закачка оторочки пены в размере 25% от объема пор, приведет к улучшению охвата пласта и вытеснению нефти из застойных зон, образовавшихся в районе между добывающими скважинами.

### Литература

1. А.И.Асадов и др. Влияние вязкости жидкостей на процесс вытеснения нефти водой из неоднородных коллекторов при различных соотношениях мощностей слоев // Доклады АН Азерб.ССР. -1974. -№ 10. -С.27-31.

(A.I.Asadov i dr. Vliyanie vyazkosti jidkostey na protsess vytesneniya nefti vodoy iz neodnorodnyh kollektorov pri razlichnyh sootnosheniyah moshnostey sloev // Doklady AN Azerb.SSR. -1974. -№ 10. -S.27-31)

2. А.Бан. Влияние свойств горных пород на движение в них жидкостей. М.: Недра, 1982.

(A.Ban. Vliyanie svoystv gornyh porod na dvijeniye v nih jidkostey. M.: Nedra, 1982)

3. Г.Г.Вахитов, А.Х.Фаткуллин, З.Г.Сайфуллин. Некоторые результаты экспериментов на модели по заводнению слоисто-неоднородного пласта // Труды ТатНИИ. -1968. -Вып. XII. -С. 241-252

(G.G.Vahitov, A.X.Fatkullin, Z.G.Sayfullin. Nekotorige rezultati eksperimentov na modeli po zavodneniyu sloisto-neodnorodnogo plasta // Trudy TatNI. -1968. -Vip. XII. -S. 241-252)

4. С.В.Амелькин, А.Т.Ахметов, А.А.Губайдуллин, А.В.Шнайдер. Некоторые особенности пенообразования в пористой среде // Нефтегазовое дело. -2006. -№2.

(S.V. Amelkin, A.T. Ahmetov, A.A. Gubaidullin, A.V. Shnaider. Some peculiarities of foam formation in porous medium // Oil and gas business. -2006. -No2.)

5. Б.А.Сулейманов, А.Х.Шахвердиев, Г.М.Панахов и др. Способ разработки нефтяной залежи // Патент РФ №2123586, 1998.

(B.A.Suleimanov, A.H.Shakhverdiev, G.M.Panahov. Method for development of oil deposit // RU Patent №2123586, 1998)

6. Ü.Ş.Mehdiyev, Ş.P.Kazimov, A.M.Qasimli. Yerli sənaye tullantılarından istifadə etməklə layların neftveriminin artırılması // Azərbaycan neft təsərrüfatı. -2010. -№ 3. -s.22-25.

(U.Sh.Mehdiyev, Sh.P.Kazimov, A.M.Gasimli. Stratum oil recovery increasing via local industrial wastes // Azerbaijan oil industry. -2010. -No3. -p.22-25)

7. В.А.Амиян, А.В.Амиян, Л.В.Казакевич, Е.Н.Бекиш. Применение пенных систем в нефтегазодобыче. М.: Недра, 1987.

(V.A.Amiyan, L.V.Amiyan, Y.N.Bekish. Primeneniye pennnykh sistem v neftegazodobyche. M.: Nedra, 1987)

### Enhanced oil displacement from a layered heterogeneous stratum

A.M.Gasimli, Sh.F.Musayeva, S.D.Rzayeva, M.G.Abdullayev

("OilGasScientificResearchProject" Institute)

#### Abstract

In the model of a five spot pattern stratum composed of two layers, the target oil remaining after water-oil displacement was displaced by foam plug obtained from industrial wastes at the rate of 25% of pore volume, followed with stratal water injection. So, when a high-permeable layer is over a low-permeable one, oil-recovery factor increases by 0.2, and by 0.16 unit fractions in the reverse arrangement. In - summary, it is noted that during exploitation of fields with layered heterogeneous strata and more difficult to recover reserves, target oil can be recovered by foam banking at the rate of 25% of void content, followed with stratal water injection.

### Qeyri-bircins təbəqəli laylardan neftsıxışdırma effektivliyinin artırılması

A.M.Qasimli, Ş.F.Musayeva, S.C.Rzayeva, M.Q.Abdullayev

("Neftqazemitədqiqatlayihə" İnstitutu)

#### Xülasə

Məqalədə beşnöqtəli quyu düzülüşünü imitasiya edən lay elementinin modelində yaradılmış təbəqəli laydan neftin lay suyu vasitəsilə sıxışdırılmasından sonra lay modelində qalan qalıq neftin məsələlər həcmnin 25% miqdarında sənaye tullantısından alınmış köpükdən araqatı yaradaraq, ardınca lay suyunun vurulması ilə mənimsənilməsindən bəhs edilir. Köpük araqatının vurulması nəticəsində yüksək keçirici təbəqənin az keçiricili təbəqə üzərində olması neftvermə əmsalının 0,2, əksinə olduqda isə 0,16 vahid həcm artdığını göstərmişdir. Deməli, müxtəlif keçiriciliyə malik təbəqələrin yatım şəraitindən asılı olmayaraq köpük araqatı qalıq neftin müəyyən faizini çıxara bilər. Bu isə deməyə əsas verir ki, işlənmiş köpük sistemindən istifadə etməklə, sulaşmış qeyri-bircins təbəqəli laylarda toplanmış qalıq neftin həcmnin müəyyən hissəsini mənimsəmək mümkündür.