

Анализ инновационных методов уменьшения песко- и водопритока при разработке обводненных месторождений нефти Эквадора

А.Е. Воробьев

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой¹
fogel_al@mail.ru

Зарума Мартин Торрес

руководитель проектной группы²

¹Нефтепромысловая геология, горное и нефтегазовое дело РУДН, Москва, Россия

²Национальный университет Эквадора, Кито, Эквадор

В данной статье предлагается новая группировка инновационных способов уменьшения песко- и водопритока по двум основным критериям: характеристика водонефтяного контакта и соответствующее техническое решение.

Материалы и методы

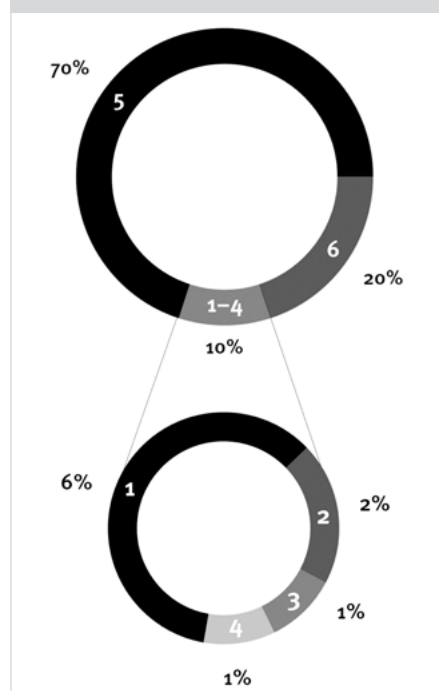
В статье использованы аналитические методы.

Ключевые слова

песко- и водоприток, обводненные месторождения нефти, разработка, группировка способов уменьшения песко- и водопритока

Рис. 1 — Соотношение воздействия различных факторов на окружающую среду при добыче нефти в Эквадоре:

1 — проходка и функционирование скважин;
2 — утечка буровых растворов;
3 — утечка нефти; 4 — выброс газов;
5 — извлечение воды; 6 — извлечение песка



Сложившаяся в настоящее время ситуация с потреблением углеводородов, в том числе нефти, диктует целесообразность внедрения новых, более эффективных, технологических разработок месторождений.

В то же время, в связи с необходимостью обеспечения повышения экологичности работы нефтепромыслов, применяющиеся технологии должны способствовать природоохранной деятельности человека. Поэтому разработка методов рационального освоения месторождений нефти имеет важное экологическое значение для уменьшения потерь полезных компонентов, охраны окружающей среды от загрязнения.

При этом нужно отметить, что на протяжении последних десятилетий одной из острых проблем нефтедобычи является необходимость резкого ограничения попутно добываемой воды и песка.

При добыче нефти из обводненных месторождений Эквадора на окружающую среду оказывают преимущественное влияние несколько факторов (рис. 1).

Так как наиболее негативное воздействие при разработке обводненных месторождений оказывают попутно извлекаемые замасленные и минерализованные воды, то изучение водного режима имеет целью понимание соответствующих механизмов загрязнения окружающей среды, а также оценку возможных альтернатив при эксплуатации и эффективного контроля продукции воды.

Кроме этого, в процессе эксплуатации нефтяных скважин, вскрывающих пласты слабосцементированного песчаника, наблюдаются осложнения, связанные с разрушением прискважинной части продуктивного пласта. В результате также происходит негативное воздействие на окружающую среду.

В этой связи в нефтепромысловой практике наибольшее распространение получили следующие методы предупреждения поступления воды и песка в скважину (рис. 2).

Несмотря на обилие технических средств борьбы с песко- и водопритоками имеющийся практический опыт контроля их содержания в нефтеизвлекающих скважинах показал необходимость выработки технологических средств борьбы с их поступлением в целях увеличения производительности скважин по нефти.

Добыча нефти из скважины, несовершенной по степени вскрытия и проходящей через нефтяной пласт-коллектор с подстилающим водным горизонтом, создает определенный перепад давления, между стволом скважины и нефтяным пластом. В результате этого перепада давления пятно контакта нефть/вода принимает коническую форму.

По мере роста дебита нефтеотдачи высота конуса над первоначальным пятном контакта нефть/вода увеличивается, пока вода не прорвется в ствол скважины. Подобный

прорыв имеет место тогда, когда воронкообразный профиль, вследствие депрессии водо- и нефтесодержащего пласта вокруг ствола скважины, теряет стабильность.

Было разработано несколько практических решений с целью уменьшения риска формирования конуса обводнения в вертикальных скважинах. Основной подход при этом сводился к тому, чтобы увеличить время до прорыва воды посредством увеличения расстояния между перфорацией нижней зоны и первоначальным пятном контакта нефть/вода, или чтобы уменьшить количество воды в стволе скважины, тем самым уменьшив имеющийся гидростатический напор.

Другое промышленное решение проблемы нежелательного притока воды — разработка и применение технологии разделения нефти/воды в скважине.

По этой технологии используются гидроциклонные сепараторы и забойные насосы, устанавливаемые в обсадной (эксплуатационной) колонне с целью разделения смеси нефть/вода в стволе скважины.

Однако при этом сразу начинается добыча воды, что требует расширения мощности водоочистных сооружений. Кроме того, извлечение смеси нефти и воды из одной залежи способно создать нежелательные экологические проблемы, вызванные утилизацией замасленных вод.

Одним из возможных решений является обратная закачка добытой нефти в пласт ниже перфораций нефтеносной зоны с целью недопущения формирования конуса. Однако, данная методика, известная как «модель нефтяных дублетов», экономически не привлекательна.

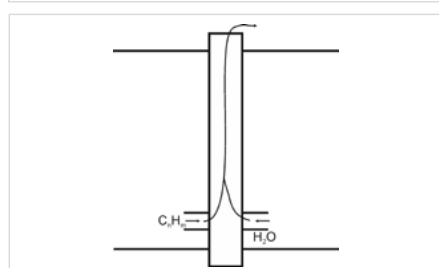
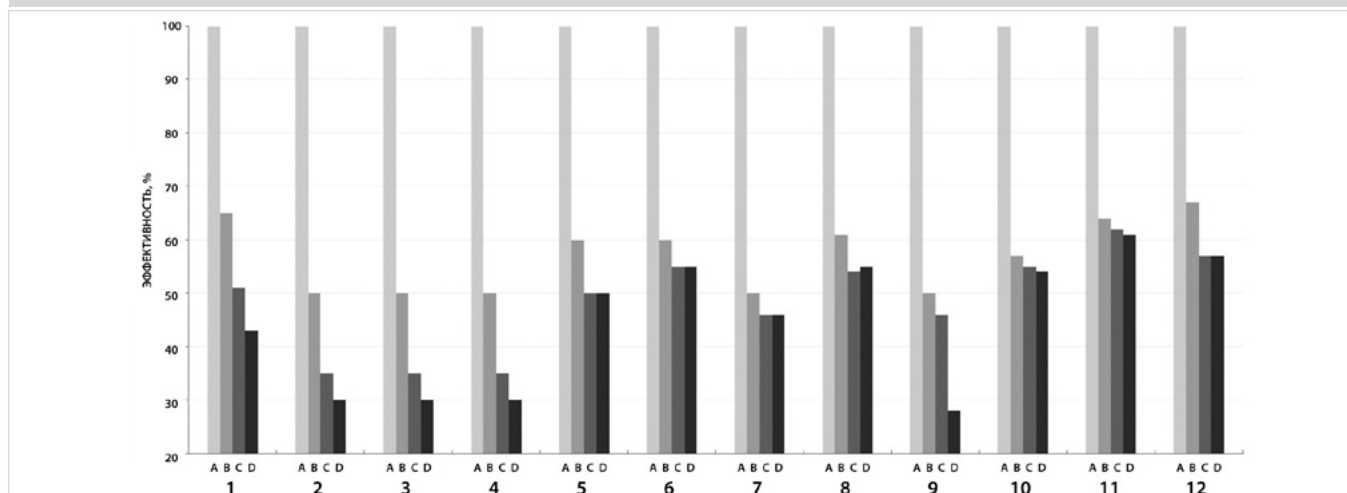
Другим решением является выборочная добыча нефти и воды из соответствующих зон с использованием двухпластовых скважин. В технологии двухпластовой скважины с глубокой колообразной западиной (DWS), верхнее закачивание осуществляется насколько возможно выше в пределах верхних 20% нефтеносной зоны, а вторая перфорация выполняется на глубину немногим ниже пятна контакта нефть/вода.

Проведенные исследования показали, что при этом из нижнего закачивания добывается незамасленная вода.

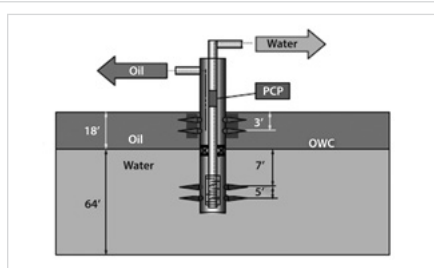
Учитывая высокие затраты разработки залежи посредством двухпластовой скважины, Driscoll (1972) обосновал вариант двойной перфорации. В частности, он предложил выполнять две перфорации — одну в нефтеносной зоне и другую в зоне воды, под первоначальным пятном контакта нефть/вода. При этом предусматривается возможность применения пакера и фонтанного штуцера в процессе регулирования дебита нефти/воды.

Недостаток этого подхода — снижение дебита нефти в результате увеличенного гидростатического напора смешанной жидкости.

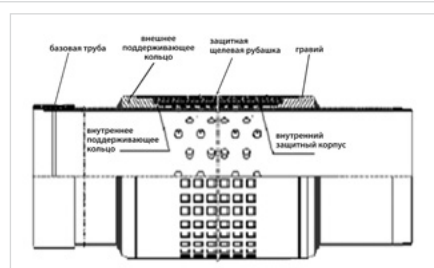
Рис. 2 — На данном графике приводится эффективность нижеуказанных методов уменьшения песко- и водопритока в нефтеизвлекающих скважинах (1–12)



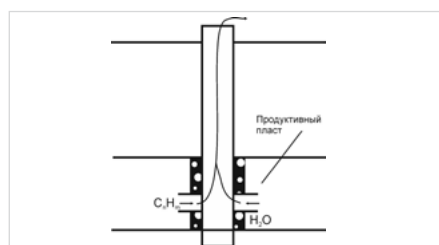
1 — Традиционная добыча



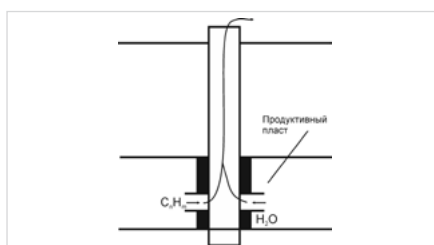
2 — Одновременная раздельная добычи нефти и воды



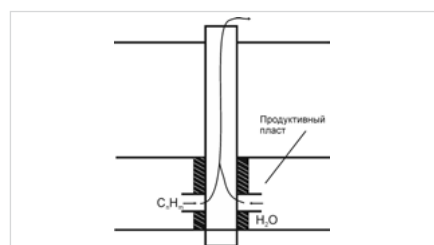
3 — Использование забойных противопесочных фильтров



4 — Закачка в продуктивный пласт крупнозернистого песка и гравия



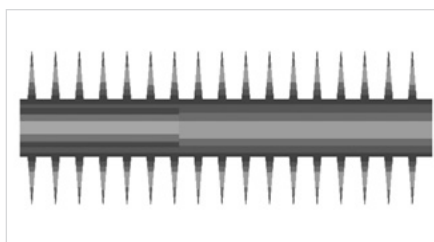
5 — Крепление пристволенной части продуктивного пласта цементными, цементно-песчаными или пеноцементными смесями



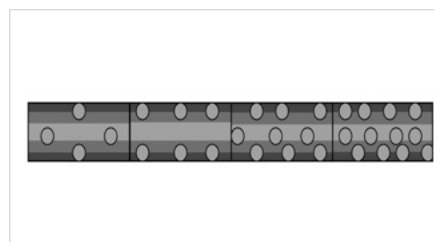
6 — Крепление прискважинной части продуктивного пласта синтетическими смолами



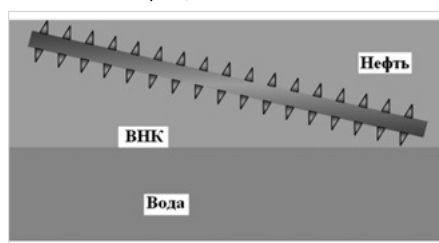
7 — Применение гидроциклонных сепараторов и забойных насосов специальной конструкции, устанавливаемые в обсадной (эксплуатационной) колонне с целью разделения смеси нефть/вода в стволе скважины



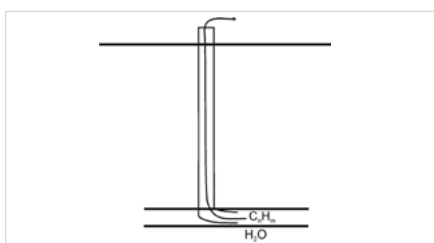
8 — Извлечение нефти посредством стингера



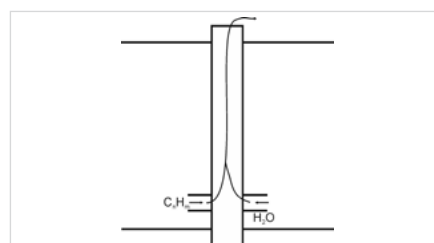
9 — Извлечение нефти изменением плотности перфорации



10 — Использование крутонаклонной скважины с головкой (наконечником), близко расположенной у ВНК



11 — Горизонтальное заканчивание скважин



12 — Извлечение нефти при периодическом изменении характеристик скважины (давления)

Несколько исследователей, в качестве основного решения для разработки нефтяных пластов, для которых характерно образование водяного конуса, рекомендовали применение технологии горизонтальной скважины.

Данное обстоятельство обусловлено тем, что если вертикальные скважины действуют как точечный источник, концентрирующий снижение давления в нефтяном пласте вокруг места заканчивания ствола скважины, то горизонтальные скважины действуют скорее как дренажные линии и, таким образом, распределяют водяную депрессию по всей длине ствола скважины.

Однако, горизонтальным скважинам, в силу их природы и геометрии, присущи и врожденные проблемы. Одна такая проблема состоит в том, что увеличенный контакт с продуктивным пластом, с точки зрения дебита нефтеотдачи являясь преимуществом, фактически становится недостатком, когда вода прорывается в ствол скважины, очень быстро увеличивая ее обводненность. В результате мобильная подошвенная вода проникает на нефтеносный участок, и, в конце концов, достигает скважины.

Ehlig-Economides (1996) предположила, что двойное окончание горизонтальной скважины (одно в нефтеносной зоне и одно в водной зоне) способно уменьшить проблемы обводнения в горизонтальных скважинах.

Renard и др. (1997), с целью повышения экономичности и ускорения общей добычи нефти в пластах, лежащих на активном подстилающем водоносном горизонте, рекомендовали бурение многосторонних скважин вместо нескольких горизонтальных скважин.

Метод заканчивания горизонтальной скважины с применением стингера подразумевает перераспределение потерь напора по стволу скважины посредством ввода отрезка трубы меньшего диаметра в закачивающую/эксплуатационную колонну, т.е. в хвостовик.

Причем, заканчивание горизонтальной скважины с применением стингера обеспечивает улучшенное распределение давления вскрытой поверхности стенок скважины в песчаном пласте посредством регулирования притока жидкости по стволу скважины. Этот процесс помогает оптимально перераспределить потери напора на трение жидкости вдоль перфорированной секции скважины.

Еще одна схема, обычно рекомендуемая для регулирования обводнения в горизонтальных скважинах, предусматривает изменение плотности их перфорации с целью равномерного распределения поступления жидкости. Так, плотность перфорации в начале должна быть ниже, чем в хвосте горизонтальной скважины.

Другой технологией, широко используемой при разработке нефть содержащих пластов с напорным режимом подошвенных вод и серьезными проблемами формирования водяного конуса, является технология крутонаклонной скважины.

Для ее осуществления в нефтесодержащем пласте с напорным режимом подошвенных вод головка ствола скважины помещается закрытой в плоскость контакта нефть/вода, в то время как верхний конец помещается закрытым в верхнюю часть нефтяного песка на большом расстоянии от этого контакта.

Итоги

Результаты выполненных экспериментов показывают, что прорыв воды в крутонаклонных скважинах может произойти на две точки ближе к подошве конуса и на конце скважины, и постоянно происходит на конце ствола в горизонтальных скважинах.

Выводы

Оптимальным путем решения снижения песко- и водопритоков в нефтяные скважины при освоении обводненных месторождений является использование предложенных технологий и специальных устройств, выбор которых осуществляют на базе разработанной группировки.

Список используемой литературы

1. Воробьев А.Е., Зарума М.Т. Совершенствование природоохранных методов разработки обводненных месторождений нефти в Эквадоре. М.: Спутник, 2009. 161 с.
2. Воробьев А.Е., Джимиева Р.Б., Зарума М.Т. и др. Современные природоохранные методы освоения месторождений горючего сланца и высоковязкой нефти // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2009. № 6. С. 52–55.
3. Зарума М.Т. Экологически щадящая разработка обводненных месторождений в Эквадоре // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2009. № 3. С. 30–36.
4. Воробьев А.Е., Торрес З.М. Эквадор: разработка обводненных месторождений нефти // Нефтегазовые технологии. 2011. № 5. С. 34–39.

Analysis of innovative methods to reduce water inflow of sand and watered in the development of oil fields in Ecuador

UDC 553.982.2

Authors:

Aleksandr E. Vorob'ev — professor, head of department¹; fogel_al@mail.ru
Zaruma Martin Torres — project team leader²;

¹Oilfield geology, mining, oil and gas business RPFU (Russian Peoples Friendship University), Moscow, Russian Federation

²National University of Ecuador, Quito, Ecuador

Abstract

In this paper we propose a new group of innovative ways to reduce sand and water inflow on two main criteria: the characteristic oil-water contact and the corresponding solution.

Materials and methods

Analytical methods.

Results

The results of the experiments show that water breakthrough in steeply inclined wells can occur at two points closer to the base of the cone and the end hole, and continuously occurs at the end of the bore in horizontal wells.

Conclusions

Optimal solutions by reduction of sand

and water influx into oil wells during the development of irrigated fields is using proposed technology and special equipment, choice of which is carried out on the basis developed group.

Keywords

sand and water production, flooded oil field development, ways to reduce the grouping of sand and water production

References

1. Vorobiev A.E., Zaruma M.T. *Sovershenstvovanie prirodookhrannykh metodov razrabotki obvodnennykh mestorozhdeniy nefi v Ekvadore* [Improving environmental development methods flooded oil fields in Ecuador]. Moscow: Sputnik, 2009, 161 p.
2. Vorobiev A.E., Dzhimieva R.B., Zaruma M.T. *Sovremennye prirodookhrannye metody osvoeniya mestorozhdeniy goryuchego slantsa i vysokovязkoy nefi* [Modern environmental development methods of deposits of oil shale and high-viscosity oil]. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, 2009, issue 6, pp. 52–55.
3. Zaruma M.T. *Ekologicheski shchadyashchaya razrabotka obvodnennykh mestorozhdeniy v Ekvadore* [Environmentally friendly development flooded fields in Ecuador]. *Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series: Engineering studies*, 2009, issue 3, pp. 30–36.
4. Vorobiev A.E., Torres Z.M. *Ekvador: razrabotka obvodnennykh mestorozhdeniy nefi* [Ecuador: watered oil development]. *Neftgazovye tekhnologii*, 2011, issue 5, pp. 34–39.