УДК 622.279.23

ИЗОЛЯЦИЯ ВОДЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССОМ

ISOLATION OF WATER IN DEVELOPING GAS-CONDENSATE FIELDS WITH CYCLING-PROCESS

Крижов Евгений Григорьевич
студент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
e.krizhov@gmail.com

Павлюченко Валентин Иванович
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Разработка и эксплуатация газовых
и газоконденсатных месторождений»,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
vi1947@mail.ru

Krizhov Evgeniy Grigorievich
Master's student,
Ufa State Petrolium Technological University
e.krizhov@gmail.com

Pavlyuchenko Valentin Ivanovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
«Development of gas and
gas-condensate fields»,
Ufa State Petrolium Technological University
vi1947@mail.ru

Аннотация. Неравномерное прохождение нагнетаемого при сайклинг-процессе газа по пласту и вероятность преждевременного обводнения залежи при форсированных отборах газа обуславливают необходимость принятия мер для изоляции воды и выравнивания профилей приёмистости нагнетательных скважин. На основании испытанных технологий ограничения водопритока определены направления воздействия на пласт при эксплуатации газоконденсатных месторождений сайклинг-процессом с целью борьбы с обводнением залежей и скважин.

Ключевые слова: газоконденсатные месторождения, борьба с обводнением, сайклинг-процесс, изоляция воды, коэффициент извлечения.

Annotation. The uneven flow of gas injected during the cycling process along the reservoir and the probability of premature flooding of the reservoir because of forced gas extraction necessitate measures to isolate water and equalize the injectivity profiles of injection wells. On the basis of the tested technologies, the article determines the trends of impact on the reservoir during the operation of gas-condensate deposits by a cycling process in order to control the watering of gas deposits and exploitation wells.

Keywords: gas-condensate fields, deliquification, cycling process, isolation of water, extraction ratio.

Несовершенство большинства известных методов борьбы с обводнением газовых скважин, в особенности на поздних стадиях разработки месторождений, приводит к необходимости поиска более совершенных способов изоляции воды и совершенствования известных [1]. При этом ошибочно сосредоточить внимание только на обводнении скважин, поскольку одними из ключевых параметров эксплуатации месторождений являются также коэффициенты извлечения газа и конденсата, которые во многом определяются способом поддержания пластового давления, характеристиками залежи, коллектора и системой разработки месторождения.

Поддержание пластового давления при разработке газоконденсатных месторождений может осуществляться с помощью сайклинг-процесса (т.е. нагнетания отбензиненного газа в пласт), либо путём законтурного нагнетания воды, обеспечивающей вытеснение газа и конденсата. Отмечается, что коэффициент конденсатоотдачи варьируется от 30 до 75 % [2]. Низкую конденсатоотдачу можно объяснить тем, что конденсат начинает выделяться в пласте при снижении давления от начала разработки и не выносится на поверхность. К тому же, при обводнении залежи газ и конденсат могут защемляться водой, что так же препятствует их извлечению. Известно, что при поддержании пластового давления заводнением, газ и конденсат также защемляются в поровом пространстве при давлении, близком к начальному, что отрицательно влияет на коэффициенты газо- и конденсатоотдачи. Это означает, что поддержание пластового давления в газоконденсатной залежи заводнением возможно осуществлять только при достаточном снижении пластового давления, чтобы исключить защемление газа и конденсата водой, и обеспечить их вытеснение.

При нагнетании в неоднородный пласт воды и газа происходит прорыв вытесняющего агента к добывающим скважинам по наиболее проницаемым пропласткам. Это снижает коэффициент охвата залежи вытеснением и так же отрицательно влияет на нефте-, газо- и конденсатоотдачу. Данное явление актуально как для нефтяных, так и для газовых и газоконденсатных месторождений, т.к. полно-

стью однородные пласты практически не встречаются в природе. Из рисунка 1 видно, что нагнетаемый в пласт сухой газ достигает эксплуатационных скважин с разной скоростью, что является следствием его прорыва по высокопроницаемым частям коллектора и диффузионного смешивания нагнетаемого сухого газа с пластовым газом, содержащим конденсат. Неравномерность движения сухого газа внутри пласта отрицательно влияет на конденсатоотдачу.

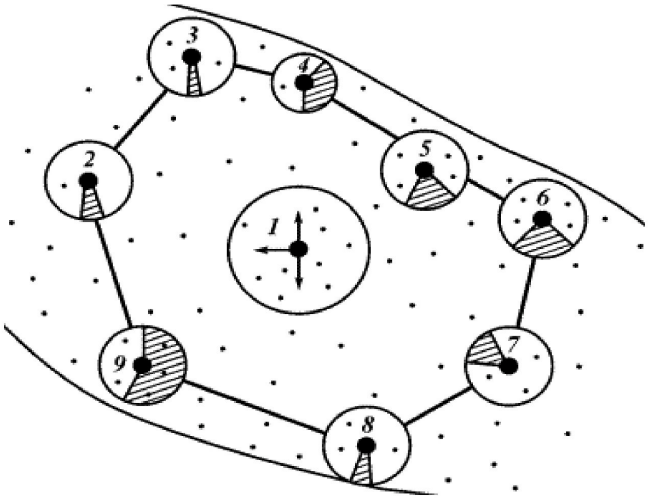

Рисунок 1 – Прорыв нагнетаемого газа к эксплуатационным скважинам:
1–9 – условные номера скважин, заштрихованная область показывает долю сухого газа в добываемой пластовой смеси

При разработке нефтяных месторождений, для борьбы с прорывом воды к добывающим скважинам и обеспечения более ровного фронта вытеснения нефти, применяют операции по выравниванию профиля приёмистости. Суть данных операций заключается в обработке пласта реагентами, снижающими проницаемость промытых нагнетаемой водой каналов. Для этого в пласты закачивают раствор жидкого стекла, едкий натр (NaOH), силикат натрия, ацетат хрома и другие неорганические и полимерные материалы. В результате исследования эффективности перечисленных мероприятий установлено, что обводнённость продукции снижается на 9–20 %, а также повышаются коэффициент извлечения нефти и коэффициент охвата залежи вытеснением [3].

Известны методы ограничения водопритока в скважины, которые заключаются в обработке пластов гелеобразующими и осадкообразующими реагентами, снижающими проницаемость коллектора в 31–71 раз [4]. Стоит отметить, что наряду с веществами, применяемыми для отключения высокообводнённых пластов, существуют реагенты, снижающие фазовую проницаемость для воды. Ниже приведена классификация способов ограничения водопритока.

Таблица 1 – Классификация методов ограничения водопритока

Методы ограничения водопритока	Действие	Применяемые агенты
Селективные	Снижение фазовой проницаемости для воды, образование нефтерастворимого геля/осадка	Полиакриламиды, парафины, нефтерастворимые смолы, соли типа M_2SiO_3 (где М – одновалентный щелочной металл)
Неселективные	Полное отключение высокообводнённых пластов и интервалов	Смолы, цементы

Очевидно, что из разработки в первую очередь отключаются высокопроницаемые участки, обводнение которых происходит быстрее вследствие преждевременного прорыва воды. К таким участкам, как правило, применяются методы ограничения водопритока, заключающиеся в полной их изоляции. Однако доказано, что применение селективных методов водоизоляции имеет большую эффективность, по сравнению с неселективными, а потому является более оправданным экономически.

Ограничение водопритоков к скважинам также актуально при разработке газовых и газоконденсатных месторождений, особенно на поздних стадиях разработки, когда имеет место высокая обводнённость залежей и скважин. Для снижения обводнённости предлагается использовать селективные методы отсечения воды, а именно, закачку в пласт гелеобразующих компонентов, снижающих подвижность воды и обеспечивающих более высокие дебиты газа и конденсата. Так, при обработке пластов реагентами на основе кислотных составов алюмосиликатов на Астраханском ГКМ были достигнуты более высокие дебиты скважин и снижение водо-газового фактора [5]. Результаты внедрения данной технологии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты применения технологии интенсификации добычи газа с элементами водоизоляции на основе кислотных составов алюмосиликатов

Номер скважины	Изменение дебита, %	Изменение ВГФ, %
722	+15	–
65Д	+23	–68
106	+36	–24

Также на Астраханском ГКМ была испытана технология обработки призабойной зоны пласта с применением модифицированного дисперсного кремнезёма (МДК), который в сочетании с рабочим раствором РВ-3П-1 и дизельным топливом позволяет создавать в пласте водоизолирующие эмульсионно-гелевые системы [5]. Результаты внедрения данной технологии приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты внедрения технологии обработки ПЗП с применением МДК

Номер скважины	Изменение дебита, %	Изменение ВГФ, %
216	+10	–
98	+12	+77
253	+57	–24
118	+8	–

Известно, что для повышения конденсатоотдачи прибегают к форсированным отборам газа из залежей. Таким образом обеспечивается одновременный вынос газа и конденсата, как и при использовании закачки воды в качестве метода поддержания пластового давления. Однако при неоднородности коллектора форсирование отборов газа из залежи приводит к избирательному обводнению последней вследствие прорыва воды по высокопроницаемым частям пласта (рис. 2). В этих условиях несколько увеличивается конденсатоотдача, но это, в свою очередь, приводит к уменьшению коэффициента извлечения газа ввиду его защемления водой.

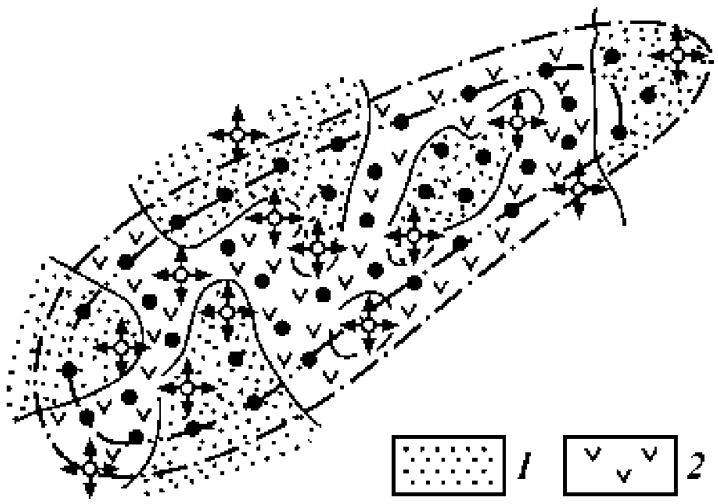

Рисунок 2 – Избирательное обводнение залежи по высокопроницаемым участкам коллектора:
1 – области с высокой проницаемостью, обводнившиеся в первую очередь,
2 – области с низкой проницаемостью

Исходя из вышеописанного, представляется возможным эксплуатировать газоконденсатные месторождения с поддержанием пластового давления сайклинг-процессом или закачкой воды, при этом обрабатывая пласт реагентами для селективного снижения проницаемости пластов. Такой способ разработки позволит увеличить конденсатоотдачу и избежать преждевременного обводнения залежей. На поздних стадиях разработки газовых месторождений также возможно применять методы ограничения водопритока для увеличения дебитов по газу и снижения нагрузки на скважины и промысловое оборудование. Обработка пластов осадкообразующими реагентами позволит продлить безводную эксплуатацию скважин, а также уменьшить вероятность образования гидратов в скважинах и газосборной сети за счёт снижения или исключения поступления воды из пласта. Преимуществом предложенного способа разработки является то, что он не требует больших затрат за счёт отказа от капитального ремонта скважин. Для его осуществления необходимо заглушить скважины, которые будут обрабатываться реагентами, на срок, необходимый для закачки раствора в пласт и ожидания его действия. При этом нет необходимости в остановке всех скважин одновременно. Обрабатывать в первую очередь следует те скважины и участки залежи,

где обводнённость является максимальной. В дополнение к этому, возможно выровнять фронт вытеснения газа и конденсата из залежи за счёт её обработки реагентами, выравнивающими профиль приёмистости. Это также окажет положительное влияние на коэффициент охвата залежи вытеснением, увеличит конденсатоотдачу и исключит прорыв вытесняющего агента к добывающим скважинам по наиболее проницаемым частям коллектора.

Литература:

1. Е.Г. Крижов, В.И. Павлюченко. Борьба с обводнением газовых скважин. – 2016.
2. М.Н. Муродов, Э.Р. Паноев. Системы разработки газоконденсатных месторождений. – 2014.
3. А.С. Шишлов, Р.Х. Усманов. Применение современных методов выравнивания профиля приёмистости и притока на основе закачки полимерных систем. – 2010.
4. Г.С. Дубинский, В.Е. Андреев. Развитие технологии ограничения водопритока в добывающие скважины. – 2012.
5. В.В. Кунавин, О.Ю. Чалов. Комплексные технологии интенсификации притока газа с элементами водоизоляции на Астраханском ГКМ. – 2012.

References:

1. E. Krizhov, V. Pavlyuchenko. Gas well deliquification. – 2016.
2. M. Murodov, E. Panoev. Gas-condensate fields development systems. – 2014.
3. A. Shishlov, R. Usmanov. Modern methods of alignment of injectivity and productivity profiles, based on injection of polymer systems. – 2010.
4. G. Dubinskiy, V. Andreev. Development of the technology of water inflow limitation at exploitation wells. – 2012.
5. V. Kunavin, O. Chalov. Water-shutoff for combined gas stimulation technologies in Astrakhan gas/condensate field. – 2012.