

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ С УЧЕТОМ ПРИЛИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМЛИ

WAYS OF OIL EXTRACTION INCREASE WITH THE REGISTRATION THE EARTH TIDAL MOVEMENTS

УДК 550.8.02

К.М. МИРЗОЕВ

А.В. НИКОЛАЕВ

В.К. МИРЗОЕВ

А.А. ЛУКК

А.И. ХАРЛАМОВ

А.В. ДЕЩЕРЕВСКИЙ

K.M. MIRZOEV

A.V. NIKOLAEV

V.K. MIRZOEV

A.A. LUKK

A.I. KHARLAMOV

A.V. DESHCHEREVSKIY

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

KEYWORDS:

доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, главный научный сотрудник Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН, Заведующий лабораторией Генеральный директор ЗАО «Кройл-инвест» Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, старший научный сотрудник. Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

The main scientist, doctor
The chief of laboratory, corresponding member of the Russian Academy of Sciences
The director general
The leading scientist, doctor
The senior staff scientist
The senior staff scientist, doctor

Москва
kmmirzoev@yandex.ru

Moscow

нефтедобыча, лунно-солнечный прилив, трещиноватость, вибрации, циклическая закачка воды, возбуждённые землетрясения
oil production, moon-solar tidal, cracking, vibrations, cyclic water pumping, excited earthquake

Предлагаемые в настоящей работе способы увеличения добычи нефти с помощью уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины и вибровоздействий на нефтеносный пласт автоматически решают проблему предотвращения гидроразрывов в пластах и возникновения возбужденных землетрясений.

Предлагаемые технологии базируются на результатах известных многолетних исследований по добыче нефти и возбужденной сейсмичности на территории Ромашкинского месторождения нефти в Татарстане и в окрестности крупнейшей высотной плотины Нурекской ГЭС в Таджикистане.

Ways of oil extraction increasing with the help of reducing of cycled water-pumping in the wells and vibratory influences upon oil stratum solve automatically the problem of hydro-bursts in stratums and earthquake beginning.

Proposed technologies are based upon the results of long-term researches concerning oil extracting and aroused seismicity in Romashkinskoye oilfield in Tatarstan and around the biggest high-altitude Nureksky hydroelectric dam in Tajikistan.

1. Введение

В настоящее время добыча нефти на различных месторождениях базируется на больших объемах закачки воды в нагнетательные скважины с целью поддержания высокого перепада давления между зонами нагнетательных и добывающих скважин. Большие объемы закачки воды действительно могут давать существенный эффект, когда все трещинно-поровое пространство месторождения заполнено нефтью. Однако, продвижение закачиваемой воды в пласте идет преимущественно по пути наименьшего сопротивления, то есть по трещинам, поэтому, по мере постепенного извлечения нефти из трещин и заполнения трещинного пространства водой, обводненность добываемого флюида повышается, добыча нефти уменьшается. Но, тем не менее, даже на поздней стадии добычи, когда все трещины заполнены водой и обводненность добываемого флюида приближается к 100%, в поровом пространстве и микротрещинах остается еще около 50-80% трудно извлекаемых запасов нефти. Поэтому разработка новых способов увеличения нефтеотдачи пластов и добычи нефти, является исключительно актуальной задачей.

Для решения данной задачи одним из наиболее перспективных направлений сегодня представляется использование

приливных движений Земли, не требующих дополнительных финансовых и ресурсных затрат [1]. Эти приливные движения, вызывающие периодические фазы расширения и сжатия трещин земной коры с разными амплитудами, могут использоваться в качестве мощного природного насоса для интенсивного извлечения нефти из порового пространства в трещины, и далее, для продвижения ее к добывающим скважинам. Для этого предлагается применять циклическую и регулируемую по объемам закачку воды в скважины в соответствии с фазами земных приливов.

С целью усиления извлечения нефти из пор в трещины, предлагается дополнительное использование вибровоздействий земной коры также с учетом приливных движений Земли, которые способствуют продвижению флюида в направлении действующих объемных сил, а затем, после прекращения вибраций, расширению трещин земной коры и дополнительному извлечению нефти из пор в трещины [2, 10].

Для повышения эффективности извлечения нефти из порового пространства в трещины нами предложена новая концепция добычи с учетом приливных движений Земли. Известно, что горные породы обладают иерархически распределенной трещиноватостью земной коры разного направления, которая существует повсеместно и потому называется

«глобальной» [11, 12 и др.]. Чем больше размер трещин, разломов, тем их меньше, и наоборот, чем меньше размеры трещин, разломов, тем их больше, вплоть до мельчайших трещин и размеров пор в земной коре. Приливные движения периодически раскрывают и закрывают трещины земной коры, что обеспечивает как извлечение нефти из пор в трещины, так и ускорение движения по ним флюида.

Этому же закону соотношения размерности трещин подчиняется и количество землетрясений, включая возбужденные, которые являются следствием подвижек горных масс по трещинам. Чем сильнее землетрясения, тем их меньше, а чем они слабее, тем их больше – график повторяемости землетрясений разных энергий. Естественное периодическое расширение и сжатие трещин земной коры с разными амплитудами («дыхание» трещин) с 1-суточной, 14-суточной, 28-суточной и т.д. периодичностью уподобляется работе огромного природного насоса, определяющего динамику флюида в земной коре по имеющимся заложенным природой тесно взаимосвязанным между собой трещинам, в том числе и в нефтяных пластах. Именно эта концепция динамики флюида в горных породах, которая предусматривает единое поровое пространство, рассеченное повсюду в пределах нефтеносного пласта трещинами и микротрещинами ►

разных размеров, положена в основу новых способов увеличения нефтеотдачи пластов и добычи нефти с помощью циклической и регулируемой по объему закачки воды в скважины. Земная поверхность под воздействием приливных движений на большом пространстве ежесуточно поднимается и опускается по высоте до 1 м на экваторе и до 0.5 м на уровне широт г. Москвы. И амплитуды этих суточных приливов периодически изменяются в течение каждых 14-, 28- суток, и т.д. Уровни подземных вод в связи с приливными движениями Земли изменяются в течение каждых суток в противофазе [1,3 и др.]. Эти процессы происходят в любой точке земного шара, что позволяет использовать их для увеличения добычи нефти.

На основе предложенной концепции нами разработано три новых способа увеличения добычи нефти, а также способ предотвращения возбужденной и естественной сейсмичности, в основе которых лежат регулируемая по объемам циклическая закачка воды в скважины и вибровоздействия земной коры, согласованные по времени с приливными движениями Земли [2,4,5,7]. Способы применимы как для слабо, так и высоко обводненных месторождений нефти, в том числе и высоковязких, а также для терригенных, и карбонатных коллекторов.

Необходимо отметить, что разработке новых способов увеличения добычи нефти в значительной степени способствовали исключительные важные работы, проведенные ОАО «Татнефть» с 1985 по 2001 годы в Татарстане [3,8 и др.]. Главной особенностью этих работ было постепенное уменьшение объемов закачки воды в скважины в 2.7 раза, что в итоге привело к существенному уменьшению обводненности добываемого флюида примерно с 85 до 75% на крупных площадях разных НГДУ Ромашкинского месторождения нефти, а также к уменьшению темпов падения добычи нефти и даже к постепенному увеличению ее добычи к 2001 году.

В результате проведенных ОАО «Татнефть» мероприятий по общему уменьшению объемов закачки воды, практически исчезла интенсивная возбужденная сейсмичность в пределах всего месторождения. Полученные результаты, изложенные в работах [3,8 и др.], а также результаты более, чем 40-летнего мониторинга возбужденной сейсмичности в окрестности водохранилища крупнейшей в мире плотины Нурекской ГЭС в Таджикистане [6 и др.], связанные с проницаемостью жидкости и вибрациями земной коры, позволили нам разработать новые способы увеличения нефтеотдачи пластов и добычи нефти, уменьшения обводненности добываемого флюида и снижения сейсмического риска путем регулируемого и существенного уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины в согласованном с лунно-солнечными приливами режиме.

2. Способ увеличения нефтеотдачи пластов с учетом суточных приливов

Предлагаемый способ предусматривает циклическую закачку воды в скважины с уменьшением ее объемов, а также, не зависимо, вибровоздействия на нефтяной пласт, согласованные по времени с суточными приливными движениями Земли [2].

Закачка воды в нагнетательные скважины нефтяного пласта вызывает перепады давления двух видов. Первый вид, это трещинно-поровый перепад давления между флюидом в трещинах и нефтью в прилегающем поровом пространстве. Вследствие ежесуточных приливных движений Земли трещины периодически раскрываются и сжимаются. При расширении трещин (примерно до 12 часов в сутки) давление в них снижается и происходит интенсивное извлечение нефти из пор в трещины. Поэтому количество воды в трещинах должно быть ограниченным.

При больших объемах закачки воды в пласт давление внутри трещин значительно повышается и извлечение нефти из пор прекращается. Вода под большим давлением запирает выход нефти из порового пространства в трещины, что постепенно приводит к высокой обводненности добываемого флюида.

Кроме того, в случае больших объемов закачки воды в пласт создается большой перепад давления между зонами нагнетательных и добывающих скважин, который обеспечивает направленное продвижение флюида. То есть, закачка воды играет как положительную, так и отрицательную роль. Этот второй вид перепада давления можно условно назвать «зонным». Он, естественно, необходим, но, тем не менее, приводит к прекращению извлечения нефти из пор в трещины, поэтому объемы закачки должны быть ограниченными, а снижение зонного перепада давления должно компенсироваться другими альтернативными способами. Одним из таких способов поддержки зонного перепада является непрерывная добыча нефти добывающими скважинами, которая обеспечивает в их зонах постоянный пониженный уровень давления.

Во время лунно-солнечных отливов трещины пласта сжимаются, давление в трещинах повышается, и это способствует продвижению флюида по трещинам в направлении зон пониженного давления, то есть к зонам добывающих скважин. Следовательно, лунно-солнечный отлив также является альтернативой зонного перепада давления. Поэтому, вынужденное снижение объемов закачки воды в пласт, способствующее снижению зонного перепада давления, может и должно компенсироваться путем учета естественного периодического сжатия трещин пластов вследствие приливных движений Земли.

Необходимый объем циклической закачки воды в пласт должен определяться,

прежде всего, объемами добываемой нефти, в то время как сегодня объемы закачки воды в скважины многократно превышают объемы добычи нефти.

Следует также отметить, что если циклическая закачка воды проводится в периоды сжатия трещин пласта и уменьшения приемистости скважин (до 12 часов в сутки), то это способствует дополнительному увеличению зонного перепада давления меньшими объемами закачки воды, что также является дополнительной альтернативой уменьшения объемов закачки воды.

В целом, объемы закачки воды в разработанных способах предлагается контролировать экспериментально таким образом, чтобы давление внутри трещин в процессе приливных движений Земли могло изменяться более значительно, а обводненность добываемого флюида при этом не превышала бы 50%. Многочисленные экспериментальные данные показывают, что уменьшение объемов закачки воды способствует уменьшению добычи флюида, но не способствует уменьшению добычи нефти, а наоборот, снижает темпы естественного падения добычи, и даже постепенно увеличивает ее. Объемы закачки воды необходимо уменьшать экспериментально до предельного уровня снижения обводненности, когда естественное падение добычи нефти притормаживается, и далее добыча нефти начинает постепенно увеличиваться.

Аналогичные процессы увеличения добычи происходят и во время вибраций земной коры. Импульсное раскрытие трещин от вибраций приводит к увеличению деформации среды в направлении действия объемных тектонических сил сжатия, что вызывает ускоренное продвижение флюида в направлении перепада давления. Поэтому вибрации следует проводить во время естественного сжатия трещин земной коры в процессе лунно-солнечных отливов [6].

После прекращения вибраций начинается обратный процесс расширения трещин земной коры, то есть частичный возврат произошедшей деформации (дилатансия) [6,9]. Это дополнительно усиливает естественный процесс расширения трещин земной коры, который происходит во время лунно-солнечного прилива, что увеличивает эффект извлечения нефти из пор в трещины. Следовательно, прекращать вибрации необходимо к моменту начала приливных движений Земли. Вибрации в данном способе, распространяются на большие расстояния в считанные секунды, в отличие от скорости проницаемости воды.

Результаты исследований в районе высочайшей в мире плотины Нурекской ГЭС показывают, что равномерные по амплитуде вибрации земной коры увеличивают скорости деформации напряженных сред, вследствие чего интенсивно снимаются накопленные напряжения в зонах подготовки землетрясений [4,6]. Энергия вибраций в напряженных средах вызывает остаточные пластические ►

деформации, которые снимают напряжения и предотвращают землетрясения. Основная частота собственных колебаний пластов, также как и несущая частота колебаний при разных землетрясениях, находятся преимущественно в пределах 0.5-50 Гц).

Вибрации и закачка воды в способе являются независимыми и взаимодополняющими друг друга. Для проведения вибраций могут использоваться как наземные, так и внутрискважинные вибраторы. Наиболее эффективными вибраторами сегодня представляются внутрискважинные, вибраторы, помещаемые во флюидную среду и действующие по принципу электроемкостных, газозрывных или кавитационных генераторов. Подобные генераторы уже существуют или проходят завершающую стадию доработки. Коэффициент преобразования потребляемой энергии таких генераторов в упругие (сейсмические) колебания может достигать 20% и более.

3. Способ обработки скважин с учетом суточных приливов

В результате приливных движений Земли потоки флюида следуют либо из скважины в пласт при расширении трещин земной коры (прилив), либо из пласта в скважину при сжатии трещин [5]. В связи с этим во всех известных ранее и новых способах обработки скважин, связанных с закачкой химических реактивов, или потоков тепла из скважины в пласт, закачку следует проводить только в периоды движения флюида из скважины в пласт (прилив). К моменту возникновения отливов закачку флюида следует прекращать.

Проведение вибро- и акустических воздействий для очистки перфорационных зон скважин от коагулирующих материалов следует проводить в периоды сжатия трещин, когда потоки флюида вместе с отходами очистки идут из

пласта в скважину (отлив). К моменту начала прилива и смены потока флюида из скважины в пласт, вибрационные воздействия необходимо приостанавливать [5].

4. Способ увеличения нефтеотдачи с учетом 14-суточных приливов

Сравнение эффективности полусуточной и более длительной закачки воды в скважины с учетом приливных движений Земли позволяет осуществить другой разработанный способ увеличения добычи нефти с помощью более длительной циклической закачки воды с использованием 14- и 28-суточных периодов лунно-солнечных приливов [7]. При этом обеспечивается эффективность работы добывающих скважин за счет перепада давления, расположенных до километра от нагнетательных, даже в течение одного цикла длительной закачки воды в пласт. Этот способ предусматривает изменения суточных амплитуд земных приливов в течение 14- и 28 суток. Длительности периодов циклической закачки воды в скважины с уменьшением общих объемов закачки достигают в этом способе 5-9 суток в зависимости от времени следования больших и малых амплитуд суточных приливов в течение каждых последовательных фаз 14-суточных приливов. Малые размахи суточных амплитуд земных приливов ограничивают приемистость скважин и объемы закачки воды в пласт, что и используется в разработанном способе. При малых размахах суточных амплитуд в течение 14-суточных периодов, извлечение нефти из пор и микротрещин в большие трещины относительно слабое, поэтому в эти периоды можно закачивать воду в пласт. В этот же период обеспечивается и более быстрое повышение пластового давления при меньших объемах закачки воды. А при больших размахах суточных амплитуд, извлечение нефти из порового пространства в трещины максимальное.

Следовательно, в эти периоды закачивать воду в пласт не следует.

5. Примеры экспериментального подтверждения повышения нефтеотдачи пластов в процессе уменьшения объемов закачки

На рис.1 приведены графики количества закачки воды в скважины в тыс. м³/мес, добычи нефтяного флюида и нефти на одной из площадей НГДУ Ромашкинского месторождения за 1982-2001 гг., типичные для всех других площадей. На графиках видно четкое соответствие между количеством добываемого флюида и количеством закачиваемой воды в скважины, которые увеличиваются и уменьшаются одинаково. Добыча нефти на данном этапе идет в зависимости от ее количества в трещинах.

Необходимо отметить, что до 1982 г, в 50-х, 60-х годах, когда содержание нефти в трещинах, транспортирующих флюид, было еще достаточно высоким, увеличение объемов закачки воды давало пропорциональное увеличение добычи нефти. Но значительное и быстрое увеличение объемов закачки воды привело к быстрому увеличению обводненности добываемого флюида и началу падения добычи нефти. К началу 80-х годов обводненность флюида на многих площадях Ромашкинского месторождения достигла уже 75 %, а количество добываемой нефти при этом и далее уже не увеличивается. Чем больше закачивается воды, тем больше добывается флюида, но не нефти. За короткий срок с 1982 по 1985 гг., как это видно на рис.1, была попытка увеличить добычу нефти путем большого увеличения объемов закачки воды. За этот период объемы закачки были увеличены примерно с 42 до 46 тыс. м³/мес, что привело к точно такому же увеличению добычи флюида, но не привело даже к небольшому увеличению добычи нефти, а скорее наоборот, к некоторому ускорению падения ее ►

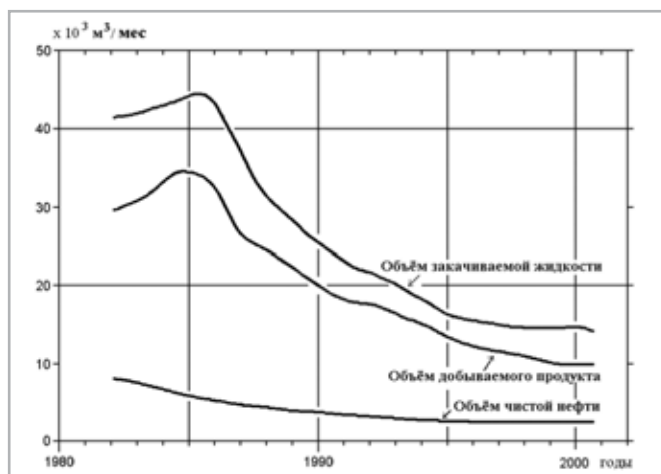


Рис.1. Графики количества закачки воды в скважины, добычи нефтяного флюида и нефти в единицах м³/мес на одной из площадей НГДУ Ромашкинского месторождения за 1982-2001 гг., типичные для всех других площадей. На графиках видно четкое соответствие между количеством добываемого флюида и количеством закачиваемой воды в скважины, которые увеличиваются и уменьшаются одинаково. Добыча нефти идет стабильно.

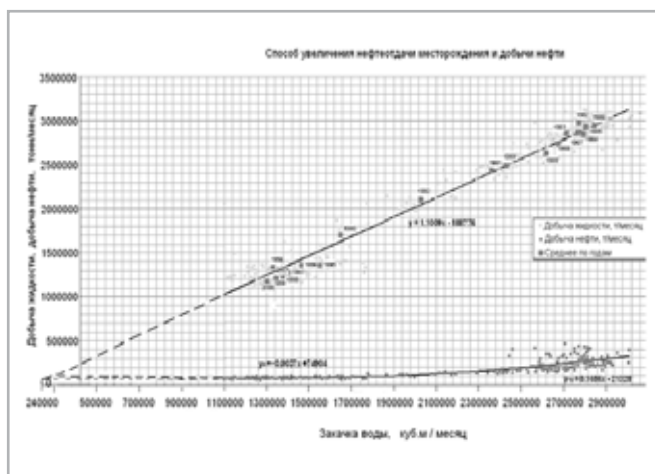


Рис.2. Графики зависимости добычи нефти и флюида на Абдрахмановской площади НГДУ Ромашкинского месторождения от закачки воды с 1982 по 2001 гг. Параметр «х» уравнения добычи нефти в левой и правой частях графика обозначает объемы закачки воды в куб. м/мес, а параметр «у» — добычу нефти в т/мес.

добычи. При этом, обводненность флюида за этот короткий срок увеличилась с 75% до 86% [3,8]. Но с дальнейшим уже вынужденным и длительным уменьшением объемов закачки воды с 1986 по 2001 г. в 2,7 раза, обводненность флюида удалось постепенно восстановить (уменьшить) до 75%, при этом падение добычи нефти практически прекратилось. Такие же графики для разных площадей свидетельствуют о том, что с уменьшением объемов закачки воды падение добычи нефти прекращается, ее добыча стабилизируется и даже начинает увеличиваться.

На рис.2 приведен другой график зависимости количества добываемого флюида и нефти от объемов закачки воды в скважины для Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения с 1982 по 2001 г. [3,8]. По оси абсцисс отложены объемы закачки воды в скважины в м³/мес, а по оси ординат количество добываемого флюида и нефти в т/мес. В связи с тем, что в процессе добычи идет постепенное уменьшение объемов закачки воды в нагнетательные скважины, время на графике идет в обратном направлении по оси абсцисс, то есть в направлении уменьшения средних объемов закачки воды в месяц. Время прослеживается по среднегодовым значениям добычи флюида, обозначенным на рис.2 квадратными точками с 1982 по 2001 г.

На рис.2, также как и на рис.1, видно, что с постепенным уменьшением объемов закачки воды в пласт, количество добываемого флюида пропорционально уменьшается. При этом, количество добываемой нефти также постепенно снижается, но это снижение воды замедляется. Как видно на рис.2, в 1982 г и далее, когда количество нефти в трещинах еще не минимальное, ее добыча в связи с большими объемами закачки воды падает быстрее и обводненность флюида повышается соответственно. Наклон графика падения добычи нефти в правой части значительно больше. Позже, когда объемы закачки воды к 1992 г уменьшились примерно в 1.5 раза, падение добычи нефти заметно снижается и стабилизируется, а к 2001 г, когда объемы закачки уменьшились в 2.7 раз, возникла тенденция роста добычи нефти, о чем свидетельствует знак (-) при коэффициенте (x) в экспериментальном уравнении левой части графика добычи нефти (рис.2). Это является наглядным результатом снижения объемов закачки воды.

После 2001г на всех НГДУ Ромашкинского месторождения уменьшение объемов закачки воды прекратилось. Пунктирные линии графиков добычи флюида и нефти в левой части рис.2 обозначают дальнейший ожидаемый ход уменьшения количества добываемого флюида и увеличения добычи нефти в случае последующего уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины с учетом приливных движений Земли [7]. При этом необходимо

отметить, что увеличение добычи нефти может быть более интенсивным, чем это показано на рис.2, что должны показать экспериментальные результаты, поскольку на рисунке проведена экстраполяция увеличения добычи нефти по уравнению левой части графика, построенного только до 2001 года. Дальнейшее уменьшение объемов закачки воды может значительно увеличить наклон этого графика вверх и, соответственно, увеличить объемы добычи нефти, а также соответственно уменьшить добычу и обводненность флюида.

Аналогичные результаты с такими же графиками получены и для других 16 крупных площадей разных НГДУ Ромашкинского месторождения нефти [3], что свидетельствует о перспективах дальнейшего уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины до экспериментально определенного предела, соответствующего объемам добычи нефти.

Имеется и целый ряд других экспериментальных подтверждений увеличения добычи нефти в связи с уменьшением объемов закачки воды в пласт. В процессе добычи нефти на отдельных площадях Ромашкинского месторождения нефти в отдельные периоды времени по техническим причинам (до 1-2 месяцев), как и на других месторождениях, бывают случаи резкого уменьшения объемов закачки воды в скважины в несколько раз. В эти периоды значительно уменьшается перепад давления между зонами нагнетательных и добывающих скважин, происходит резкое уменьшение добычи флюида и его обводненности, но количество нефти остается, как минимум, стабильным, а в некоторых случаях наблюдается даже увеличение ее добычи.

Кроме того, как показали исследования на Ромашкинском месторождении нефти с помощью автоматического прибора регистрации количества добываемого флюида, его объем в течение суток варьирует до 30% с периодичностью 12 и 24 часа в соответствии с периодичностью приливных движений Земли [8]. При этом, вариации объема добываемого флюида согласуются с суточными вариациями приливной деформации.

Таким же образом до 25-30% в сутки варьирует обводненность добываемого флюида, когда были проведены специальные многократные в течение суток измерения на нескольких скважинах [8]. При этом, чем меньше извлекается флюида, тем меньше его обводненность. И эти вариации также согласуются с приливными движениями Земли.

Хорошо известны случаи возобновления добычи нефти в добывающих скважинах, которые были ранее закрыты на длительный период времени (более 1 года) из-за 100% обводненности флюида. Причина возобновления продуктивности этих скважин в соответствии с предложенной в данной работе концепцией, связана с приливными движениями, способствующими длительному периодическому раскрытию и закрытию

трещин, и естественному массообмену между нефтью в поровом пространстве и водой в трещинах, который постепенно заполняет трещины нефтью. Это подтверждается известными методами увеличения добычи нефти в соответствии с утвержденными Методическими Руководствами в разных нефтяных компаниях по изменению направленности фильтрационных потоков путем организации блоковых систем циклического заводнения и периодического отключения высоко обводненных добывающих скважин на длительный период времени. За этот период в зонах высоко обводненных скважин происходит интенсивный массообмен между нефтью в порах и накопленной водой в трещинах в связи с приливными движениями Земли и через достаточно большой промежуток времени процесс добычи нефти в этих скважинах возобновляется заново.

Однако, недостатком данных методов является периодическое и длительное отключение добывающих скважин, что снижает общий объем добычи. Общее регулируемое уменьшение объемов циклической закачки воды с учетом приливных движений позволяет создать условия более интенсивного извлечения нефти из порового пространства в трещины на всей площади месторождения и на всех добывающих скважинах одновременно без их отключения.

Авторами работы разработана методика расчетов приливных движений Земли для любого участка земного шара и на любой период текущего времени – месяц, квартал, год и т.д.

Риски снижения добычи нефти в предлагаемых способах отсутствуют, так как предполагается постепенное снижение объемов закачки воды. Снижение добычи нефти на этапе ее стабилизации, по имеющимся данным, исключено.

Проблема утилизации добываемой воды также решается не сложно, так как с каждым циклом ее закачки большие объемы воды остаются за пределами нефтяного пласта.

6. Способ снятия упругой энергии в напряженных средах

Интенсивная закачка воды в скважины и добыча нефти и газа нередко приводят к возбужденной сейсмичности, которая возникает вследствие нарушения стабильности напряженного состояния среды и появления гидроразрывов. При этом, в нефте- и газодобывающих районах нередко возникают сильные разрушительные землетрясения, естественная повторяемость которых в соответствии с нормативными картами сейсмического районирования, значительно ниже. Широкие исследования возбужденной сейсмичности в районах крупных водохранилищ, а также в зонах добычи нефти и газа, позволили нам разработать способ управляемого снятия накопленных напряжений в земной коре и предотвращения возможного сильных землетрясений с учетом ►

приливных движений Земли [3,4,6 и др.]. Способ предусматривает уменьшение и регулирование объемов закачки воды в скважины, а также проведение вибраций с учетом приливов, которые преобразовывают накопленную энергию сильных землетрясений в остаточные пластические подвижки напряженных сред. Эффективность способа подтверждается результатами длительного, более чем 40-летнего промышленного эксперимента в наиболее изученном в сейсмическом отношении районе высочайшей в мире плотины Нурекской ГЭС, а также результатами других аналогичных исследований возбужденной сейсмичности в мировой практике.

Аналогичные результаты получены и в районе Ромашкинского месторождения нефти. Длительное уменьшение объемов закачки воды в районе месторождения в 2,7 раза, проведенное ОАО «Татнефть» с 1986 по 2001 гг., привело к уменьшению количества возбужденных землетрясений в 20 раз, а их суммарная годовая энергии уменьшилась на четыре порядка [3,6 и др.]. Максимально возможное землетрясение этого района в соответствии с картой сейсмического районирования, не превышает магнитуды $M=5$ (энергетический класс $K=13$, 7-8 баллов на разных грунтах по 12-балльной шкале). И если прежде в процессе интенсивной закачки воды и добычи нефти происходило большое число слабых и относительно сильных землетрясений с энергетическими классами до $K=12$ (6-7 баллов, магнитуда $M=4$), то после уменьшения объемов закачки воды к 2001 году и до настоящего времени, класс наибольших сейсмических событий уже не превышает $K=8$ (3-4 балла, $M=2$), а суммарная годовая энергия землетрясений также не превышает величины, соответствующей $K=8$. Исключения могут возникать либо от большой и внезапной закачки воды в скважины, способной вызвать гидроразрывы, либо от того, что отсутствует компенсация выскобленным объемам нефти в виде соответствующей закачки воды в земную кору, в результате чего начинают проявляться интенсивные просадочные процессы.

Предлагаемые в настоящей работе способы увеличения добычи нефти с помощью уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины автоматически решают проблему предотвращения гидроразрывов в пластах и возникновения возбужденных землетрясений. Способы также упрощают сложные схемы закачки воды в пласт, обеспечивают сохранность добывающих и нагнетательных скважин от «ударных» высоких давлений закачки. При этом необходимо иметь в виду, что пластовое давление даже на уровне критического, уже является практически гидроразрывом, и, по сути дела, источником землетрясения, так как в любое время возможен триггерный эффект от внешнего слабого воздействия (удаленные землетрясения, транспорт) [6 и др.].

Гидроразрыв длиной около 0.5 км вызывает землетрясение с магнитудой $M=2$ (интенсивность 3-4 балла по 12-балльной шкале сейсмической балльности), а длиной около 1 км – землетрясение с магнитудой $M=3$ (5-6 баллов) и т.д. Гидроразрывы (раскрытие трещин и заполнение их нефтью из прилегающего порового пространства) и возникающие возбужденные землетрясения (встряска напряженной среды) в связи с интенсивной закачкой воды, несомненно, способствуют кратковременному увеличению добычи нефти. Гидроразрывы вспаривают земную кору преимущественно по уже готовым трещинам и плоскостям скольжения, заложенным в напряженной среде в результате постоянного воздействия объемных тектонических сил [6 и др.]. Но для достаточно длительного увеличения добычи нефти таким способом необходимо большое число гидроразрывов по всему месторождению, что вряд ли приемлемо с учетом необходимости обеспечения экологической безопасности.

Кроме того, разломы, трещины и плоскости скольжения имеют разную направленность и протяженность, поэтому не исключается и гидроразрыв самого нефтяного купола пласта и начало оттока нефти за его пределы. Тем более, что мощность нефтяных пластов чаще всего не превышает 10-30 метров. Поэтому, данное направление увеличения добычи нефти с помощью гидроразрывов, вряд ли может быть перспективным.

7. Заключение

Как показали исследования на Ромашкинском месторождении нефти в Татарстане, уменьшение объемов закачки воды в скважины вызывает существенное снижение обводненности добываемого флюида, постепенное уменьшение темпов падения и стабилизацию добычи нефти с перспективой на увеличение [3,8 и др.].

В настоящей работе предложены новые способы увеличения добычи нефти с помощью регулирования и дальнейшего уменьшения объемов циклической закачки воды в скважины, а также вибровоздействий земной коры с учетом приливных движений Земли [2,5,7]. Предлагаются пути снижения сейсмической опасности в районах интенсивной добычи нефти [4,6].

При использовании новых способов ожидается постепенное увеличение нефтеотдачи пластов, увеличение сроков эксплуатации месторождения и, соответственно, сроков службы нагнетательных и добывающих скважин, экономия средств на бурении новых скважин. Ожидается значительная экономия электроэнергии за счет уменьшения объемов закачки воды и добычи флюида, улучшение экологического состояния среды и, практически, полное исчезновение возбужденной сейсмичности. Ожидается увеличение площадей (участков, блоков), вовлеченных в одновременную

добычу нефти, и числа непрерывно действующих при этом добывающих скважин. Финансовые затраты на освоение новых технологий незначительны.

Для практической реализации и оценки эффективности предлагаемых способов увеличения добычи нефти, которая будет различной для каждого конкретного участка (блока) добычи, необходимы экспериментальные измерения. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мельхиор П. Земные приливы//М.: Мир. 1968. 482 с.
2. Мирзоев К.М., Мирзоев В.К., Ахмадиев Р.Г. Способ повышения нефтеотдачи месторождения и добычи нефти//Патент № 2217581. 2003.
3. Мирзоев К.М., Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Гатиятуллин Р.Н., Муслимов Р.Х., Файзуллин И.Н., Ахмадиев Р.Г., Мирзоев В.К. Оценка оптимальных объемов и режима закачки воды в скважины Ромашкинского месторождения//Нефтяное хозяйство. 2005. №8. С. 128-131.
4. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Лукк А.А., Юнга С.Л. Способ снятия упругой энергии в напряженных средах для предотвращения землетрясений//Патент № 2289151. 2006.
5. Мирзоев К.М., Мирзоев В.К. Способ восстановления продуктивности скважины//Патент №2350743. 2009.
6. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Лукк А.А., Юнга С.Л. Наведенная сейсмичность и возможности регулируемой разрядки накопленных напряжений в земной коре//Изв. АН РФ. Физика Земли. 2009. №10. С. 49-68.
7. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Мирзоев В.К., Лукк А.А., Дещеревский А.В., Харламов А.И. Способ увеличения нефтеотдачи месторождения и добычи нефти//Патент №2009113438/3 (018266). Патент № 2387817. 2010.
8. Муслимов Р.Х., Мирзоев К.М., Ахмадиев Р.Г., Агафонов В.А., Хузин Р.Р., Тимирозов В.С., Мирзоев В.К., Лукк А.А., Дещеревский А.В. Влияние гравитационных лунно-солнечных приливов земной коры на добычу нефти//Нефтяное хозяйство. 2006. №8. С. 111-115.
9. Садовский М.А., Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х., Саломов Н.Г. Влияние механических микроколебаний на характер пластических деформаций материалов//Изв. АН СССР. Физика Земли. 1981. №6. С. 32-42.
10. Садовский М.А., Николаев А.В. (ред.). Сейсмические воздействия на нефтяную залежь. М.: ИФЗ РАН. 1993. 240 с.
11. Степанов В.П., Мирзоев К.М., Степанов А.В. Методические основы построения карт глобальной трещиноватости земной коры способом детальной обработки данных магнитных аномалий на примере Татарстана//«Плутон». Казань. 2005. 84 с.
12. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость//ЛГУ. 1973.