

Добыча трудноизвлекаемых запасов нефти сегодня является одной из актуальных задач нефтедобывающей промышленности. К трудноизвлекаемым относятся, в основном, тяжелые и высоковязкие нефти (вязкость выше 50 мПа·с). Их запасы значительно превышают запасы легкой и маловязкой нефти. Запасы трудноизвлекаемой нефти это 55 % от общего объема нефтяных запасов России. Нефти месторождений Поволжья по своим свойствам неодинаковы, не малую их долю можно охарактеризовать как высоковязкие, тяжелые, высокосернистые. Среди административных районов представляющих данный регион, наибольший процент трудноизвлекаемых запасов приходится на республику Татарстан. В Татарстане структура остаточных извлекаемых запасов представлена следующим образом: доля активных -20,4%; трудноизвлекаемых -79,6%, в том числе на высоковязкие приходится 39,5%. Отдельные месторождения Татарстана можно полностью отнести полностью к залежам нефти с трудноизвлекаемыми запасами. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов не имеют в настоящее время альтернативы при разработке нефтяных месторождений, содержащих высоковязкие нефти, и являются приоритетными среди других методов [1,2]. Тепловое воздействие является комплексным уменьшается вязкость нефти (рис.1), увеличивается ее подвижность, ослабевают структурно-механические свойства, улучшаются условия для капиллярной пропитки и смачиваемости вытесняющего агента (табл.), что приводит к увеличению коэффициента вытеснения и конечной нефтеотдачи. Тепловые методы можно разделить на три группы в зависимости от места генерации тепла. В первой группе тепло генерируется на поверхности и доставляется в пласт теплоносителями: водой или паром. К группе теплоносителей относятся: горячая вода; пар; парогаз; - вода с высокими термодинамическими параметрами (терморастворитель). Методы первой группы уже получили достаточно широкое распространение благодаря относительно малым затратам в техническом обеспечении. Рис. 1 - Зависимость вязкости нефти от давления и температуры [3] Таблица 1 - Зависимость вязкоупругих свойств нефти от температуры [4]

Температура, °С	Комплексная вязкость, мПа·с	Вязкая компонента, мПа·с
10	11724	11700
15	7060	7030
20	4041	4020
25	2760	2720
30	2159	2120
40	1201	1100
50	885	790
60	776	624
70	780	620

Во второй группе тепло генерируется непосредственно в пласте при сжигании части нефти, а горение поддерживается посредством закачки в пласт окислителя (например, воздуха, кислорода или их сочетания). Оно подразделяется на сухое; влажное и сверхвлажное внутрипластовое горение. Способы второй группы пока находятся в стадии разработки, поскольку еще не сняты все затруднения в их реализации, контроле над продвижением фронта и обеспечении экологических ограничений. В третьей группе тепло генерируется за счет протекания электрического тока. При этом используют различные электрические устройства: нагревательные кабели, индукционные

подогреватели [5], обычные стандартные спиральные теплоэлектронагреватели (ТЭНы) и ионные нагреватели. На наш взгляд, последние являются наиболее перспективными, особенно для скважин с относительно невысоким дебитом. В ионном нагревателе тепловая энергия генерируется за счет протекания переменного тока промышленной частоты через электролит, с которым соприкасаются, как минимум, два электрода. Принцип работы ионного нагревателя основан на прямом взаимодействии теплоносителя, занимающего пространство между электродами, с электрическим током. Прохождение электрического тока через теплоноситель вызывает хаотичное движение положительных и отрицательных ионов: первые движутся к отрицательно заряженному электроду; вторые - к заряженному положительно. Постоянное перемещение ионов в сопротивляющейся этому движению среде вызывает быстрый нагрев теплоносителя, чему особенно способствует перемена ролей у электродов - каждую секунду их полярность меняется 50 раз, т.е. каждый из электродов в течение одной секунды 50 раз будет анодом и 50- катодом, поскольку они подключены к источнику переменного тока частотой 50 Гц. Следует отметить, что именно столь частая смена полярности у электродов не позволяет воде разложиться на кислород и водород в значимых количествах. С возрастанием температуры в герметичном нагревателе повышается давление, что приводит к увеличению температуры кипения жидкости. Таким образом, электроды, установленные в емкости ионного нагревателя, напрямую мало участвуют в нагреве жидкости и не перегреваются сами. Ионный нагреватель обладает рядом неоспоримых преимуществ, среди которых следует отметить: в простоту конструкции и технического обслуживания; в отсутствие перегрева; в высокую производительность; в отсутствие перегорающего элемента; в долговечность - годы непрерывной работы; в крайне малая инертность позволяет эффективно управлять температурными режимами во время работы при помощи автоматики, в результате достигается наименее энергозатратная работа - температура всегда будет на том уровне, который задан автоматическому контроллеру; в перепады напряжения в электросети не наносят вреда ионному нагревателю - меняется лишь его мощность, работа не прекращается. К электролиту для ионного нагревателя для обеспечения его бесперебойной работы предъявляется ряд взаимосвязанных и противоречивых требований. Важнейшим условием эффективной работы ионного нагревателя является наличие определенного омического сопротивления электролита. При этом не следует забывать, что электропроводимость жидкостей с ионной проводимостью значительно зависит от температуры - при повышении температуры на 50°C электропроводимость возрастает примерно в два раза. Второй серьезной проблемой для герметичных ионных нагревателей является такое обязательное сочетание материала электродов и состава электролита, при котором не происходит суммарного выделения водорода и кислорода на

электродах при протекании переменного электрического тока большого напряжения (220 -380 В). Следующей серьезной проблемой для ионного нагревателя, работающих в нефтяной скважине является инертность электрода при протекании переменного электрического тока большого напряжения в течении длительного времени (года и более непрерывной работы). Спуск и подъем нагревателя на большую глубину весьма дорогостоящая процедура, поэтому рентабельным вариантом его монтажа является плановый или внеплановый ремонт насосного оборудования, связанный с демонтажем - монтажем насосно-компрессорной трубы. В одном из электробезопасных исполнений ионный нагреватель представляет собой металлический цилиндр с помещенным в него металлическим электродом (рис.2). Рис. 2 - Скважинный ионный нагреватель: 1 - металлический корпус; 2 - центральный электрод; 3 - изолятор; 4 - упор; 5 - электролит. Электрод изолирован относительно внутренних стенок цилиндра насадками из диэлектрического материала и подключен к фазовому проводу, а цилиндр - к нулевому проводу [6,7]. Цилиндр герметизирован, часть его заполнена жидкостью с ионной проводимостью. Такая конструкция нагревателя позволяет успешно использовать его при добыче высоковязких нефтей, поскольку он выгодно отличается от других электрических устройств: нагревательных кабелей, индукционных подогревателей, металлических спиралей и т.п. Нагреватель расположен непосредственно в скважине около насоса и окончания насосно-компрессорной трубы (рис.3). В зависимости от поставленных задач, температура стенки нагревателя варьируется от 40 до 250оС. Рис. 3 - Расположение ионного нагревателя в скважине: 1- блок управления, 2 клипсы крепления кабеля, 3 - насос ШГН, 4 - фильтр, 5 - ионный нагреватель, 6 - нефтяной пласт, 7 - кабель КРБК, 8 - насосно-компрессорная труба. При разработке конструкции электронагревателя и дальнейшей его эксплуатации следует учитывать влияние различных параметров на его мощность и долговечность работы. Среди них можно выделить: геометрические факторы (площадь электродов, объем электролита, межэлектродное расстояние), материал электродов, состав электролита. Электролит в данной системе играет решающую роль, поскольку его электропроводимость определяет мощность теплоотдачи, а состав - коррозионно- электрохимическую стойкость электродов. При этом необходимо учитывать, что свойства электролита существенно зависят от температуры и давления. Нами создан ряд электролитов для ионного нагревателя, под общей маркой «ТЭПИОН», которые удовлетворяют всем эксплуатационным требованиям. Электролит представляет собой прозрачную жидкость - водный раствор с добавлением различных вспомогательных веществ. Производится серийный ряд электролитов для нагревателей различной мощности и типа. Электролит пожаровзрывобезопасен, при соблюдении элементарных требований техники безопасности, электролит не оказывает вредного воздействия на здоровье лиц

связанный с его испытанием и применением. Разработана и апробирована в промышленных условиях методика подбора электролита для конкретных условий работы каждой нефтедобывающей скважины. Также разработан простой и удобный метод контроля качества электролита, основанный на измерении его электропроводимости [8], с помощью известного уравнения $\sigma_{t2} = \sigma_{t1} (1 + a(t_2 - t_1))$. При этом учитывалось, что в полевых условиях при измерении электропроводимости поддерживать и измерять температуру электролита крайне затруднительно, поэтому использовали определенный ранее в лабораторных условиях температурный коэффициент a , составляющий величину около 0.03. Систематические лабораторные исследования и многолетняя эксплуатация нескольких десятков ионных нагревателей, в которых используются электролиты ТЭПИОН, на ряде месторождений нефти Татарстана показали их высокую эффективность. При этом следует особенно отметить тот факт, что кроме увеличения добычи нефти (суточный прирост до 30%), существенно облегчается работа насосно-компрессорного оборудования, что выражается в резком снижении количества его отказов и непосредственно связанных с этим затрат на ремонт.