

Постепенное истощение разведанных нефтяных месторождений делает тяжёлые нефти важнейшими альтернативными источниками углеводородного топлива. Однако промышленное освоение эффективных методов извлечения тяжёлой нефти является сложной научно-технической проблемой. Один из путей её решения - применение термошахтной разработки нефтяного месторождения, заключающейся в воздействии на пласт теплоносителями [1]. Наиболее эффективным теплоносителем является водяной пар, нагнетаемый в нефтяной пласт. Но такая технология добычи связана с необходимостью постоянного шахтного водоотлива пластовой воды. Другой серьёзной проблемой для термошахтной разработки является проблема обеспечения водой для производства пара. Перспективной представляется схема оборотного водоснабжения котельных агрегатов [2], при которой попутно добываемая пластовая вода готовится до котлового качества на водоподготовительных установках (ВПУ) и далее используется для производства пара. Но, для возможности подачи пластовой воды на водоподготовительную установку и далее на парогенератор, содержание нефтепродуктов в ней не должно превышать 50 мг/л. Концентрация же нефтепродуктов в добываемой воде зачастую превышает 3000 мг/л. Таким образом, при разработке месторождений тяжёлой нефти остро встаёт проблема водоочистки. Разработке и исследованию наиболее эффективного, на наш взгляд, способа очистки пластовой воды от примеси тяжёлой нефти и посвящена данная статья. Технология очистки нефтесодержащих вод определяется фазоводисперсным состоянием образующейся системы нефть-вода. Поведение нефти и нефтепродуктов в воде обусловлено, как правило, меньшей их плотностью по сравнению с плотностью воды и чрезвычайно малой растворимостью в воде. В связи с этим основными методами очистки воды являются механические и физико-химические [3]. Из механических методов наибольшее применение нашло отстаивание, в меньшей мере - фильтрование и центрифугование. Из физико-химических методов серьёзное внимание привлекает флотация [4]. Следует учесть, что согласно классификации, принятой в 1987 году на XII Нефтяном мировом конгрессе в Хьюстоне, к тяжёлым относятся нефти с плотностью 920,0 - 1000 кг/м³, т.е. их плотность почти не отличается от плотности воды. Поэтому тяжёлая нефть в воде будет распределена не в виде простой взвеси, легко разделяемой механическими методами, а в виде стойкой эмульсии, для разделения которой эти методы в чистом виде неприменимы. Одним из путей решения этой проблемы является применение химической коагуляции и флокуляции, позволяющей выделить из воды тонкодиспергированные примеси и образовать из них более крупные агрегаты. Но, по данным [5], дальнейшая очистка обработанной коагулянтom и флокулянтom воды механическим способом обеспечивает удаление нефтепродуктов лишь на 60%. Наиболее эффективным и, на наш взгляд, безальтернативным методом очистки пластовой воды от

примеси тяжёлой нефти является метод комбинированной флотации. Сущность метода состоит во флотировании жидкости, последовательно обработанной коагулянтом и флокулянтом в разработанном авторами аппарате, совмещающем в себе напорный и дисперсионный [6] флотаторы. Отличительной особенностью аппарата является наличие рассредоточенных по высоте источников образования пузырьков воздуха. Как известно [3], размер пузырьков двояко влияет на интенсивность извлечения загрязнений - при их укрупнении растёт скорость всплытия, но одновременно снижается эффективность захвата частиц. Поэтому, с нашей точки зрения, укрупнение пузырьков оправдано после их взаимодействия с частицами. В связи с этим вначале рационально вести процесс флотации при малом газосодержании жидкости, а затем - при его повышении, для интенсификации коалесценции пузырьков [7]. Описанные теоретические предпосылки были положены в основу конструкции флотационной установки, схематично изображённой на рис.1. Рис. 1 - Схема экспериментальной установки

Установка работает следующим образом. Загрязнённая жидкость подаётся в камеру коагуляции 2, затем, после истечения определённого времени пребывания, в камеру флокуляции 3. Пройдя цикл химической обработки, жидкость с образовавшимися в ней хлопьями осадка подаётся на вход импеллерного насоса 4. Насос данного типа работает по принципу объёмного перемещения, перекачивание жидкости обеспечивает гибкий резиновый ротор, вращающийся в овальном корпусе насоса. Такая конструкция насоса делает возможной перекачку жидкости, содержащей твердые частицы (хлопья), с сохранением их структуры. Далее поток раздваивается: большая часть его (около 90%) через дросселирующее устройство 5 поступает в нижнюю часть флотационной колонны 1, оставшая часть - в среднюю часть колонны через водо-воздушный эжектор 6. Размеры проходных сечений, как дросселирующего устройства, так и эжектороподобраны таким образом, чтобы обеспечивалось максимальное газовыделение и газо-насыщение при минимальном разрушении сфлуктурированных хлопьев. Необходимое газосодержание на первой стадии процесса обеспечивается образованием микропузырьков из воздуха, растворённого в поступающей воде, на второй стадии - диспергированием воздуха в жидкость эжектором. Пройдя через аппарат, очищенная жидкость отводится через патрубок 7, сфлотированные загрязнения - через пеносборник 8. Авторами была проведена серия экспериментов для подбора оптимальных гидродинамических режимов флотации, оценки влияния на степень очистки пластовой воды природы и химического состава коагулянта и флокулянта, способа и момента их введения, времени смешения, а также качества исходной воды (температура, pH). Исследования показали существенную зависимость эффективности очистки от правильного подбора характеристик дросселирующего устройства и эжектора, адекватных заданному расходу жидкости. Вместе с тем, результаты экспериментов показали сильное влияние

на эффективность очистки технологии проведения химической обработки реагентами. В частности установлено, что интенсивность хлопьеобразования уменьшается при одновременном вводе коагулянта и флокулянта (исключении из установки одной камеры хлопьеобразования) по сравнению с последовательным вводом. Аналогичный результат получается и при смене последовательности введения реагентов коагулянт-флокулянт. Выявлено существенное влияние температуры на процесс коагуляции. Так, при изменении температуры в диапазоне 20 оС - 50 оС время хлопьеобразования сокращалось на порядок. Обобщение результатов позволило подобрать оптимальные марки реагентов и значения их концентраций. Наибольшей эффективности очистки пластовой воды конкретного месторождения до необходимой остаточной концентрации нефти удалось достичь применением в качестве коагулянта оксихлорида алюминия с концентрацией 20 мг/л, в качестве флокулянта - препарата «Праестол-650» с концентрацией 0,7 мг/л. Но, как отмечает большинство исследователей, скорость и эффективность процессов коагуляции и флокуляции настолько сильно зависят от качества исходной воды, её химического и дисперсионного состава, величины рН, что для подбора оптимальных параметров процесса очистки пластовых вод разных шахтных водоотливов, в каждом случае потребуется проведение экспериментальных исследований, которые могут быть проведены на сконструированной авторами установке. Таким образом, проведённые экспериментальные исследования процесса водоочистки на разработанной установке комбинированной флотации подтверди её эффективность и способность обеспечить очистку пластовой воды от примесей тяжёлой нефти до концентраций, делающими воду пригодной для использования в замкнутом цикле водоснабжения, минимизирующим вредное воздействие пластовых вод на окружающую среду.