

УДК 622.276.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Мухамадеев Р.У.

ООО «Альянс Нефтегаз Технолоджи», г. Уфа

e-mail: r.mukhamadeev@angt.su

Вольцов А.А.

ЗАО НТК «МНГК», г. Уфа

***Аннотация.** Рост объемов добычи пластовой воды при длительной эксплуатации нефтяных месторождений, задача более полного извлечения нефти из слабопроницаемых горизонтов и во многих случаях невысокая приемистость пластов выдвигают требования применения эффективных комплексных технологий очистки воды для каждого конкретного объекта. Главными критериями выбора технологий подготовки пластовой воды являются способность интенсифицировать процесс удаления загрязнений из пластовой воды, возможность снижения металлоемкости оборудования и затрат на проведение очистки. В статье рассматривается виброакустический метод интенсификации процесса очистки пластовой воды и приведены наиболее благоприятные режимы для ее обработки.*

Ключевые слова: *пластовая вода, вибрация, акустическая обработка, ультразвуковая обработка, очистка воды*

Основными загрязнителями пластовой воды являются частицы нефти и механические примеси. Как показывает практика, гравитационному отстаиванию в течение 30 - 60 минут подвержены частицы размерами более 20 мкм. Для улавливания частиц меньшего размера в числе других методов представляет интерес акустическая обработка потока пластовой воды. Из литературы [1-3] известно, что взвешенные в потоке частицы восприимчивы к акустическому воздействию. Движение распределенных в жидкостях частиц под действием звуковых колебаний исследовалось в работе [1], авторам которой удалось этим методом разделить смесь содержащихся в воде легких (толуол) и тяжелых (кварц) частиц. В работе [2] показано, что под действием интенсивных звуковых волн происходит коагуляция и осаждение взвешенных в воздухе частиц дыма. Эти наблюдения позволили предположить, что одним из перспективных методов ускорения процесса удаления загрязнений размерами меньше 20 мкм может являться вибро-акустическая обработка потока. Исследования по магнитно-вибрационной интенсификации процесса разделения водонефтяных эмульсий и очистке пластовой воды [4-7] показали, что наиболее эффективными частотами для воздействия на поток является диапазон 50-120 Гц.

Для исследования эффективности обработки потока воды в условиях, приближенных к промышленным, изготовлена опытная установка вибрационного воздействия (рис. 1), позволяющая обрабатывать поток при различных значениях рабочих частот (20-20000 Гц) при акустической мощности вибрационных нагрузок до 50 Вт.



Рис. 1. Общий вид установки виброакустического воздействия:
1 – пустотелая секция; 2 – вибрационная секция

Установка скомпонована из входной пустотелой трубной секции (1) и вибрационной секции (2). Вибрационная секция представляет собой емкость, одна сторона которой состоит из тонкой металлической пластины с установленным на ней акустическим вибратором, куда подается генерируемый с помощью компьютера сигнал. Вибратор через пластину передает колебания потоку воды и ускоряет процесс слияния капель нефти. Частота и мощность сигнала могут изменяться по специальной программе. Установка снабжена прозрачным колпаком для улавливания и накопления укрупненных капель нефти и пробоотборником жидкости. Длина установки 2 м, внутренний объем 0,2 м³.

Эксперименты проводили на площадке действующей установки подготовки нефти (УПН) в районе г. Нижневартовска при температуре окружающей среды 20 °С, температуре потока жидкости 48 °С, избыточном давлении 0,02 МПа. Расход очищаемой пластовой воды через экспериментальную установку регулирова-

ли входным и выходным кранами в зависимости от заданного значения времени ее пребывания в секции 2. Исходная вода для исследований, отделяемая от нефти в аппаратах УПН, отбиралась из трубопровода подачи пластовой воды на очистные сооружения. Ее оптимальный расход был определен в ходе серии предварительных экспериментов, и при общем времени пребывания в установке 33 минуты составил 4,5 л/мин. Содержание нефти в исходной воде составляло 170-200 мг/дм³. Анализ отобранных проб воды проводили в соответствии с ОСТ-39-133-81.

В контрольном опыте без включения акустического вибратора остаточное содержание нефти в воде на выходе из установки составляло 120-130 мг/дм³. Снижение содержания нефти в пластовой воде в этом случае происходило за счет гравитационного отстаивания, степень очистки составила 30-35 %.

После включения акустического вибратора минимальное остаточное содержание нефти в воде на выходе из экспериментальной установки составило 30-45 мг/дм³, что соответствовало степени очистки около 80 %. Из рис. 2 следует, что наименьшая концентрация нефти в воде достигается при резонансных частотах около 100 Гц. При росте частоты положительный эффект воздействия вибрации снижается, полностью исчезая при частоте более 10 000 Гц. Такой результат показывает, что ухудшение качества очищенной воды происходит в результате перемешивания капель нефти в воде под действием высокочастотных колебаний. Снижение частоты вибрации до величины менее 100 Гц также ведет к ухудшению степени очистки пластовой воды (рис. 2) вследствие недостаточного числа и интенсивности столкновений между частицами и замедления процесса укрупнения капель.

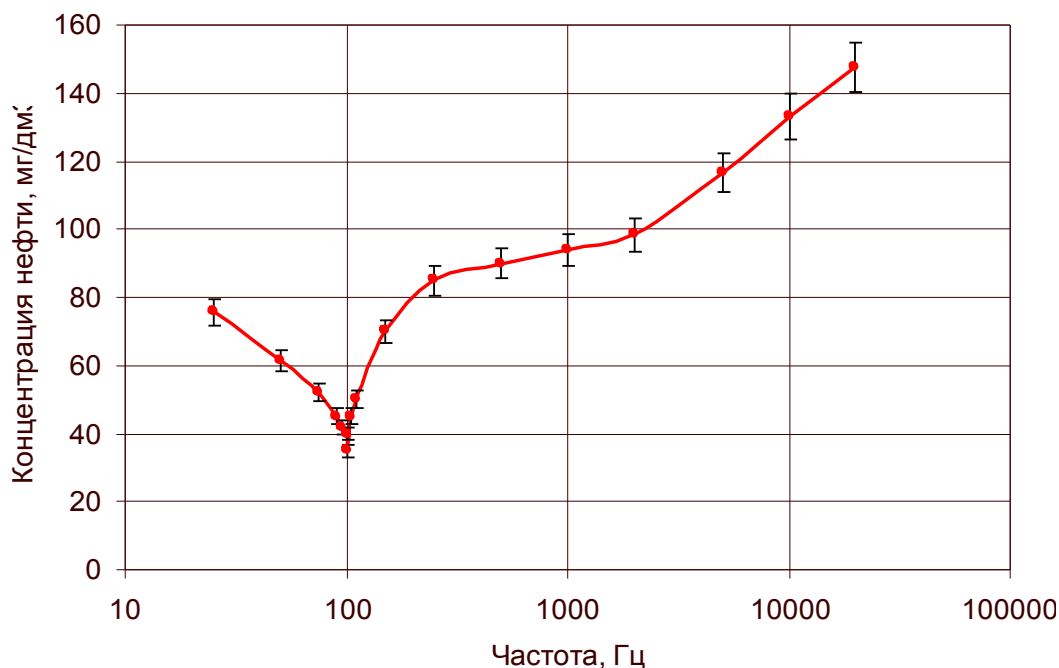


Рис. 2. Зависимость остаточного содержания нефти в воде на выходе из установки от частоты сигнала акустической обработки

Для подтверждения существования эффекта передиспергирования капель нефти и механических примесей в пластовой воде при ее обработке высокочастотными звуковыми колебаниями установка была оснащена серийным устройством УТА-1000, разработанным специалистами ООО «СибНИПИРП». Устройство предназначено для интенсификации процессов, протекающих в жидких средах, а его принцип действия основан на использовании звуковых колебаний высокой частоты (22 000 Гц).

Эксперименты по ультразвуковому воздействию проводили при тех же условиях, скоростях перемещения и расходах воды, что и в предыдущих экспериментах. Колебательная система была установлена на секции 1 рядом с входным штуцером. При включении аппарата интенсифицировался процесс выделения газа и всплытия нефти, однако анализ проб воды на выходе с установки показал, что остаточное содержание нефти в пластовой воде на выходе из экспериментальной установки в 1,2-3,1 раза выше по сравнению с результатами, полученными при низкочастотной виброакустической обработке. Не наблюдалось и существенного снижения содержания механических примесей в обработанной воде.

Выводы

Серия экспериментов проведенных в условиях, приближенных к промышленным, показала, что низкочастотное виброакустическое воздействие (80-110 Гц) на поток пластовой воды позволяет в 2,2-2,7 раза интенсифицировать процесс ее очистки от нефти и механических примесей. В то же время высокочастотное звуковое воздействие не дает эффекта из-за передиспергирования частиц нефти и механических примесей в процессе обработки.

Литература

1. Solner K., Bondy C. The mechanism of coagulation by ultrasonic waves // Trans. Faraday Soc., 1936, 32, pp. 616-623. DOI: 10.1039/TF9363200616
2. Brandt O., Freund., Hiedemann E. Zur Theorie der akustischen Koagulation. Colloid & Polymer Science, Vol. 77, Num. 1, pp. 103-115. DOI: 10.1007/BF01422153
3. Байков Н.М., Позднышев Г.Н., Мансуров Р.Н. Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды. М.: Недра, 1981. С. 244.
4. Вольцов А.А. Интенсификация процесса расслоения водонефтяных эмульсий путем их магнитно-вибрационной обработки: дисс...на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005. 122 с.
5. Вольцов А.А., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е., Максимочкин В.И. Интенсификация процесса подготовки нефти путем воздействия магнитного и вибрационного полей на промысловые эмульсии // Новые разработки в химическом и нефтяном

машиностроении: матер. второй науч.-практ. конф. Уфа, Изд-во ООО «Выбор», 2003. С. 42-44.

6. Вольцов А.А., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е., Максимочкин В.И. Интенсификация первичной подготовки нефти // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности объектов трубопроводного транспорта углеводородного сырья: сб. тез. докл. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во ТРАНСТЭК, 2004. С. 131-132

7. Вольцов А.А., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Установка для магнитно-вибрационной обработки водонефтяных эмульсий // Энергоэффективность. Проблемы и решения: сб. тез. докл. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во ТРАНСТЭК, 2005. С. 39-43.

STUDIES OF VIBRO-ACOUSTIC IMPACT EFFECTIVENESS ON FORMATION WATER TREATMENT

R.U. Mukhamadeev

LLC "Alliance Neftegas Tecnology", Ufa, Russia
e-mail: r.mukhamadeev@angt.su

A.A. Voltsov

CJSC STC "ModulNefteGasComplect" ("MNGC"), Ufa, Russia

Abstract. Growth in production of formation water during prolonged operation of oil fields, the task of more complete extraction of oil from the low permeable horizons, and in many cases, low-porosity strata reception making demands of effective integrated water treatment technology for each individual object. The main criteria for choosing the technology of preparation of produced water is the ability to intensify the process of removing contaminants from produced water, reducing the metal consumption for equipment and costs of treatment. The article covers vibro-acoustic method of formation water treatment showing most favorable production conditions.

Keywords: formation water, vibration, acoustic treatment, ultra-sound treatment, water treatment

References

1. Solner K., Bondy C. The mechanism of coagulation by ultrasonic waves // Trans. Faraday Soc., 1936, 32, pp. 616-623. DOI: 10.1039/TF9363200616
2. Brandt O., Freund., Hiedemann E. Zur Theorie der akustischen Koagulation. Colloid & Polymer Science, Vol. 77, Num. 1, pp. 103-115. DOI: 10.1007/BF01422153
3. Baikov N.M., Pozdnyshev G.N., Mansurov R.N. Sbor i promyslovaya podgotovka nefti, gaza i vody (Collection and field treatment of oil, gas and water). Moscow: Nedra, 1981. P. 244.
4. Vol'tsov A.A. Intensifikatsiya protsessa rassloeniya vodoneftyanykh emul'sii putem ikh magnitno-vibratsionnoi obrabotki (Intensification separation the water emulsions using magnetic-vibration treatment). PhD thesis. Ufa, 2005. 122 p.
5. Vol'tsov A.A., Laptev A.B., Bugai D.E., Maksimochkin V.I. Intensifikatsiya protsessa podgotovki nefti putem vozdeistviya magnitnogo i vibratsionnogo polei na promyslovye emul'sii (Intensification of process oil treatment by the action magnetic fields and vibration on oilfield emulsions) in *Novye razrabotki v khimicheskoy i nefteyanom mashinostroyenii: mater. vtoroi nauch.-prakt. konf. (Proceedings of the II sci.-pract. conf. "New developments in the chemical and petroleum engineering")*. Ufa: "Vybor", 2003. PP. 42-44.
6. Vol'tsov A.A., Laptev A.B., Bugai D.E., Maksimochkin V.I. Intensifikatsiya pervichnoi podgotovki nefti (The intensification of primary oil treatment) in *Problemy*

i metody obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti ob"ektov truboprovodnogo transporta uglevodorodnogo syr'ya: sb. tez. dokl. nauch.-prakt. konf. (Book of abstracts sci.-pract. conf. "Problems and methods of reliability and safety of pipeline transportation of hydrocarbons"). Ufa: TRANSTEK, 2004. PP. 131-132

7. Vol'tsov A.A., Laptev A.B., Bugai D.E. Ustanovka dlya magnitno-vibratsionnoi obrabotki vodoneftyanykh emul'sii (Apparatus for magnetic-vibration treatment of water emulsions) in *Energoeffektivnost'. Problemy i resheniya: sb. tez. dokl. nauch.-prakt. konf. (Book of abstracts sci.-prac. conf. "Energy efficiency. Problems and solutions")* Ufa: TRANSTEK, 2005. PP. 39-43.