

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ И РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗА РАДОН ИЗ РАДОНОСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ

Цель проекта: создание системы выделения газа радон из радоносодержащей воды под действием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности, выработка предложений по практической реализации ультразвуковой установки для выделения газа радон из радоносодержащей воды, предварительная проработка конструкции ультразвукового аппарата дегазации.

Предпосылки выполнения проекта.

Известна способность ультразвуковых колебаний высокой интенсивности интенсифицировать процесс удаления из жидкости газа, который находится в ней как в растворенном состоянии, так и в виде пузырьков. Процесс удаления газа из жидкости под воздействием ультразвуковых колебаний называется *ультразвуковой дегазацией* [1].

Различают два режима ультразвуковой дегазации: докавитационный и кавитационный. Последний является наиболее эффективным так как кавитация, возникающая в жидкости при распространении акустической волны высокой интенсивности (свыше 2 Вт/см^2) способствует ускорению процесса выделения газа из жидкости. С ростом интенсивности ультразвуковых колебаний скорость удаления газа возрастает, причем в докавитационном режиме эта зависимость носит линейный характер, а в кавитационном – нелинейный, – скорость удаления растет быстрее, чем в докавитационном режиме.

Современные представления о механизме ультразвуковой дегазации связаны с предположением о наличии в жидкости зародышей в виде стабильных пузырьков газа, обладающих особыми свойствами, обеспечивающими им возможность длительного существования даже при высоких статических давлениях. В средах, где присутствуют твердые несмачиваемые примеси (например, в жидких металлах), газовая фаза содержится также в микроскопических неровностях их поверхностей. При интенсивности звука, превосходящей порог кавитации могут формироваться новые "осколочные" зародыши, возникающие при захлопывании пузырьков, так что общее число пузырьков - зародышей резко возрастает. На первой стадии дегазации пузырьки газа колеблются в акустическом поле и увеличивают свои размеры вследствие диффузии в них растворенного газа. Наряду с диффузией увеличение размеров пузырьков связано с так называемой коалесценцией, т.е. слиянием пар или групп пузырьков под действием сил акустигидродинамического происхождения. На второй стадии ультразвуковой дегазации пузырьки газа, достигнув определенного размера поднимаются к поверхности жидкости и выделяются в атмосферу (окружающую среду).

Высокая эффективность ультразвуковой дегазации была подтверждена работами советских ученых Л.Д. Розенберга [1], Б.А. Аграната [2]. Промышленное применение установок для ультразвуковой дегазации ведется с 60-х годов 20-го века. В настоящее время такие установки создаются у нас в стране и за рубежом.

Перечисленные выше предпосылки и опыт в создании различных ультразвуковых аппаратов и установок (<http://www.u-sonic.ru>)_ позволяет предполагать высокую эффективность работы установки для получения газа радон из радоносодержащей воды.

Результаты предварительных экспериментальных исследований

В данном разделе пояснительной записки представлены результаты экспериментальных исследований, обоснование возможности решения проблемы и предложения по практической реализации проекта.

Все исследования ультразвукового выделения газа проводились в закрытом ящике (0,7 м х 0,7 м х 0,5 м). Ультразвуковой аппарат в течение всего времени эксперимента не извлекался. Обработке подвергались 2 литра воды, вода не заменялась. Вводимая акустическая мощность составляла 200 Вт.

В результате проведенных экспериментов по изучению процесса выделения газа радон на ультразвуковом технологическом аппарате КРИСТАЛЛ УЗТА-0.4/22 установлено следующее:

1. В Таблице 1 представлены результаты УЗ воздействия на частично дегазированную воду («минимальная») в ходе последнего эксперимента

Таблица 1 – Изменение радиоактивности газа при различной длительности ультразвукового воздействия

| Время воздействия, сек | Радиоактивность, Бк/куб.м | Радиоактивность без учета фона, Бк/куб. м | Прирост радиоактивности, Бк/куб. м | Выделение газа мл из 2-х литров | Выделение газа, мл/л |
|------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 0 | 26 | 0 | | | |
| 1 | 92 | 66 | 66 | 2,12 | 1,06 |
| 5 | 166 | 140 | 74 | 4,49 | 2,24 |
| 10 | 276 | 250 | 110 | 8,01 | 4,01 |
| 300 | 576 | 550 | 300 | 17,63 | 8,81 |

300 секундная обработка обеспечивает практически полную дегазацию.

2. Предварительно были проведены две серии экспериментов. В частности, при проведении экспериментов с водой (2 литра) взятой из скважины («Максимальной»), при обработке с вводимой акустической мощностью 200 Вт достигнута конечная радиоактивность более 1200 Бк/куб. м.

При проведении экспериментов с водой (2 литра) взятой до проведения процедур («Средняя»), при обработке с вводимой акустической мощностью 200 Вт достигнута конечная радиоактивность около 800 Бк/куб. м.

Считая, что при этом достигнута полная дегазация воды, и учитывая характер изменения газовыделения в первые секунды времени, полученный в

первом эксперименте, можно аппроксимировать процесс газовыделения на «Максимальной» (таблица 2) и «Средней» (таблица 3) воде

Таблица 2 – Изменение радиоактивности газа при различной длительности ультразвукового воздействия на «Максимальной» воде

| Время воздействия, сек | Радиоактивность, Бк/куб. м | Выделение газа, мл/л |
|------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | 490 | 7,85 |
| 5 | 630 | 10,10 |
| 10 | 820 | 13,14 |
| 50 | 1140 | 18,27 |
| 300 | 1185 | 18,99 |

Таблица 3 – Изменение радиоактивности газа при различной длительности ультразвукового воздействия на «Средней» воде

| Время воздействия, сек | Радиоактивность, Бк/куб. м | Выделение газа, мл/л |
|------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | 320 | 5,13 |
| 5 | 430 | 6,89 |
| 10 | 550 | 8,81 |
| 50 | 760 | 12,18 |
| 300 | 793 | 12,71 |

На основании полученных экспериментальных исследований можно построить аппроксимационную кривую процесса дегазации (рисунок 1).

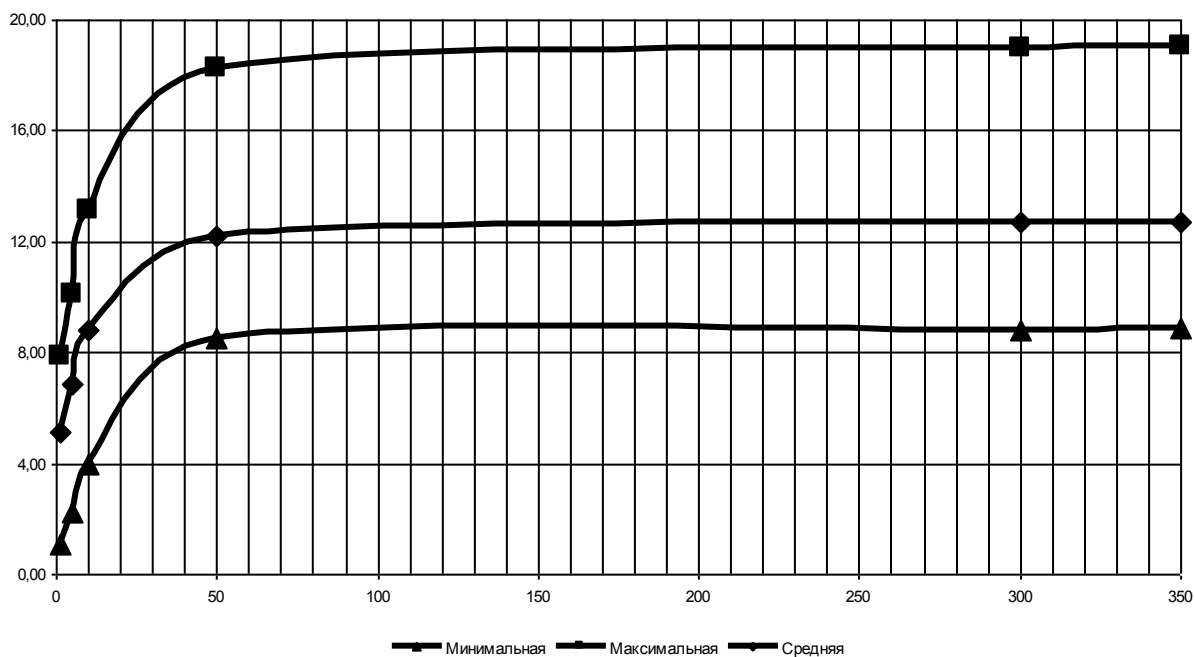


Рисунок 1. – Зависимости выделения газа от времени обработки и качества воды

Исходя из предположения, что в воде среднее значение содержания газа составляет 13 мл/л, были получены следующие данные по газовыделению.

Таблица 4 – Доля выделяемого газа в зависимости от качества воды и времени обработки

| Вода | 1 сек | 5 сек | 10 сек | 300 сек |
|----------------|-------|-------|--------|---------|
| «Минимальная» | 8% | 17% | 30% | 68% |
| «Средняя» | 40% | 53% | 68% | 98% |
| «Максимальная» | 60% | 78% | 101% | 146% |

Анализ, полученных результатов говорит о недостаточности вводимой акустической мощности.

Реальным вариантом обеспечения необходимого газовыделения является создание установки, обеспечивающей 5...7 кратное увеличение энергетического воздействия на воду. Оценки эффективности воздействия при большей интенсивности и в большем объеме позволяют надеяться на 3...5 кратное увеличение газовыделения в первую секунду обработки.

Исходя из анализа экспериментальных и аппроксимационных данных можно предположить, что увеличение вводимой акустической мощности равноценно увеличению времени обработки. Это позволит получать 6-9 мл/л для «средней» воды и 10-12 мл/л для «максимальной» воды.

Предложения по практической реализации проекта

С учетом данных, приводимых в литературе [1,2], полученных экспериментальных данных и опыта создания ультразвуковых аппаратов различного назначения, была предложена технологическая схема установки выделения радона из радоносодержащей воды. Был учтен опыт создания ультразвукового технологического аппарата «Поток 3», который позволяет вводить в протекающую через его технологический объем жидкость акустическую мощность до 1,2 кВт. Это позволяет предположить, что при скорости входного потока 1 л/с позволит дегазировать 10 мл/л газа.

Схема установки представлена в приложении А. Установка состоит из аппарата дегазации (1), вытяжного вентилятора (2), электромагнитных клапанов (3), вентилей регулировки подачи воды (4), воздушного фильтра (5), вентиля регулировки подачи воздуха (6), системы гидравлического затвора (7), электронного блока (8), пускателя вентилятора (9) и выносного пульта управления (10).

В аппарате дегазации (1) под действием ультразвуковых колебаний и кавитации происходит интенсивное выделение газа из радоносодержащей воды. Аппарат состоит из технологического объема, источника ультразвуковых колебаний (три пьезоэлектрических колебательных системы), подводящих и сливных патрубков, газового коллектора. Выделившийся из воды газ (радон) достигает свободной поверхности воды и вместе с очищенным воздухом, подаваемым в аппарат дегазации через фильтр (5) и вентиль (6), непрерывно откачивается компрессором (2) и подается к потребителям.

Установка работает в режиме непрерывного потока воды. Расход воды задается вентилями (4), а включение/выключение подачи воды осуществляется электромагнитными клапанами. Подвод воды к электромагнитным клапанам осуществляется через компенсаторы (на схеме не показаны), которые предотвращают гидравлические удары. Применение двух или более комплектов электромагнитных клапанов и вентилей позволяет оперативно изменять производительность установки без необходимости регулировки. Слив воды осуществляется самотеком, через сливной патрубок. Такой режим слива обеспечивает наличие свободной поверхности воды в аппарате, что принципиально необходимо для осуществления процесса дегазации. Для предотвращения подсоса постороннего воздуха и канализационных газов в аппарат, сливной патрубок снабжен гидравлическим затвором (7).

Для осуществления подогрева воздуха, поступающего в аппарат дегазации используется нагреватель воздуха 11. Управление нагревателем и стабилизация температуры воздуха осуществляется за счет применения датчика 12 и блока управления 13.

Электронный блок (8) включает в себя три электронных генератора, осуществляющих преобразование энергии электрической сети в энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты для питания ультразвуковых колебательных систем и устройства автоматики, осуществляющее общее управление работой установки: включение/выключение электромагнитных клапанов, электронных генераторов, компрессора (через пускатель 9). Электронный блок размещается в отдельном шкафу и соединяется с установкой дегазации кабелями. Корпуса установки и электронного блока заземляются.

Пуск, остановка, задание необходимого режима работы установки осуществляется с помощью выносного пульта 10.

Работает электронный блок следующим образом. При получении от выносного пульта сигнала запуска, производится включение подачи воды электромагнитным клапаном и нагревателя воздуха. После этого, по прошествии заданного промежутка времени осуществляется запуск электронных генераторов и включение компрессора. По окончании времени процедуры происходит выключение вышеперечисленных устройств в порядке, обратном включению.

Для реализации предложенной установки предложена и предварительно проработана конструкция аппарата дегазации, сборочный чертеж которого представлен в приложении Б.

Источником ультразвуковой энергии служат три одинаковых ультразвуковых колебательных системы 1, которые преобразуют энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты в энергию упругих механических колебаний и вводят их в обрабатываемую среду (радоносодержащую воду). Колебательные системы установлены в отверстиях основания 3, с помощью фторопластовых колец 13 и 14, которые обеспечивают необходимую акустическую развязку и резиновых колец 12, обеспечивающих герметичность соединения. Пакет колец сжимается с помощью втулок 9 и прижимного фланца 8, который притягивается к основанию 3 с помощью шпилечных соединений. Пьезоэлектрические преобразователи ультразвуковых колебательных систем находятся в полости

Л основания 3 и охлаждаются потоком воздуха, создаваемым вентилятором 35. Основание 3 закрепляется снизу корпуса аппарата с помощью шпилечных соединений. Герметизация соединения корпуса аппарата и основания 3 осуществляется прокладкой 11.

Корпус аппарата состоит из нижнего фланца 4, непосредственно корпусной детали 5 и верхнего фланца 6. В корпусе выполняются отверстия для присоединения патрубков 40 и 41 для подачи и слива воды, а также подачи воздуха. Сверху на корпусе закреплен коллектор 7 газовой смеси.

Монтажный чертеж аппарата дегазации представлен в приложении В. Монтаж аппарата необходимо осуществлять на твердой горизонтальной поверхности с отверстием диаметром 190 мм. Между аппаратом и поверхностью необходимо устанавливать резиновую прокладку толщиной 10 мм. Расстояние от нижнего торца вентилятора до любой поверхности, находящейся под ним не должно быть менее 100 мм. Необходимо исключить проникновение воды под опорную поверхность. Присоединение аппарата к системам подачи воды и воздуха следует осуществлять муфтами (резьба трубная 1”) с контргайками, а к сливной системе – муфтой (резьба 2”) с контргайкой. Присоединение аппарата к системе отсоса радона и подачи его потребителям осуществляется фланцевым соединением.

Заключение

В рамках подготовки настоящего проекта, на основании анализа научной литературы и проведенных экспериментальных исследований, установлено, что получение газа радон из радоносодержащей воды под действием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности эффективно и создание ультразвуковой установки для выделения газа радон из радоносодержащей воды целесообразно. На основании полученных экспериментальных данных определены основные параметры ультразвуковой установки, в частности, расход воды через аппарат дегазации – 1л/с, акустическая мощность, вводимая в воду – 1,2 кВт. Предложена технологическая схема установки и предварительно проработана конструкция основного узла установки – аппарата дегазации.

Использованная литература

1. Физические основы ультразвуковой технологии. Под. ред. Л.Д.Розенберга. В кн: Физика и техника мощного ультразвука, кн. 3, - М., Наука, 1970.
2. Ультразвуковая технология. под ред. Б. А. Аграната , - М., Металлургия, 1974.

Приложение А (обязательное)
Технологическая схема установки

