

УДК: 622.765.4; 622.793.1;
66.087.4; 66.071.8

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ФЛОТАЦИОННО-КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Сапрыкин А.Е.¹

¹ ГОУ «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Россия,
Санкт-Петербург (196601, г. Пушкин, Петербургское шоссе д.2), e-mail: eL_C@mail.ru

Обозначена актуальность проблемы очистки загрязненных вод от примесей. Описана сущность метода флотации, физико-химические основы процесса: процесс очистки производственных сточных вод, содержащих ПАВ (поверхностно-активные вещества), нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые материалы методом флотации заключается в образовании комплексов «пузырек-частица», который поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде. В дальнейшем происходит механическое удаление образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости. Перечислены существующие методы флотации, акцентировано внимание на электрофлотационном методе очистки загрязненных вод, обозначены его преимущества и недостатки. Описано явление ультразвуковой кавитации и обозначена возможность его дальнейшего применения в технологии флотации ввиду существенно более низкой энергоемкости и высокой производительности процесса. Заострено внимание на актуальности исследования в данном направлении, обозначена его перспективность.

Ключевые слова: флотация, коагуляция, электрофлотация, диспергирование жидкостей

RELEVANCE OF RESEARCH ON ULTRASONIC METHOD FLOTATION- COAGULATION WASTEWATER

Saprykin A.E.¹

¹ Saint-Petersburg State Agrarian University, Russia, Saint-Petersburg (196601, Pushkin, Petersburg highway 2), e-mail: eL_C@mail.ru

Denotes the importance of the problem of contaminated water purification from impurities. Described the essence of flotation method, physico-chemical basis of the process: the process of industrial wastewater containing surfactants (surfactants) , oil, petroleum , oil , fiber flotation method is the formation of complexes " bubble-particle ", which rises to the surface water, wherein the bubbles are collected and there is a foam layer with a higher concentration of particles than in the original waste water . Further there is the mechanical removal of the foam layer formed on the surface of the liquid being treated . Are existing methods of flotation, also focused on elektroflotatsionnom method purification of polluted water , marked its advantages and disadvantages. The phenomenon of cavitation and Ultrawave denotes the possibility of its further use in flotation technology due to a significantly lower energy consumption and high performance process. Drawing attention to the relevance of research in this direction is indicated by its prospects.

Key words: flotation, coagulation, electroflotation, dispersing liquids

Очистка сточных вод - это обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных загрязняющих веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения - сложное производство, в нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода)

Флотация является сложным физико-химическим процессом, который применяют для удаления из сточных вод диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются [1]. Процесс очистки производственных сточных вод, содержащих ПАВ (поверхностно-активные вещества), нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые материалы методом флотации заключается в образовании комплексов «пузырек-частица», который поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде. В дальнейшем происходит механическое удаление образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости. Прилипание частицы, находящиеся в ней, к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда наблюдается несмачивание или плохое смачивание частицы жидкостью [2]. Образование комплекса «пузырек-частица» зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия веществ, избыточного давления воздуха в сточной воде и т.п. Возможность образования флотационного комплекса «пузырек-частица», скорость процесса и прочность связи, продолжительность существования комплекса зависят от природы частиц, а также от характера взаимодействия реагентов с их поверхностью и способности частиц смачиваться водой. При закреплении пузырька образуется трехфазный периметр – линия, ограничивающий площадь прилипания пузырька и являющийся границей трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Касательная к поверхности пузырька в точке трехфазного периметра и поверхность твердого тела образуют обращенный в жидкость угол θ , называемый краевым углом смачивания.

Вероятность прилипания зависит от смачиваемости частицы, которая характеризуется величиной краевого угла θ . Чем больше краевой угол смачивания, тем больше вероятность прилипания и прочность удерживания пузырька на поверхности частицы. На величину смачиваемости поверхности взвешенных частиц влияют адсорбционные явления и присутствие в воде примесей ПАВ, электролитов и др. [2].

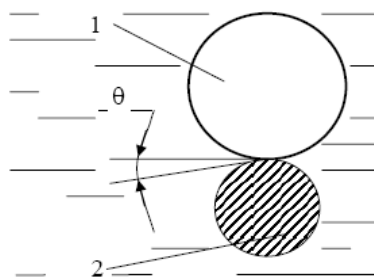


Рис.1. Схема элементарного акта флотации θ -краевой угол смачивания,
1-газовый пузырек, 2-частица примеси.

Интенсификация процесса флотации достигается гидрофобизацией поверхности извлекаемых примесей реагентами, которые, избирательно сорбируясь на поверхности частиц, понижают их смачиваемость, что улучшает процесс слипания дисперсий и коллоидов с пузырьками газа. В водоподготовке в качестве гидрофобизирующих реагентов применяют обычные коагулянты и флокулянты.

После флотационной обработки осадок отработанных гидроксидов занимает значительно меньший объем и влажность его ниже, чем осадка, образующегося в отстойниках.

Известно много способов насыщения воды пузырьками газа (воздуха), среди которых по размерам диспергирования газа следует указать следующие: флотация с выделением воздуха из воды — напорные, эрлифтные и вакуумные установки; флотация с механическим введением воздуха — безнапорные (пенные), импеллерные и пневматические аппараты; флотация с подачей воздуха через пористые материалы; электрофлотация [3].

Электрофлотация — один из наиболее интенсивно развиваемых процессов разделения веществ в водоочистке. Перспективность электрофлотации связана с образованием при электролизе воды высокодисперсных пузырьков газа, что позволяет извлекать гидрофильные частицы без применения реагентов — собирателей.

Сущность электрофлотационного метода очистки сточных вод заключается в переносе загрязняющих частиц из жидкости на ее поверхность с помощью пузырьков газа, образующихся при электролизе сточной воды. В процессе электролиза сточной воды на катоде выделяется водород, на аноде — кислород [1]. Основную роль в процессе флотации играют пузырьки, выделяющиеся на катоде. Размер пузырьков, отрывающихся от поверхности электрода, зависит от краевого угла смачивания, кривизны поверхности электрода, а также его конструктивных особенностей. При применении растворимых электродов (обычно железных или алюминиевых) на аноде происходит анодное растворение металла, в результате чего в воду переходят катионы железа или алюминия, приводящие к

образованию хлопьев гидроокисей. Одновременное образование хлопьев коагулянта и пузырьков газа в стесненных условиях межэлектродного пространства создает благоприятные условия для надежного закрепления газовых пузырьков на хлопьях и интенсивной коагуляции загрязнений, что обеспечивает эффективность флотационного процесса.

Крупность пузырьков, выделяющихся в результате электролиза, зависит от условий их получения и составляет 0,015—0,2 мм, т. е. размеры практически не отличаются от размеров пузырьков, выделяющихся из пересыщенной жидкости.

Существенным преимуществом электрофлотации перед другими видами флотации является возможность неограниченного насыщения очищаемой жидкости пузырьками, а также простота осуществления процесса газонасыщения, что допускает (в отличие от напорной флотации) частые перерывы в этом процессе. Более того, возможность чередования периодов газонасыщения и пауз позволяет интенсифицировать флотационное извлечение примесей в условиях усиленного насыщения воды пузырьками газа в результате их порционной, или импульсной, подачи в жидкость.

Возможность неограниченного газонасыщения воды пузырьками высокой дисперсности позволяет использовать электрофлотацию для извлечения мелких частиц, а простота процесса газонасыщения обеспечивает ей существенные преимущества перед другими видами флотации при очистке малых количеств загрязненных вод.

В то же время электрофлотационный метод, как и другие флотационные методы, имеет и недостаток, выражающийся в необходимости введения флотореагента для лучшего формирования пены в случаях, когда вода не содержит ПАВ в качестве загрязняющего компонента. Достаточно высокими являются и затраты электроэнергии, которая используется особенно неэффективно при низких исходных концентрациях загрязнений. Поэтому технологию электрофлотационной очистки целесообразно использовать в комплексе с экологически чистыми и ресурсосберегающими биологическими методами. [5]

В настоящее время интенсивно развивается направление, изучающее воздействие ультразвука на различные технологические среды и повышение эффективности технологических процессов.

Воздействие ультразвука на среду порождает большое количество специфических эффектов, среди которых необходимо выделить явление ультразвуковой (акустической) кавитации в жидкости. Под кавитацией в жидкости понимают образование заполненных паром и газом полостей или пузырьков при локальном понижении давления в жидкости до давления насыщенных паров. При распространении в жидкости ультразвуковой волны даже сравнительно небольшой интенсивности возникает переменное звуковое давление. Под

действием этого давления жидкость попеременно испытывает сжатие и растяжение. Растягивающие усилия в области разрежения волны приводят к образованию в жидкости разрывов, т. е. мельчайших пузырьков, заполненных газом и паром. Эти пузырьки получили название кавитационных, а само явление стали называть ультразвуковой кавитацией.. [4]

Явление УЗ кавитации используется чрезвычайно разнообразно: его применяют для получения мелкодисперсных эмульсий несмешивающихся жидкостей, возбуждения и ускорения химических реакций, уничтожения вредоносных микроорганизмов, экстрагирования из животных и растительных клеток ферментов, очистки деталей машин и механизмов, диспергирования твёрдых тел и жидкостей.

Различают распыление низкочастотными (22...200 кГц) и высокочастотными (1...3 МГц) УЗ колебаниями. Первый способ наиболее приемлем для промышленного применения, т.к. он обладает большей производительностью, а размеры капель формируемого аэрозоля в большинстве случаев удовлетворяют заданным условиям. В частности, распыление жидкостей с высокой вязкостью возможно исключительно низкочастотными УЗ колебаниями из-за аномально высокого затухания высокочастотных колебаний в таких средах.

С помощью высокочастотных (1...3 МГц) УЗ колебаний осуществляют распыление «в фонтане», как правило, на частотах 1,7 МГц или 2,4 МГц. Данный способ применен в современных ингаляторах, где раствор медицинских лекарств превращается в высококачественный аэрозоль. В последние годы в России появилось большое количество бытовых (домашних) увлажнителей воздуха, а также декоративных установок типа «туман из фонтанчика» - все они работают по принципу УЗ распыления «в фонтане». Суть данного явления следующая. Если УЗ волна интенсивностью порядка $5...10 \text{ Вт/см}^2$ направлена из толщи жидкости к поверхности, то в месте выхода волны на поверхности жидкости наблюдается характерное явление – так называемый «ультразвуковой фонтан», высотой от 1...2 см; причём, в определённых условиях, одновременно с фонтанированием жидкости происходит её распыление с образованием стойкого мелкодисперсного аэрозоля (рис. 2). Аэрозолеобразование происходит в верхней части фонтана в силу наличия в нём развитой УЗ кавитации. Под действием гидравлических ударов при захлопывании кавитационных пузырьков, на поверхности УЗ фонтана возбуждаются стоячие капиллярные волны, от которых происходит отделение капель, и формируется аэрозоль.

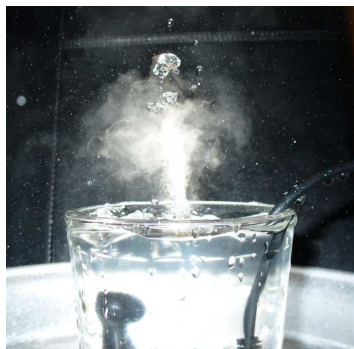


Рис. 2 Ультразвуковой фонтан

УЗ распыление жидкостей является одним из перспективных направлений УЗ технологий. Основным преимуществом данного способа распыления, по сравнению с традиционными, является низкая энергоемкость и высокая производительность процесса.

Исследование явление ультразвуковой (акустической) кавитации и возможность его применения в технологиях флотации для очистки вод от загрязнений – является перспективным для дальнейшего изучения.

Литература

1. **Ветошкин А.Г.**, Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): Учебное пособие. / Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – С.167-168
2. **Ветошкин А.Г.** Процессы и аппараты защиты гидросферы. Учебное пособие. / Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – С.76
3. **Золотухин И.А.** Защита водных ресурсов от загрязнения стоками угольной промышленности методами электрофлотации и биофильтрации. Диссертация доктора технических наук. / Пермь, 2002г. – 358с.
4. **Новиков, А.В.** Улучшение качества природных и очистка сточных вод: учебное пособие / А.В. Новиков, Ю.Н. Женихов. Ч.1. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2006. С.47,83
5. **Промтов М.А.** Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества. Учебное пособие. / М.: Изд-во "Машиностроение", 2004. - С.30