

Исследование дисперсного состава водовоздушной смеси, генерируемой эжекционной системой аэрации, в процессе флотационной очистки сточных вод

Б.С. Ксенофонов, профессор, д-р техн. наук,

Е.С. Антонова, аспирант

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

e-mail: borisflot@mail.ru

Ключевые слова:

флотационная очистка сточных вод, эжектор, диспергатор, система аэрации, диаметр пузырька, эффективность очистки сточной воды.

В работе рассмотрен процесс флотационной очистки сточной воды с использованием эжекционной системы аэрации. Отмечен ее основной недостаток: получение крупных пузырьков диаметром около 1 мм, что не всегда позволяет получить высокую эффективность очистки. Отмечено, что наиболее эффективно процесс очистки промышленных сточных вод флотацией от тонкодисперсных загрязнений осуществляется при размерах пузырьков менее 100 мкм, а при наличии в воде большого спектра загрязнений целесообразно получать пузырьки широкого дисперсного состава. Проведенный обзор российских и зарубежных источников показал, что к основным недостаткам существующих устройств диспергирования, используемых для дробления пузырьков, генерируемых эжектором, относятся недостаточная степень диспергирования при низком газосодержании, нестабильность работы, сложность технологии. Для интенсификации процесса очистки сточных вод и устранения недостатков существующих устройств предложена комбинированная система аэрации, состоящая из эжектора и оригинального диспергирующего устройства. На лабораторной установке проведены экспериментальные исследования по определению дисперсного состава водовоздушной смеси, генерируемой предлагаемой системой аэрации. Полученные результаты подтверждают возможность получения мелкодисперсных пузырьков в диапазоне 20–300 мкм с долей пузырьков фракции менее 100 мкм до 80% и средним диаметром 60–80 мкм. Отмечена особенность дисперсного состава пузырьков: выделение из него нескольких групп пузырьков с разными значениями среднего диаметра. Данная особенность может быть использована для интенсификации процесса очистки воды от загрязнений различной степени флотуемости. Приведены зависимости исследуемых характеристик от диаметра и высоты диспергатора. Они позволяют осуществить выбор геометрических параметров диспергатора для получения требуемого дисперсного состава водовоздушной смеси с целью управления флотационным процессом.

1. Введение

Известно, что эффективность процесса флотационной очистки воды в значительной степени зависит от способов и устройств аэрации воды [1–3]. Для этих целей применяется несколько способов и множество различных аппаратов и устройств. Аэрирование воды при помощи эжекторных устройств получило широкое распространение благодаря простоте их

конструкции, высокой надежности, экономичности применения [4, 5]. Однако применение эжекционной системы аэрации при флотационной очистке сточных вод не так широко распространено в связи с недостатками, основной из которых — получение крупных пузырьков воздуха диаметром около 1 мм, в то время как оптимальный диаметр пузырька для извлечения тонкодисперсных загрязнений состав-

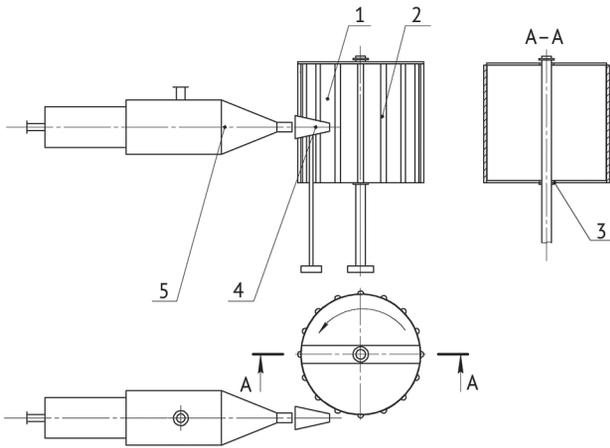


Рис. 1. Диспергатор:
1 – полое тело; 2 – полуцилиндрические стержни; 3 – подвижная платформа; 4 – направляющий элемент; 5 – эжектор

ляет 50–90 мкм [3]. Следует отметить, что в случае присутствия в сточной воде большого спектра загрязнений, причем каждое загрязнение наиболее эффективно удаляется пузырьком определенного диаметра, целесообразно получать пузырьки широкого дисперсного состава. Поэтому для интенсификации процесса очистки воды с использованием эжекторов предлагается использовать дополнительные устройства диспергирования. В [6–13] рассмотрены различные способы диспергирования, основанные на действии центробежных сил, электрических полей, турбулизации потока, воздействии ультразвука и т. д. Данные устройства в ряде случаев позволяют получить микропузырьки менее 100 мкм, при которых флотационная очистка наиболее эффективна. Однако к основным недостаткам существующих способов относятся недостаточная степень диспергирования, связанная с относительно малым содержанием в воде флотоактивных пузырьков диаметром менее 100 мкм, а также низкое газосодержание в целом, нестабильность работы и, как правило, сложность технологии. Для устранения указанных недостатков и повышения эффективности очистки воды при применении эжекционной системы аэрации мы предлагаем использовать диспергатор оригинальной конструкции, описанной в патенте [1] (рис. 1).

Процесс диспергирования пузырьков осуществляется при контакте струи водовоздушной смеси, которая выходит из эжектора и проходит через направляющий элемент, с нарифлениями диспергатора.

2. Материалы и методы

Для исследования параметров рабочей жидкости создана лабораторная установка, схема которой представлена на рис. 2. Работа установки заключа-

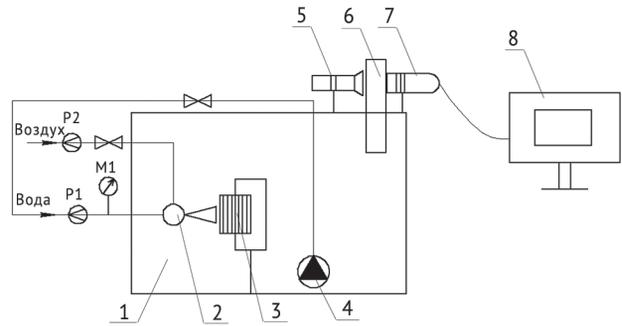


Рис. 2. Схема лабораторной установки
1 – камера аэрации; 2 – эжектор; 3 – диспергатор; 4 – насос; 5 – источник света; 6 – емкость; 7 – USB-микроскоп; 8 – компьютер; P1 – ротаметр для воды; P2 – ротаметр для воздуха; M1 – манометр

ется в следующем. Вода подается насосом 4. При ее прохождении через эжектор 2 (параметры эжектора представлены в табл. 1) на высокой скорости в нем создается зона пониженного давления. За счет этого происходит подсосывание воздуха. Образовавшаяся водовоздушная смесь, выходя из эжектора, контактирует с нарифлениями диспергатора 3, что приводит к дроблению пузырьков. Объем воды в камере аэрации 1 составлял 70 л. На камере 1 аэрации закреплена прозрачная емкость 6. С одной стороны емкости 6 установлен USB-микроскоп 7, соединенный с компьютером 8, а с противоположной стороны, непосредственно напротив объектива микроскопа — источник света 5. Данная установка позволяет получить изображения пузырьков в виде контрастных черных объектов. В емкость 6 набиралась водовоздушная смесь из камеры аэрации 1. При попадании пузырьков в поле зрения микроскопа производилась их съемка. Площадь области поля зрения микроскопа составляет 0,75 мм² (0,75×1 мм).

Для определения масштаба при неизменных настройках микроскопа была заснята специальная масштабная линейка длиной 1 мм с ценой деления 10 мкм. Данная методика описана в [10].

Таблица 1
Геометрические параметры эжектора

Параметр	Значение
Диаметр входного патрубка, $d_{вх}$, мм	16
Диаметр сопла, $d_{соп}$, мм	4
Диаметр выходного патрубка, $d_{вых}$, мм	7
Диаметр воздушного патрубка, $d_{ввх}$, мм	4
Диаметр камеры смешения, $d_{кс}$, мм	20
Длина патрубка камеры смешения, l_c , мм	100

3. Экспериментальные исследования

Для определения влияния различных параметров диспергаторов на дисперсный состав водовоздушной смеси, генерируемой предлагаемым способом, были проведены эксперименты с использованием нескольких диспергаторов, геометрические характеристики которых представлены в табл. 2.

Расход воды при проведении всех экспериментов составлял 360 л/ч, а расход воздуха — 100 л/ч. Давление воды на входе в эжектор составляло 25 кПа. Скорость струи на выходе из сопла составляла 5,1 м/с. При работе установки крупнодисперсные пузырьки диаметром более 500 мкм всплывали непосредственно над диспергатором, а мелкодисперсные пузырьки, представляющие наибольший интерес, распространялись по камере аэрации. Измерения проводились в трех местах камеры аэрации (№ 1, № 2, № 3) (рис. 3). На рис. 4 представлено сравнение работы установки без и с использованием диспергатора.

При обработке изображений был определен диаметр 300–400 пузырьков для каждого случая. При этом была проведена статистическая обработка полученных результатов измерений. Также определялась частота всплытия пузырьков. Для этого было подсчитано количество пузырьков, попадающих

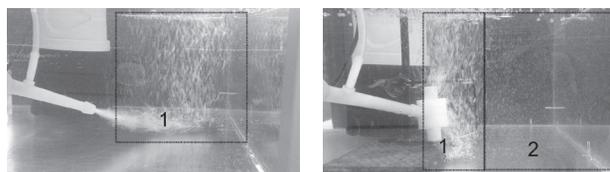


Рис. 4. Работа установки: а) при отсутствии диспергатора; б) при наличии диспергатора
1 — область распространения пузырьков диаметром 300–1000 мкм; 2 — область распространения пузырьков диаметром 20–300 мкм

в поле зрения микроскопа за 5 с. Было проведено по 20 измерений для каждого случая.

4. Результаты

Результаты по определению частоты всплытия пузырьков в трех участках камеры аэрации (№ 1, № 2, № 3) в зависимости от диаметра диспергатора при высоте диспергатора 20 мм представлены на рис. 5; в зависимости от высоты диспергатора при диаметре диспергатора 40 мм — на рис. 6.

Полученные данные показывают, что при использовании диспергаторов № 1, 2, 5 количество пузырьков было незначительно, поэтому использование диспергаторов с такими характеристиками с применением данного эжектора не представляется целесо-

Таблица 2

Геометрические характеристики диспергаторов

№	Диаметр d , мм	Высота h , мм
1	10	20
2	15	20
3	20	20
4	30	20
5	40	10
6	40	20
7	40	40
8	75	20

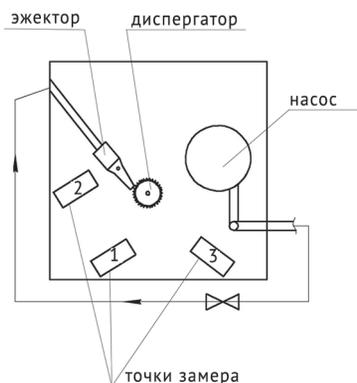


Рис. 3. Схема точек замера

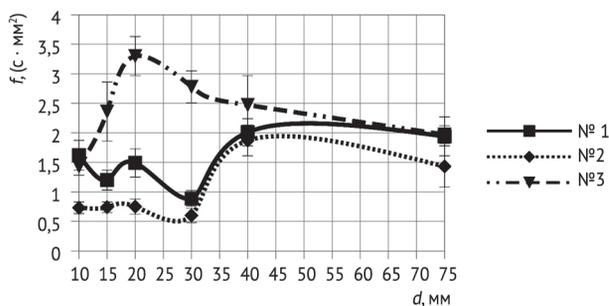


Рис. 5. Зависимость частоты всплытия пузырьков, f , $1/(\text{с}\cdot\text{мм}^2)$ от диаметра диспергатора d , мм

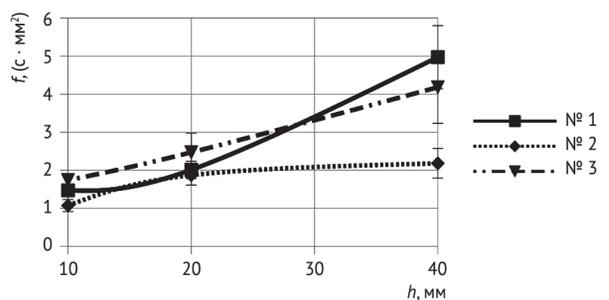


Рис. 6. Зависимость частоты всплытия пузырьков, f , $1/(\text{с}\cdot\text{мм}^2)$ от высоты диспергатора h , мм

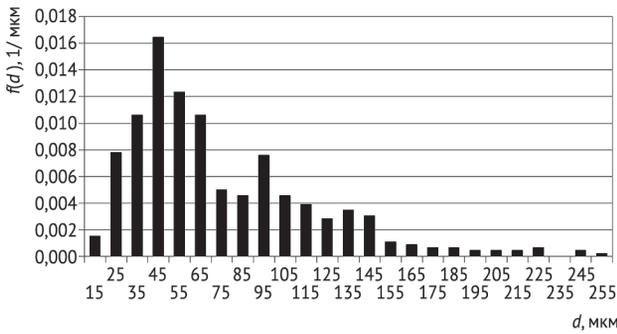


Рис. 7. Исходная функция плотности распределения диаметров пузырьков

образным. Определение дисперсного состава пузырьков проводилось для диспергаторов № 3, 4, 6, 7, 8, при использовании диспергаторов № 3, 4 была получена узконаправленная струя, наибольшее распространение пузырьков получено только в области № 3.

Статистическая обработка полученных результатов была проведена по методике, изложенной в [14]. В результате получены функции плотности распределения диаметра пузырьков. Пример полученной функции для диспергатора № 7 для области камеры аэрации № 3 представлен на рис. 7. Для данного распределения средний диаметр составляет 76,5 мкм, среднеквадратическое отклонение $\sigma = 41$ мкм. Коэффициент вариации в данном случае составляет 0,54, что больше 0,33 и согласно [14] выборка неоднородна. Далее были выделены однородные совокупности внутри данной выборки с использованием метода выделения остатка. В результате выделено два распределения (рис. 8), при этом доля пузырьков диаметром более 145 мкм составляет около 10%. Появление таких пузырьков носит случайный характер и не оказывает значительного влияния на процесс.

Коэффициенты вариации выделенных распределений составили 0,28 и 0,21 соответственно, что

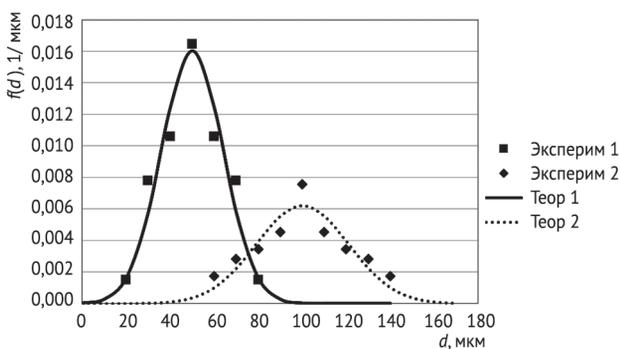


Рис. 9. Теоретические и экспериментальные функции плотности распределения диаметров пузырьков

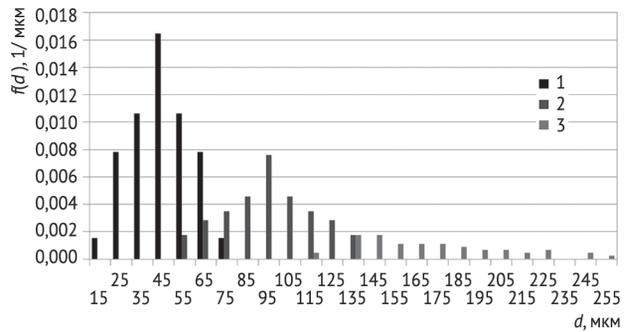


Рис. 8. Функции плотности распределения диаметров выделенных групп пузырьков

меньше 0,33. Следовательно, полученные выборки однородны. Далее была проведена проверка гипотезы о нормальном распределении по критерию Пирсона. Для полученных распределений $\chi^2 < \chi^2_{кр}$ при степени значимости 0,95. Следовательно, отличие от нормального распределения носит случайный характер, что не противоречит гипотезе о нормальном распределении данных. Таким образом, функция плотности распределения для каждой из групп пузырьков будет иметь следующий вид:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d-d_{cp})^2}{2\sigma^2}},$$

где: d — диаметр пузырька, мкм; d_{cp} — средний диаметр пузырька, мкм; σ — среднеквадратическое отклонение диаметра пузырька от среднего значения, мкм.

Далее был проведен дисперсионный анализ, в ходе которого при проверке по критерию Фишера установлено, что данные распределения относятся к разным генеральным совокупностям. Теоретическая и экспериментальная функции плотности распределения диаметров пузырьков представлены на рис. 9.

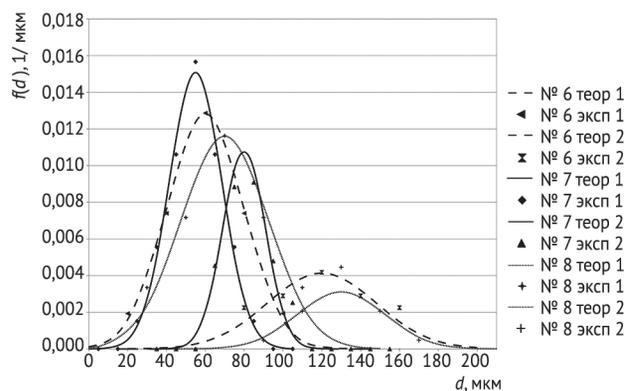


Рис. 10. Функции плотности распределения диаметров пузырьков для участка №1

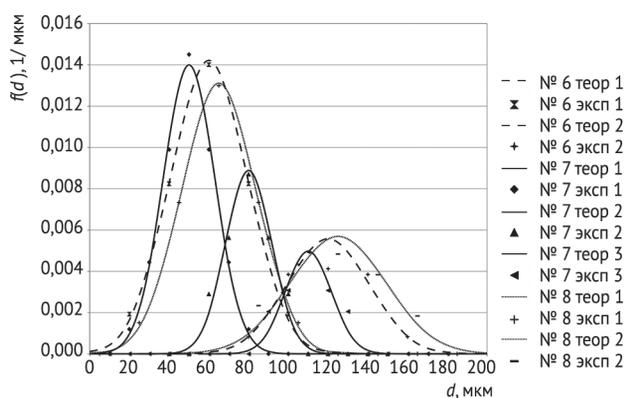


Рис. 11. Функции плотности распределения диаметров пузырьков для участка №2

Дисперсный состав пузырьков при использовании данного диспергатора характеризуется двумя средними значениями диаметра: $d_1 = 50$ мкм, ($\sigma = 14$ мкм), доля пузырьков 56%; $d_2 = 100$ мкм ($\sigma = 21$ мкм), доля пузырьков 33%.

Аналогичным образом были обработаны данные для остальных диспергаторов. Функции плотности распределения для диспергаторов № 3, 4, 6, 7, 8 в трех участках камеры аэрации представлены на рис. 10–12.

После статистической обработки результатов эксперимента установлено, что применение предлагаемого диспергатора позволяет получать пузырьки широкого спектра значений диаметра, что дает возможность наиболее эффективно извлекать различные виды загрязнений. При этом полученный спектр может быть разделен на несколько независимых совокупностей, которые можно охарактеризовать средними значениями диаметра и дисперсии.

Результаты проведенного эксперимента показали, что в большинстве случаев можно выделить две совокупности по диаметру пузырьков, которые значимы для процесса: мелкодисперсные (50–90 мкм) и крупнодисперсные (более 90 мкм) (в некоторых случаях было выделено три совокупности с группой крупнодисперсных пузырьков 200 мкм). Причем в большинстве случаев появление пузырьков более 250 мкм носит случайный характер. Доля таких пузырьков от общего числа составляла менее 15%. Более того, эффективность образования флотокомплексов с пузырьками таких размеров мала, поэтому данная часть спектра не значима и при описании процесса может не учитываться. Неоднородность исходной выборки и выделение в ней нескольких совокупно-

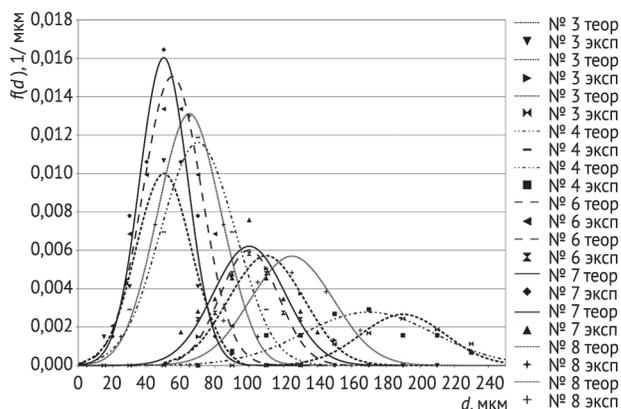


Рис. 12. Функции плотности распределения диаметров пузырьков для участка №3

стей можно объяснить тем, что на формирование пузырьков при данном способе аэрации действуют различные факторы, что приводит к интенсивному протеканию таких процессов, как диспергирование и коалесценция [15]. Полученные результаты показали, что геометрические характеристики диспергатора влияют на дисперсный состав, степень однородности распределения и направленность распространения водовоздушной смеси в камере аэрации.

5. Заключение

В работе предложен способ интенсификации флотационного процесса очистки сточных вод при использовании эжекционной системы аэрации с оригинальным диспергатором. Проведенные эксперименты показали возможность получения пузырьков широкого дисперсного состава, характеризующегося несколькими группами пузырьков, с различными средними диаметрами, при этом средний диаметр мелкодисперсных пузырьков составил 60–80 мкм, что попадает в оптимальный диапазон для наиболее эффективного извлечения тонкодисперсных загрязнений. Полученные зависимости от геометрических параметров диспергатора (высота, диаметр) позволяют осуществлять управление процессом по получению рабочей жидкости заданного дисперсного состава с учетом необходимого распределения пузырьков по камере аэрации. В целом приведенные данные указывают на возможность управления флотационным процессом за счет использования пузырьков определенного размера, что важно для очистки воды с изменяющимся составом загрязнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ксенофонтов Б.С. Флотационная машина для очистки сточных вод. / Б.С. Ксенофонтов, Е.С. Антонова. //

Патент на полезную модель № 149273 РФ, С02F1/24. Заяв. 24.02.2014; Опубл. 27.12. 2014. Бюл. № 36. 5 с.

2. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. — М.: Новые технологии, 2010. — 272 с.
3. Ксенофонтов Б.С., Антонова Е.С. Оптимизация флотационной очистки сточных вод // Водочистка, — 2015. — № 3. С. 20–24.
4. Воронов Ю.В., Казаков В.Д., Толстой М.Ю. Струйная аэрация. Научное издание. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. — 216 с
5. Grinis L., Lubashevsky N., Ostrovski Y. Influence of the flow rate ratio in a jet pump on the size of air bubbles // International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. — 2015. — vol. 9. — № 7. — pp. 1161–1164
6. Fernanda Yumi Ushikubo. Fundamental Studies on the State of Water with the Generation of Micro and Nanobubbles. A dissertation ... of Doctor of Philosophy. Tokyo, 2010. — 112 p.
7. Akimi Serizawa, Tomohiko Inui, Toshihiko Yahiro, Zensaku Kawara. Laminarization of micro-bubble containing milky bubbly flow in a pipe. / 3rd European-Japanese Two-Phase Flow Group Meeting. (Certosa di Pontignano, Italy. 21–27 September 2003). — 2003. — 8 p. Режим доступа: <http://aura-tec.com/pdf/03-milky.pdf> (Дата обращения: 21.10.2016)
8. Sadatomi Michio, Kawahara Akimaro, Matsuura Hidetoshi, Shikatani Shinji. Micro-bubble generation rate and bubble dissolution rate into water by a simple multi-fluid mixer with orifice and porous tube. // Experimental Thermal and Fluid Science. — 2012. — vol 41. — pp. 23–30.
9. Koichi Terasaka, Ai Hirabayashi, Takanori Nishino, Satoko Fujioka, Daisuke Kobayashi. Development of microbubble aerator for waste water treatment using aerobic activated sludge. // Chemical engineering science. — 2011. — vol. 66. — № 14. — pp 3172–3179.
10. Chen Fu-tai, Peng Feng-xian, Wu Xiao-qing, Luan Zhao-kun, Bubble performance of a novel dissolved air flotation (DAF) unit // Journal of Environmental Sciences. — 2004. Vol. 16, — № 1. — pp. 104–107.
11. Rodrigues R.T., Rubio J. New basis for measuring the size distribution of bubbles // Minerals Engineering. — 2003. — vol. 16, — № 8. — pp. 757–765.
12. Бочкарев Г. Р. Установка для флотационной очистки воды / Г.Р. Бочкарев, С.А. Кондрачев // Патент РФ № 2251530, C02F1/24. Заяв. 24.02.2004; Опубл. 10.05.2005. Бюл. № 13.
13. Гришин Л.Б. Совершенствование очистки нефтесодержащих производственных сточных вод // Дисс. ... канд. техн. наук — Пенза: ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», — 2009. — 144 с.
14. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. — М: Высшая школа, 2003—479 с.
15. Блазнов А.Н., Денисов Ю.Н., Куничан В.А., Чащилов Д.В. Распределение пузырьков по размерам в жидкостно-газовых струйных аппаратах с удлиненной камерой смешения // Электронный журнал «Исследовано в России.» — 2002. — С. 663–670.

REFERENCES

1. Ksenofontov B.S. Flotatsionnaya mashina dlya ochistki stochnykh vod [Flotation machine for wastewater treatment]. Patent na poleznuyu model' № 149273 RF, C02F1/24. Zayav. 24.02.2014; Opubl. 27.12. 2014 [A utility model patent number 149 273 RF, C02F1 / 24. Said. 02/24/2014]. 2014, I. 36, 5 p. (in Russian).
2. Ksenofontov B.S. Flotatsionnaya obrabotka vody, otkhodov i pochvy [Flotation treatment of water, waste and soil]. Moscow, Novye tekhnologii Publ., 2010. 272 p. (in Russian).
3. Ksenofontov B.S., Antonova E.S. Optimizatsiya flotatsionnoy ochistki stochnykh vod [Optimization of flotation wastewater treatment]. Vodoochistka [Water Treatment]. 2015, I. 3, pp. 20–24 (in Russian).
4. Voronov Yu. V, Kazakov V.D., Tolstoy M. Yu. Struynaya aeratsiya. Nauchnoe izdanie [Jet aeration. Scientific publication]. Moscow, Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov Publ., 2007. 216 p. (in Russian).
5. Grinis L, Lubashevsky N, Ostrovski Y. Influence of the flow rate ratio in a jet pump on the size of air bubbles // International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. — 2015. — vol. 9. — № 7. — pp. 1161–1164 (in Russian).
6. Fernanda Yumi Ushikubo. Fundamental Studies on the State of Water with the Generation of Micro and Nanobubbles. A dissertation. of Doctor of Philosophy. Tokyo. — 2010. — 112 p.
7. Akimi Serizawa, Tomohiko Inui, Toshihiko Yahiro, Zensaku Kawara. Laminarization of micro-bubble containing milky bubbly flow in a pipe. / 3rd European-Japanese Two-Phase Flow Group Meeting. (Certosa di Pontignano, Italy. 21–27 September 2003). — 2003. — 8 p. Available at: <http://aura-tec.com/pdf/03-milky.pdf> (accessed 21 October 2016).
8. Sadatomi Michio, Kawahara Akimaro, Matsuura Hidetoshi, Shikatani Shinji. Micro-bubble generation rate and bubble dissolution rate into water by a simple multi-fluid mixer with orifice and porous tube. // Experimental Thermal and Fluid Science. — 2012. — vol 41. — pp. 23–30.
9. Koichi Terasaka, Ai Hirabayashi, Takanori Nishino, Satoko Fujioka, Daisuke Kobayashi. Development of microbubble aerator for waste water treatment using aerobic activated sludge. // Chemical engineering science. — 2011. — vol. 66. — № 14. — pp 3172–3179.

10. Chen Fu-tai, Peng Feng-xian, Wu Xiao-qing, Luan Zhao-kun, Bubble performance of a novel dissolved air flotation (DAF) unit // Journal of Environmental Sciences. — 2004. Vol. 16, — № 1. — pp. 104–107.
11. Rodrigues R.T., Rubio J. New basis for measuring the size distribution of bubbles // Minerals Engineering. — 2003. — vol. 16, — № 8. — pp. 757–765.
12. Bochkarev G.R. Ustanovka dlya flotatsionnoy ochistki vody [flotation plant for water purification]. Patent RF № 2251530, C02F1/24 [RF Patent number 2251530, C02F1 / 24]. 2005, I. 13 (in Russian).
13. Grishin L.B. Sovershenstvovanie ochistki neftesoderzhashchikh proizvodstvennykh stochnykh vod. Kand. Diss [Improving oily industrial wastewater. Cand. Diss]. Penza: GOU VPO «Penzenskiy gosudarstvennyy universitet arkhitektury i stroitel'stva» Publ., 2009. 144 p. (in Russian).
14. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2003. 479 p. (in Russian).
15. Blaznov A.N., Denisov Yu.N., Kunichan V.A., Chashchilov D.V. Raspreделение puzyr'kov po razmeram v zhidkostno-gazovykh struynykh apparatakh s udlinennoy kameroy smesheniya [The size distribution of bubbles in the liquid-gas jet apparatus with an elongated mixing chamber]. Elektronnyy zhurnal «Issledovano v Rossii» [Electronic Journal "Investigated in Russia"]. 2002, pp. 663–670. (in Russian).

Research of Disperse Composition of Air-and-Water Mix Generated by Ejector Aeration System During Wastewater Floatation Treatment

B.S. Ksenofontov, Doctor of Engineering, Professor, Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

E.S. Antonova, Graduate Student, Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

The process of waste water treatment by floatation using ejector system of aeration has been considered in this paper. The system's main shortcoming has been noted: receipt of large bubbles with a diameter about 1 mm, that not always allows get a high performance of cleaning. It has been noted that the most effectively the process of floatation treatment for industrial sewage from fine pollutions is performed when the bubbles' sizes are less than 100 microns, and when there is a big range of pollutions in water it is reasonable to receive the bubbles with a wide disperse structure. The carried-out overview of Russian and foreign sources has demonstrated that the main shortcomings of existing dispersion devices used for crushing of the bubbles generated by the ejector is insufficient dispersion extent in case of low gas content, work instability, technology complexity. For sewage treatment process intensification and remedial action of the existing devices has been offered a combined aeration system consisting of ejector and original dispersing device. On laboratory installation have been conducted experimental studies on determination of disperse composition for air-and-water mix generated by the offered aeration system. The received results confirm a possibility for receipt of fine bubbles in the range of 20–300 microns with a degree of bubbles of fraction less than 100 microns up to 80%, and with an average diameter of 60–80 microns. A feature of the bubbles' disperse structure has been noted: allocation from it several groups of bubbles with different values of average diameters. This feature can be used for intensification of process for water treatment from pollutions with various floatability degrees. Dependences of researched characteristics on dispersant's diameter and height have been presented. They allow perform a choice of dispersant's geometrical parameters for receipt of the air-and-water mix's required disperse composition aimed to management of floatation process.

Keywords: floatation sewage treatment, ejector, dispersant, aeration system, bubble diameter, waste water purification efficiency.

Российские учёные предложат японцам свои разработки для очистки воды от ЖРО

Учёные Дальневосточного отделения РАН до конца года предоставят коллегам из Японии сорбенты для очистки воды от жидких радиоактивных отходов (ЖРО) вблизи АЭС «Фукусима-1». Об этом сообщил ТАСС вице-президент Российской академии наук (РАН) Валентин Сергиенко. По данным вице-президента РАН, Япония хранит на берегу 600 тыс. тонн жидких отходов. «Есть 1,5 млн тонн воды в заводской гавани, куда поступают грунтовые воды, и это все смешивается с морской водой. Мы можем с нашими сорбентами эту проблему решать. Американцы не могут, работали французы, немцы, но результатов нет», — отметил Сергиенко. По его словам, разработки российских учёных позволили переработать практически все жидкие отходы атомного флота России. В марте 2011 года на северо-востоке Японии произошло сильнейшее землетрясение, получившее название Великого землетрясения Восточной Японии. Жертвами стихийного бедствия стали около 20 тыс. человек. Гигантская волна цунами, высотой 15 метров затопила АЭС «Фукусима-1». В результате аварии произошло расплавление активной зоны АЭС. Через сутки после прекращения охлаждения реакторов на энергоблоках начал взрываться водород, и реакторы разгерметизировались. Следствием стали множественные выбросы радиации в морскую воду и атмосферу. В населённых пунктах вблизи станции запрещено проживание.