

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Т. А. Мельник

ФЛОТАЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ МАСЕЛ

Методические указания к лабораторному практикуму.
Направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»,
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».
Дисциплина «Технология очистки сточных вод».
Очная и заочная формы обучения

Екатеринбург
2020

Печатается по рекомендации методической комиссии Химико-технологического института. Протокол № 1 от 02 октября 2020 г.

Рецензент – доцент УГЛТУ канд. хим. наук Н. В. Марина

Редактор Л. Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16

Печ. л. 1,16

Поз. № 17

Тираж 10 экз.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Выделение эмульгированных органических веществ из сточных вод представляет собой часто встречающуюся и довольно сложную задачу.

Наиболее применяемые методы очистки стоков от эмульгированных углеводов – гидромеханические методы (отстаивание, центрифугирование), позволяющие выделять частицы крупнее 10...50 мкм. Распространенным недостатком данных методов является невысокая эффективность.

С помощью же физико-химических методов очистки (коагуляция, флокуляция, адсорбция, реагентная флотация) эффективно удаляются из сточных вод эмульгированные и суспензированные частицы размером менее 100 мкм, а также растворенные примеси.

Метод флотации имеет несомненные преимущества, поскольку позволяет осуществить процесс очистки как от грубо-, так и от тонкодиспергированных частиц. Имеет высокую производительность и эффективность, отличается простотой аппаратного оформления.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ФЛОТАЦИИ

Краткая характеристика эмульсий. Эмульсиями называются дисперсные системы, состоящие из двух (или нескольких) жидких фаз. Условием образования таких систем является практически полная или частичная нерастворимость вещества дисперсной фазы в среде. Отсюда следует, что вещества, образующие различные фазы, сильно различаются по своей полярности. Если одна из жидкостей – вода, то другая – неполярная или малополярная жидкость, называемая в общем случае «масло». В соответствии с этим существуют два основных типа эмульсий: дисперсии масла (любой неполярной жидкости) в воде (м/в) и дисперсии воды в масле (в/м). Эмульсии первого типа называют прямыми, а второго – обратными.

В зависимости от концентрации дисперсной фазы C_d , эмульсии подразделяют на три класса:

- разбавленные ($C_d \leq 0,1 \%$);
- концентрированные ($C_d < 74 \%$);
- высококонцентрированные ($C_d > 74 \%$).

Свойства эмульсий близки к свойствам коллоидных растворов, хотя размеры эмульгированных частиц больше, чем размеры коллоидных частиц.

С термодинамической точки зрения эмульсии принадлежат к неустойчивым системам вследствие того, что поверхность раздела фаз обладает избытком свободной энергии, способствующей агрегации капель масла. Агрегативная устойчивость эмульсий определяется временем их существования и для различных эмульсий колеблется от нескольких секунд до многих лет.

Из всех процессов, отражающих неустойчивость эмульсий, только коалесценция капель представляет характерный необратимый процесс их окончательного разрушения. Несмотря на то, что коалесценция, подобно коагуляции или флокуляции, является самопроизвольным процессом, она имеет и существенное отличие, связанное с текучестью границы раздела фаз эмульсий. В случае коагуляции и флокуляции уменьшение свободной энергии системы ($F = \Delta\sigma \cdot S$) происходит за счет уменьшения свободной поверхности (поверхностного натяжения σ) дисперсной фазы в местах контактов при сохранении общей поверхности раздела (S). В случае коалесценции уменьшение свободной энергии обеспечивается уменьшением поверхности раздела между частицами дисперсной фазы при сохранении постоянства поверхностного натяжения на границе раздела жидких фаз.

Устойчивость эмульсий оценивается обычно с помощью двух физико-химических величин – времени расслаивания эмульсии τ (с) и константы скорости коалесценции K_k . По методике, предложенной Ребиндером, время расслаивания эмульсии определяется уравнением:

$$\tau = \frac{H}{v},$$

где H – высота столба эмульсии в измерительном цилиндре, см;

v – средняя скорость самопроизвольного расслаивания, см/с (вычисляется по перемещению во времени границы расслоения двух фаз в измерительном цилиндре).

Наиболее удобным уравнением, с помощью которого может быть определена константа скорости коалесценции (K_k), является уравнение, предложенное Абрамзоном:

$$K_k = \frac{x}{\tau \cdot n_0 (n_0 - x)},$$

где x – число коалесценций во времени τ ;

n_0 – число капель в единице объема эмульсии в начальный момент.

Длительное существование эмульсий возможно лишь в условиях их стабилизации, связанной с образованием адсорбционно-сольватного или адгезионного слоя на межфазной поверхности.

Вещества, стабилизирующие эмульсию, называют эмульгаторами. Можно выделить четыре класса эмульгирующих агентов:

- неорганические электролиты;
- поверхностно-активные вещества (ПАВ);
- высокомолекулярные соединения (ВМС);
- тонкоизмельченные порошки.

Стабилизирующее действие двух первых классов эмульгаторов связано с возникновением двойного электрического слоя на водной стороне межфазной поверхности вследствие предпочтительной адсорбции некоторых неорганических ионов или дифильных молекул ПАВ. Действие двух последних классов обычно связывают с образованием на поверхности раздела структурированных оболочек, выполняющих защитные функции и препятствующих тем самым коалесценции капель. Наиболее часто в качестве эмульгирующих примесей в сточных водах встречаются мыла и детергенты, смолистые вещества, протеины, крахмал, декстрин, метилцеллюлоза, лигносульфонаты и др.

Таким образом, стабилизация эмульсий может быть обеспечена двумя факторами – электрическим и структурно-механическим. Значение структурно-механического фактора особенно велико при стабилизации концентрированных эмульсий. Для разбавленных эмульсий вполне достаточным условием стабилизации является образование на поверхности капель эмульсии электрокинетического потенциала (ξ – потенциала), превышающего по абсолютной величине 25...30 мВ.

Многочисленными исследованиями установлена связь устойчивости разбавленных эмульсий с электрокинетическим потенциалом, который определяется природой масляной фазы, электролитным составом сплошной среды, концентрацией в ней водородных ионов, а также природой и концентрацией эмульгаторов. Поэтому при выборе того или иного метода очистки сточных вод от эмульгированных углеводородов необходим тщательный анализ факторов, влияющих на состояние двойного электрического слоя частиц системы и их взаимоотношения с дисперсионной средой.

Различными авторами установлено, что капли эмульсий прямого типа в широком диапазоне значений pH (pH 4...11) заряжены отрицательно, величина же заряда, следовательно, и устойчивость эмульсий

определяются концентрацией электролитов в растворе. Для масляных частиц сточных вод ξ -потенциал обычно составляет 10...15 нескольких десятков милливольт.

Физико-химические основы очистки сточных вод от эмульгированных углеводов. Как упоминалось выше, окончательное разрушение эмульсий выражается в коалесценции капель, происходящей при непосредственном контакте взаимодействующих поверхностей. Процесс коалесценции сложен и состоит из нескольких стадий. Для наступления коалесценции необходима первоначальная флокуляция или коагуляция капель эмульсии, приводящая к их контакту при условии сохранения общей поверхности раздела. В таком состоянии микрообъекты находятся на равновесном расстоянии друг от друга и отделены тонкой жидкой прослойкой определенной толщины. Этот слой может состоять как из дисперсионной среды, так и из граничных фаз, стабилизирующих поверхность частиц. Причиной существования равновесной толщины прослойки, которая в зависимости от вида стабилизатора может меняться в широких пределах (от 40 до 800 Å), является взаимная компенсация сил притяжения и отталкивания.

Наиболее трудной и медленной стадией коалесценции, определяющей суммарную скорость процесса, является следующая за флокуляцией стадия прорыва граничной прослойки стабилизатора. Вследствие того, что устойчивость к коалесценции для различных систем объясняется различными причинами, неодинаковы и механизмы прорыва пленки.

Выбор наиболее эффективного метода разрушения эмульсии определяется структурой стабилизатора, заключенного в граничной прослойке. В том случае, когда природа сил отталкивания носит ионно-электростатический характер (электрический фактор стабилизации), обычно используют неорганические или органические электролиты. Они, адсорбируясь на поверхности капель, приводят к частичной компенсации электрических зарядов и способствуют тем самым утончению и прорыву пленки. В случае, когда пленки стабилизатора представляют собой гелеобразные или коагуляционные структуры, образующиеся на границе раздела фаз при полимолекулярной адсорбции ПАВ, макромолекулы или коллоидные частицы (структурно-механический фактор), дополнительно используют методы, связанные с изменением структуры поверхностных пленок. Суть этих физико-химических методов заключается либо в связывании эмульгатора в малорастворимое соединение, не обладающее стабилизирующими свойствами, либо в вытеснении эмульгирующего агента веществом,

обладающим большей поверхностной активностью, но меньшей способностью к образованию структурированных слоев.

Сточные воды, содержащие эмульгированные углеводороды, представляют собой разбавленные эмульсии. Основным фактором стабилизации таких физико-химических систем является электрический фактор. Лишь в некоторых случаях при наличии в стоках сравнительно больших количеств ПАВ или ВМС, способных образовывать на поверхности микрообъектов структурированные защитные слои, вступает в силу структурно-механический фактор.

При учете вышесказанного становится понятным широкое использование многозарядных катионов в качестве активаторов процесса коалесценции эмульгированных углеводородов в сточных водах, а также флокулянтов катионного типа. Действие этих активаторов сводится к адсорбции на поверхности капель эмульсии, компенсации отрицательного электрического заряда поверхности и, следовательно, к облегчению прорыва граничной пленки.

Флотационный метод разрушения эмульсий. С точки зрения практики процесс разделения фаз разбавленных эмульсий может быть осуществлен механическими, электрохимическими или физико-химическими методами. При использовании механических методов (отстаивание, центрифугирование) разделение фаз осуществляется в поле действия гравитационных или центробежных сил. Эти методы или малоэффективны (отстаивание) или малоэкономичны (центрифугирование). Значительно больший эффект дают электрохимические и физико-химические методы, основанные на использовании электрических сил, явлений адгезии и смачивания. К числу таких методов можно отнести фильтрацию через гидрофобные насадки, электрокоагуляцию, флотацию, электрофлотацию и др.

По мнению многих авторов наиболее экономичными и технологичными являются различные варианты флотационного метода. Суть его состоит в том, что при создании в объеме раствора развитой границы раздела фаз «жидкость-газ» (при диспергировании пузырьков воздуха) масляные частицы закрепляются на пузырьках и выносятся вместе с ними на поверхность раствора. Механизм закрепления частиц масла может быть различным и зависит как от дисперсности пузырьков воздуха и условий образования их в растворе, так и от размеров частиц.

Если размеры масляных частиц соизмеримы с размерами газовых пузырьков, пользуются понятием «адгезия» или «прилипание». При прилипании грубодисперсных частиц масла к пузырьку воздуха обра-

зуется трехфазный периметр смачивания (соприкосновение фаз «масло-вода-воздух»), характеризуемый краевым углом смачивания θ (рис. 1).

Численное значение краевого угла смачивания θ , отсчитываемого в сторону полярной жидкости (воды), определяется уравнением Юнга:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{\text{МГ}} - \sigma_{\text{МВ}}}{\sigma_{\text{ВГ}}} .$$

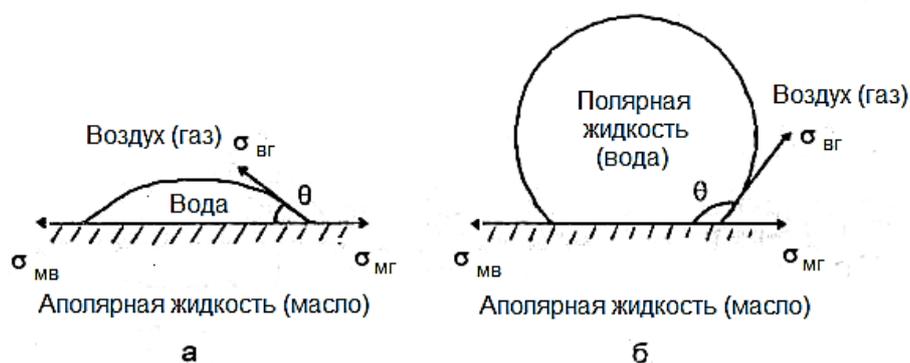


Рис. 1. Краевой угол смачивания между двумя жидкостями:
а – $\theta < 90^{\circ}$; б – $\theta > 90^{\circ}$

Условие самопроизвольного прилипания масляной частицы к пузырьку воздуха можно записать так:

$$\sigma_{\text{ВГ}} (1 - \cos \theta) > 0 .$$

Уравнение показывает, что убыль свободной энергии системы тем больше, чем больше краевой угол смачивания. Другими словами, чем гидрофобнее поверхность твердой частицы, тем вероятнее ее прилипание к воздушному пузырьку.

При краевых углах смачивания, близких нулю, то есть для частиц, хорошо смачиваемых водой, величина флотируемости практически равна нулю, поскольку для таких углов $\cos \theta$ близок единице (рис. 1а). Для частиц, плохо смачиваемых водой (капли масла в отсутствии природных и искусственных стабилизаторов как раз и являются такими), краевой угол смачивания стремится к 180° , а $\cos \theta$ – к минус 1, величина же флотируемости стремится к максимальному значению (рис. 1б).

Наиболее трудно флотируются масляные частицы, размеры которых приближаются к коллоидным. Высокое содержание таких частиц

в сточных водах, как правило, обусловлено наличием в системе стабилизаторов, увеличивающих устойчивость частиц к коалесценции, повышающих смачиваемость их водой и ухудшающих тем самым флотацию.

При флотационной обработке стоков и флокуляция и коалесценция проявляются достаточно четко. Первая ступень – прилипание масляных частиц к пузырькам воздуха при сохранении жидкой прослойки, разделяющей разнородные поверхности – представляет классический пример гетерофлокуляции. Вторая ступень – установление непосредственного контакта частиц масла и газовых пузырьков – соответствует гетерокоалесценции. При этом, если для грубодисперсных масляных частиц определяющей является стадия гетерофлокуляции, зависящая в основном от соотношения размеров частиц масла и пузырьков воздуха, то для тонких масляных частиц наиболее медленной и трудной является стадия гетерокоалесценции. Масляные частицы, имеющие размеры близкие к размерам коллоидных частиц, как показали специальные исследования, вообще не могут быть подвергнуты флотации без предварительной флокуляции.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ МЕТОДА ФЛОТАЦИИ

В зависимости от принятого способа генерирования пузырьков различают несколько видов флотации:

- флотация пузырьками, образующимися из пересыщенных растворов газа в воде (напорные и вакуумные установки);
- флотация с механическим диспергированием газа в жидкости (импеллерные и пневматические установки);
- электрофлотация.

Процесс очистки сточных вод флотацией пузырьками, выделяющимися из пересыщенного раствора газа в воде, складывается из следующих стадий:

- растворение газа в воде;
- выделение пузырьков из пересыщенных растворов газа в воде (возникновение новой фазы);
- образование флотоактивных комплексов «частицы-пузырьки»;
- подъем комплексов на поверхность сточной жидкости.

При вакуумной флотации сточная вода предварительно насыщается воздухом (газом) в течение 1-2 минут в аэрационной камере при

атмосферном давлении, откуда она поступает в деаэратор (рис. 2а). Далее под действием разрежения 0,02...0,03 МПа стоки направляются во флотационную камеру, в которой растворившийся воздух выделяется в виде микропузырьков и выносит частицы загрязнений в пенный слой. Образующуюся пену удаляют скребками в пеносборник. Продолжительность пребывания сточной воды во флотационной камере составляет 20 минут.

Преимуществом вакуумной флотации является то, что образование пузырьков газа, их слипание с частицами загрязнений и всплывание агрегатов происходит в спокойной среде, и вероятность их разрушения сводится к минимуму. Недостатки данного вида флотации связаны со слабым насыщением сточной воды пузырьками газа, поэтому данный способ применим при концентрации взвешенных веществ в воде менее 250 мг/л, а также с необходимостью сооружения резервуаров с высокой степенью герметизации.

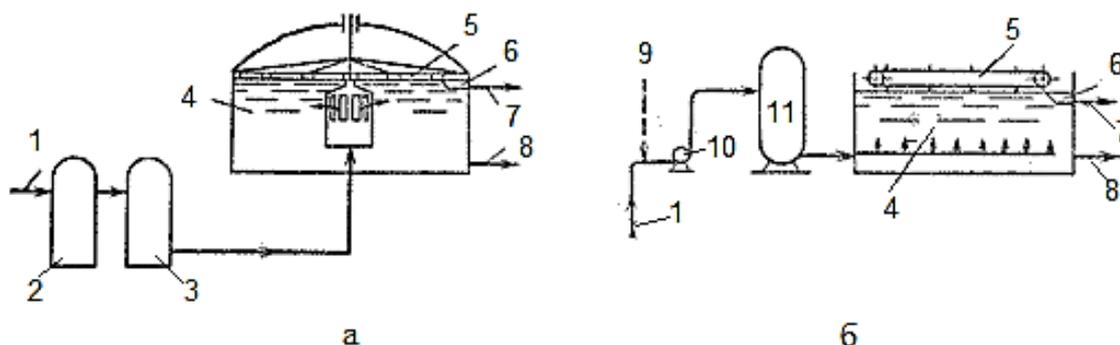


Рис. 2. Схемы флотации пузырьками, образующимися из пересыщенных растворов газа в воде: а – схема вакуумной флотации; б – схема напорной флотации;
 1 – подача сточной воды; 2 – аэратор; 3 – деаэратор; 4 – флотационная камера;
 5 – механизм сгребания пены; 6 – пеносборник; 7 – отвод пены;
 8 – отвод осветленной воды; 9 – подача воздуха; 10 – насос;
 11 – напорный бак (сатуратор)

Напорная флотация позволяет регулировать степень насыщения водных растворов газом в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4...5 г/л и более.

При напорной флотации сточные воды насосом подаются в напорный бак (сатуратор) для насыщения воздухом в течение 1-3 минут при избыточном давлении 0,3...0,5 МПа (рис. 2б). Для подсоса воздуха на всасывающем трубопроводе насоса имеется патрубок. Количество растворяющегося в сатураторе воздуха должно составлять 3...5 % объема обрабатываемой сточной воды. Насыщенная воздухом

вода из сатуратора подается во флотационную камеру, где выделившиеся при снижении давления пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами загрязнений в пенный слой. Продолжительность флотации составляет 20 минут.

При проектировании флотаторов для обработки сточных вод применяют либо прямоугольные, либо круглые в плане камеры.

Современные схемы установок напорной флотации можно классифицировать как три основные группы (рис. 3):

- с насыщением всего потока сточной воды воздухом;
- с насыщением части потока сточной воды воздухом;
- с насыщением части очищенной воды воздухом и смешением ее со сточной водой, поступающей на очистку (с рециркуляцией).

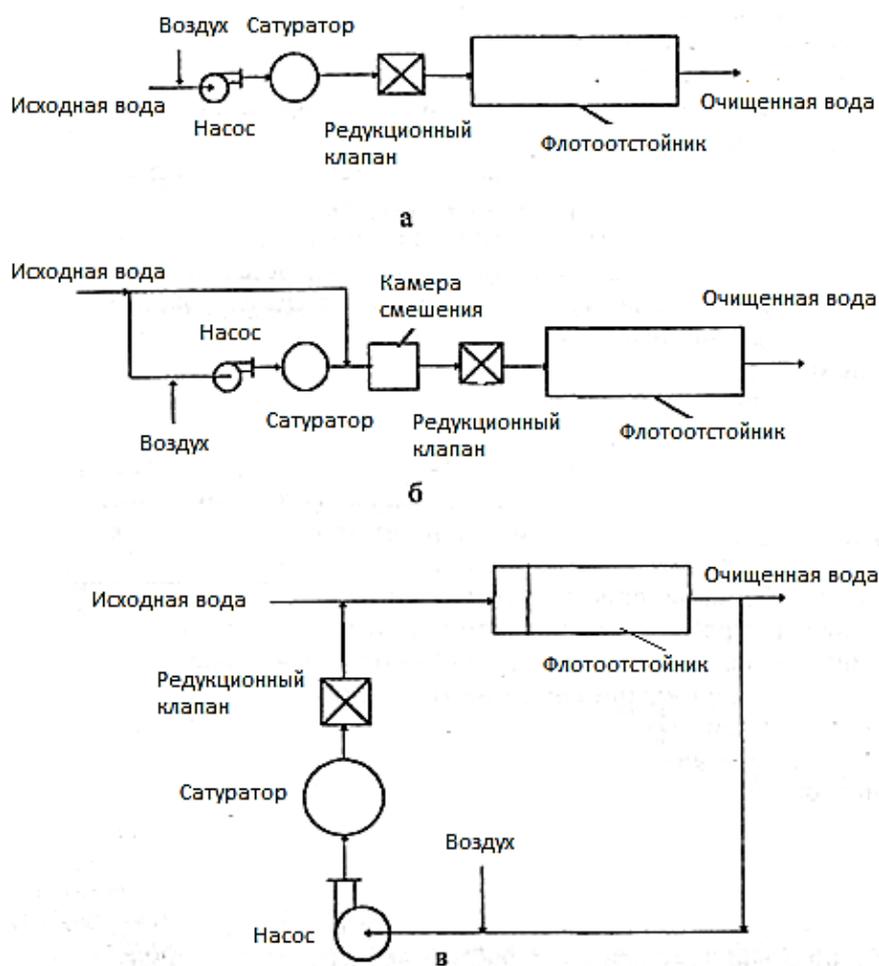


Рис. 3. Схемы установки напорной флотации: а – с насыщением всего потока сточной воды воздухом; б – с насыщением части потока сточной воды воздухом; в – с насыщением части очищенной воды воздухом и смешением ее со сточной водой, поступающей на очистку

Первая схема (а) является наиболее простой. Сточная вода насыщается воздухом за счет эжекции насосом, поступает в напорный бак, в котором воздух растворяется под давлением. Далее сточная жидкость проходит через редукционный клапан, позволяющий резко сбросить давление, и поступает во флотоотстойник.

Недостатками данной схемы являются повышенное диспергирование и эмульгирование примесей, присутствующих в сточных водах, при перекачивании центробежными насосами и необходимость перекачивания под давлением всего объема стоков.

В сочетании с процессами коагуляции и флокуляции напорная флотация по этой схеме обеспечивает высокоэффективную очистку сточных вод 80...95 % и более.

Вторая схема (б) распространена значительно меньше, хотя эта схема более экономична, чем предыдущая, а по эффективности ей ни в чем не уступает.

Наиболее широкое распространение получила третья схема (в). Во многих случаях применение этой схемы целесообразнее, так как ее использование не связано с опасностью разрушения хлопьевидных осадков в редукционном клапане или повышенного эмульгирования примесей в центробежных насосах. Для эффективной очистки сточных вод на рециркуляцию подается от 20 до 50 % очищенной воды.

Недостатки схемы связаны с необходимостью увеличения объема флотоотстойника на величину рециркуляционного потока очищенной воды.

Флотация с механическим диспергированием воздуха реализуется в машинах импеллерного типа и пневматических установках.

Сточная вода поступает во флотационную камеру аппарата с механическим дроблением воздуха, в центре которой установлен импеллер, приводимый в движение электродвигателем (рис. 4). Импеллер закрыт статором. При вращении импеллера образуется зона пониженного давления, и через центральную трубу подсасывается воздух. Одновременно через отверстия на лопасти импеллера поступает небольшое количество сточной воды, которое перемешивается с воздухом и выбрасывается через боковые отверстия во флотационную камеру. Для гашения энергии турбулентного потока, выходящего из отверстий статора, предназначены отбойные перегородки. Воздушные пузырьки флотируют загрязняющие вещества на поверхность воды, образующийся пенный слой удаляется пеноснимателем в пеносорный бункер.

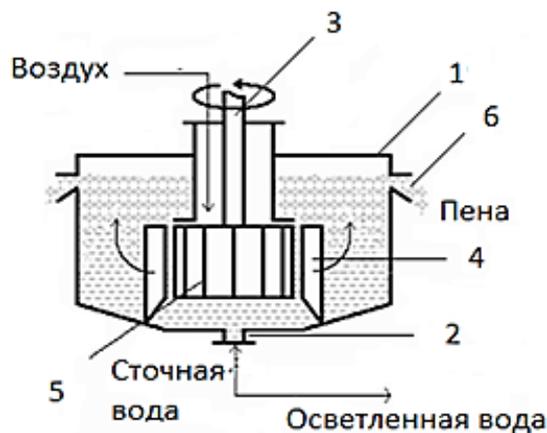


Рис. 4. Флотационная машина импеллерного типа: 1 – флотационная камера; 2 – ввод исходной сточной воды; 3 – воздушная труба; 4 – отбойные перегородки; 5 – статор с отверстиями; 6 – вывод пенного продукта

Диаметр импеллера не должен превышать 750 мм. Степень диспергирования воздуха зависит от окружной скорости вращения импеллера, которую принимают равной (10...15) м/с. Продолжительность флотации составляет 20...30 минут.

Применение импеллерных установок целесообразно при очистке сточных вод с высокой концентрацией нерастворенных загрязнений (более 2–3 г/л) и содержащих нефть, нефтепродукты, жиры.

Недостатками импеллерных флотаторов являются высокая обводненность пены, что заставляет создавать дополнительные установки для ее обработки, а также невозможность использовать коагулянты, поскольку в турбулентном потоке происходит разрушение хлопьев.

Пневматические флотационные установки применяют при очистке сточных вод, содержащих растворенные примеси, которые агрессивны к механизмам (насосам, импеллерам), имеющим движущиеся части. Измельчение пузырьков воздуха достигается путем впуска воздуха во флотационную камеру через сопла, которые располагаются на воздухораспределительных трубках, укладываемых на дно флотационной камеры на расстоянии 0,25...0,3 м друг от друга. Диаметр отверстий сопел равен 1...1,2 мм, рабочее давление перед ними 0,3...0,5 МПа, скорость выхода струи из сопел 100...200 м/с. Расход воздуха зависит от интенсивности аэрации и составляет 15...20 м³/(м²/ч).

Флотация с подачей воздуха через пористые материалы отличается простотой аппаратного оформления процесса и относительно малыми расходами энергии. Воздух во флотационную камеру подает-

ся через мелкопористые фильтросные пластины, трубы, насадки, уложенные на дне камеры (рис. 5). Эффективность флотации зависит от величины отверстий материала, расхода воздуха, продолжительности флотации, уровня воды во флотаторе. Величина отверстий должна быть 4...20 мкм, давление воздуха 0,1...0,2 МПа, продолжительность флотации 20...30 минут.

Недостатки данного метода флотации связаны с возможностью зарастания и засорения пор и трудностью подбора мелкопористых материалов, обеспечивающих выход мелких, близких по размерам пузырьков воздуха.

Для управления флотационным процессом применяются флотационные реагенты, обеспечивающие избирательное извлечение различных компонентов, способствующие образованию прочных пузырьков воздуха и всплыванию флотируемых примесей.

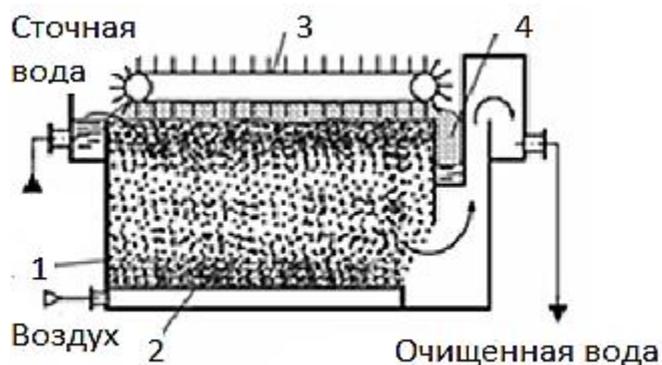


Рис. 5. Флотатор с фильтросными пластинами: 1 – камера; 2 – фильтросные пластины; 3 – скребковый транспортер; 4 – шламприемник

Флотационные реагенты представлены неорганическими и органическими соединениями различного состава – ПАВ, щелочами, кислотами, солями, продуктами нефтехимии, продуктами переработки древесины и т.п.

В зависимости от назначения флотационные реагенты делятся на три группы:

- собиратели – как правило, органические соединения, имеющие гетерополярную структуру, которые, закрепляясь на поверхности частиц, уменьшают смачиваемость их водой и тем самым обеспечивают прилипание к пузырькам воздуха;
- пенообразователи – поверхностно-активные вещества, добавляемые во флотируемые сточные воды для образования устойчивой пены;

– модификаторы (реагенты-регуляторы) – неорганические и органические соединения, способные изменять флотируемость частиц, регулировать действие собирателей на частицы, то есть улучшать флотируемость одних примесей сточных вод и ухудшать флотируемость других.

3. ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Целью данной работы является изучение процесса флотационного разрушения эмульсии ПВА (поливинилацетата) и получение качественно-количественных характеристик.

В процессе работы надо решить следующие вопросы и задачи:

1. Получить экспериментально и графически зависимость эффективности (степени) флотационного разрушения эмульсии от концентрации ПАВ. В качестве ПАВ используют соль четвертичного аммониевого основания АТМ – алкилтриметиламмоний хлорид;
2. Получить экспериментальные значения степени флотационного разрушения эмульсии от рН раствора. Зависимость снимается дважды – без ПАВ и при концентрации ПАВ, указанной преподавателем;
3. Сделать выводы, объяснив полученные экспериментальные данные.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Построение калибровочного графика

Перед проведением экспериментов снимают калибровочный график для аналитического определения содержания эмульгированных масел.

Для проведения опытов используют готовую эмульсию ПВА в воде с концентрацией дисперсной фазы 100 мг/л. В мерные колбы на 50 мл пипеткой вносят рассчитанные объемы исходной эмульсии так, чтобы концентрация масла в колбах составляла последовательно 100, 75, 50, 25 и 10 мг/л, разбавляют дистиллированной водой до метки, хорошо перемешивают. Измерение оптической плотности растворов проводят при $\lambda=340$ нм в кювете толщиной 20 мм. Раствор сравнения – дистиллированная вода.

Данные измерений заносят в таблицу и на их основании строят калибровочный график в координатах «оптическая плотность – весовая концентрация дисперсной фазы» (с учетом разбавления). График далее используется для определения остаточной концентрации дисперсной фазы после флотации.

Влияние концентрации ПАВ на эффективность флотационного разрушения эмульсии

В шесть стеклянных стаканчиков емкостью 150 мл помещают по 100 мл эмульсии ПАВ с концентрацией дисперсной фазы 100 мг/л и добавляют рассчитанный объем 0,01 %-го раствора ПАВ с нарастающим его концентрации в следующей последовательности: 0, 2, 4, 6, 8 и 10 мг/л.

Содержимое стаканчиков хорошо перемешивают и проводят флотационную обработку эмульсии на лабораторной установке (рис. 6) при расходе воздуха $540 \text{ см}^3/\text{мин}$ ($\Delta h \approx 18$ делений реометра) в течение 10 минут.

После флотационной обработки сливают из колонки в стаканчик среднюю фракцию раствора и колориметрически определяют остаточное содержание масла по ранее построенной калибровочной кривой.

Данные заносят в таблицу и строят график в координатах «степень извлечения масла (%) – концентрация ПАВ (мг/л)».

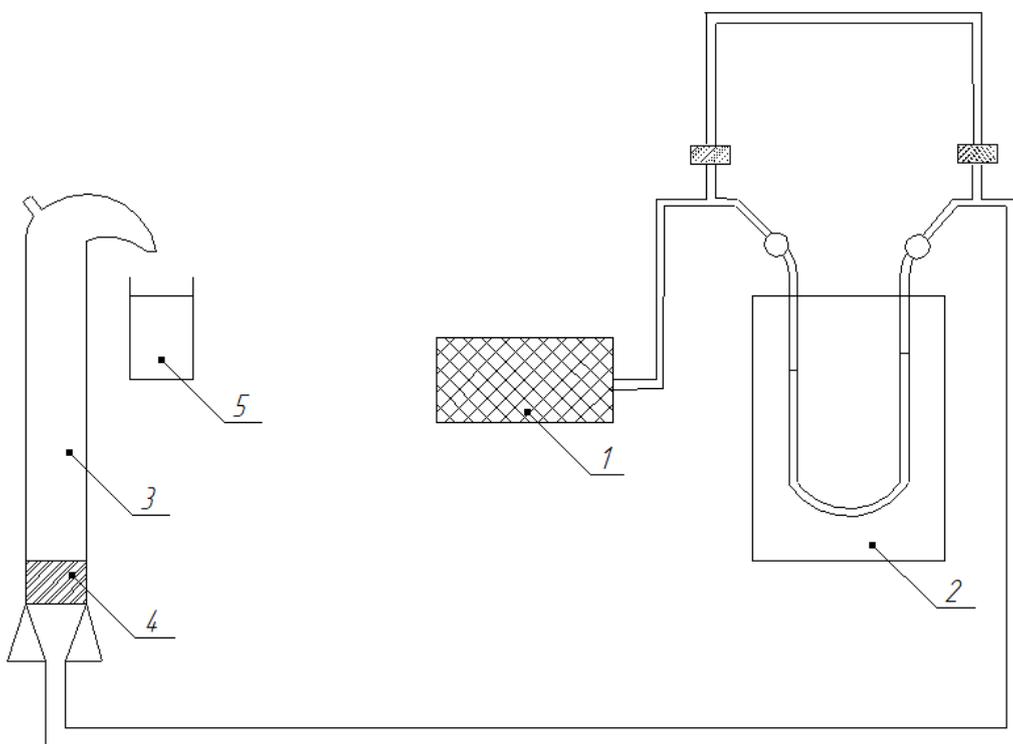


Рис. 6. Схема флотационной установки: 1 – компрессор; 2 – реометр; 3 – флотационная колонка; 4 – фильтр Шота; 5 – пеносборник

Влияние pH раствора на эффективность флотационного разрушения эмульсии

В стеклянные стаканчики емкостью 150 мл вносят по 100 мл эмульсии с концентрацией дисперсной фазы 100 мг/л. В каждой пробе последовательно создают значение pH, равное 2, 3, 5, 7 и 9. Величину pH растворов регулируют с помощью 0,1 н растворов $NaOH$ и H_2SO_4 и контролируют на pH-метре.

Содержимое стаканчиков перемешивают и проводят флотационную обработку эмульсии на лабораторной установке (рис. 6) при расходе воздуха $540 \text{ см}^3/\text{мин}$ ($\Delta h \approx 18$ делений реометра) в течение 10 минут. Остаточное содержание дисперсной фазы определяют колориметрически по ранее построенной калибровочной кривой.

Результаты опытов заносят в таблицу и строят график в координатах «степень извлечения масла (%) – pH раствора».

В данном эксперименте должны быть получены две аналогичные зависимости: первая – без ПАВ, а вторая в присутствии ПАВ, концентрация которого указывается преподавателем.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО КОЛЛОКВИУМА

1. Что такое эмульсии, их классификации, свойства и характеристики.
2. Устойчивость эмульсий, факторы ее определяющие.
3. Физико-химические величины, позволяющие оценить устойчивость эмульсий.
4. Классы эмульгирующих агентов. Механизм их действия.
5. Коалесценция капель эмульсии. Стадии процесса.
6. Факторы, определяющие выбор активатора для разрушения эмульсии.
7. Суть и механизм флотационного выделения грубодисперсных частиц из сточных вод. Образование трехфазного периметра смачивания. Условие самопроизвольного прилипания частицы дисперсной фазы к пузырьку воздуха.
8. Суть и механизм флотационного разрушения тонкодиспергированных и коллоидных систем. Функции ПАВ.
9. Технологическое оформление процесса очистки сточных вод флотацией.

6. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО КОЛЛОКВИУМА

1. Эмульсиями называются:

- а) дисперсные системы, состоящие из двух жидких взаимно нерастворимых фаз;
- б) дисперсные системы с твёрдой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой;
- в) дисперсная система с газообразной дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой.

2. Эмульсии с концентрацией дисперсной фазы менее 0,1 % относятся к:

- а) разбавленным;
- б) концентрированным;
- в) высококонцентрированным.

3. Вещества, стабилизирующие эмульсию, называются:

- а) эмульгаторами;
- б) собирателями;
- в) модификаторами;
- г) флокулянтами.

4. Стабилизация разбавленных эмульсий обеспечивается ... фактором:

- а) электрическим;
- б) структурно-механическим.

5. К механическим методам разделения эмульсий относятся:

- а) отстаивание;
- б) флотация;
- в) центрифугирование.

6. При краевом угле смачивания больше девяносто градусов поверхность частицы является

- а) гидрофобной;
- б) гидрофильной.

7. Действие ПАВ в процессе флотационного разделения эмульсий сводится к адсорбции на поверхности капель эмульсии и:

- а) компенсации электрического заряда поверхности капли эмульсии;
- б) увеличению электрического заряда (по абсолютной величине) поверхности капли эмульсии.

8. Гетерокоалесценция – это:

- а) прилипание частиц к пузырькам воздуха при сохранении водной прослойки;
- б) установление непосредственного контакта частицы и газового пузырька.

9. Преимуществом напорной флотации является:

- а) образование пузырьков газа, их слипание с частицами загрязнений и всплывание агрегатов происходит в спокойной среде;
- б) позволяет регулировать степень пересыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4 г/л и более;
- в) простота аппаратного оформления процесса и относительно малые расходы энергии.

10. Недостатком метода вакуумной флотации является:

- а) зарастание и засорение пор;
- б) высокая обводненность пены;
- в) ограниченный диапазон применения.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия: учебник для вузов – 7-е изд., изд. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. 444 с.

2. Кольцов В.Б., Кондратьева О.В. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебник для вузов. – М.: «Прометей», 2018. 734 с.

3. Процессы, аппараты и техника защиты окружающей среды. Ч. I. Очистка промышленных сточных вод. / В.И. Легкий, И.Н. Липунов, А.Ф. Никифоров [и др.]. Под общ. ред. Липунова И.Н. – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. у-тет, 2016. 234 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Теоретические основы метода флотации.....	3
2. Технологическое оформление метода флотации.....	9
3. Цель работы и техническое задание.....	15
4. Методика проведения эксперимента.....	15
5. Вопросы для контрольного коллоквиума.....	17
6. Примеры тестовых заданий для контрольного коллоквиума.....	18
Список рекомендуемой литературы.....	20



Т. А. Мельник

**ФЛОТАЦИОННОЕ
ВЫДЕЛЕНИЕ
ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ
МАСЕЛ**

Екатеринбург
2020