НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА
НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ
Эл № ФС 77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408
электронный научно-технический журнал

# Разработка электрофлотационных аппаратов и их испытание

**# 07, июль 2012**
**DOI: 10.7463/0712.0431540**

**Ксенофонтов Б. С., Бондаренко А. В., Капитонова С. Н.**

УДК 628.349.087

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
borisflot@mail.ru
anytabond@rambler.ru
clear81@rambler.ru

Выделение биомассы микроорганизмов бессепарационными методами проще и дешевле, чем сепарационными [1]. Однако, до сих пор не отработаны бессепарационные технологии. В этой связи работы в этом направлении являются актуальными и своевременными. В предлагаемой работе проведены исследования по подбору бессепарационного способа выделения биомассы дрожжей, в частности проведена работа по электрофлотационному выделению биомассы дрожжей. Электрофлотация представляет собой разновидность флотации, при которой вынос в пену дрожжевых клеток осуществляется на пузырьках газов, получаемых при электролизе воды. Создана лабораторная установка по электрофлотационному выделению биомассы, схема которой показана на рис.1.

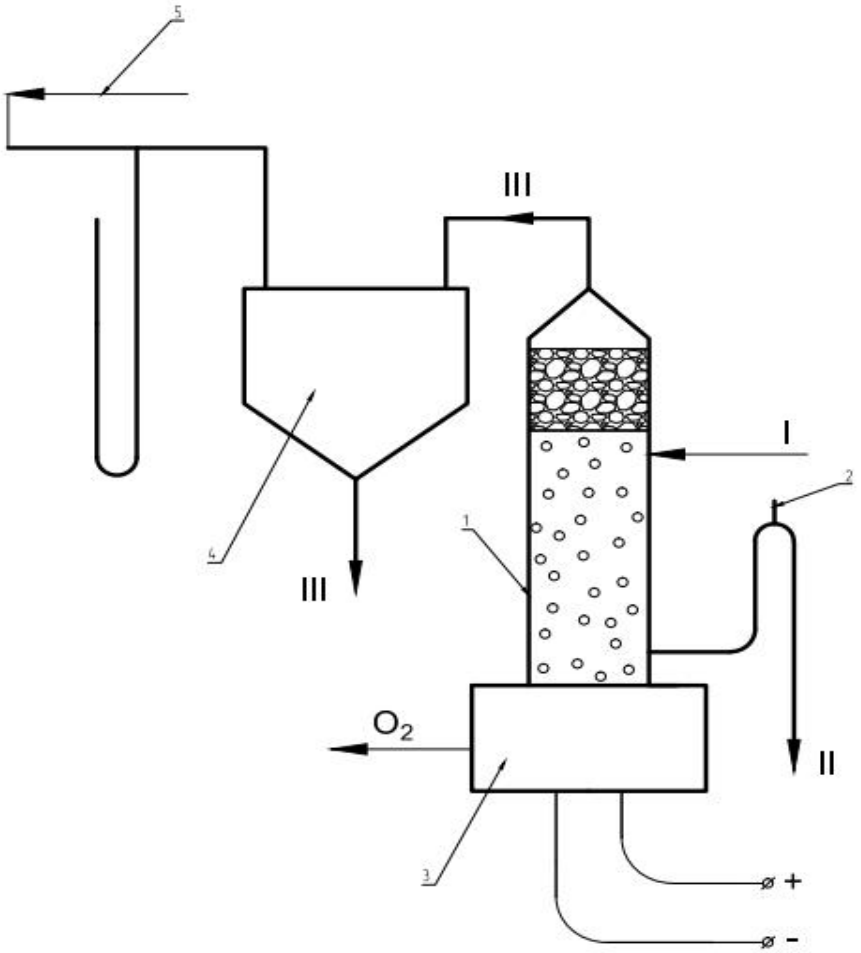


**Рис. 1. Схема электрофлотационной установки.**

Исходная жидкость подается в центральную часть электрофлотатора (1), отвод – из нижней части через гидрозатвор (2). Пузырьки газа образуются в узле электролиза (3). Верхняя часть электрофлотатора заполнена пеной, которая под действием вакуума (20÷30 мм рт. ст.) (5) – вакуум-насос, отводится в сборник пены(4),

I – исходная жидкость; II – очищенная вода; III – пенный продукт.

Предложены два варианта узла электролиза рис. 2:

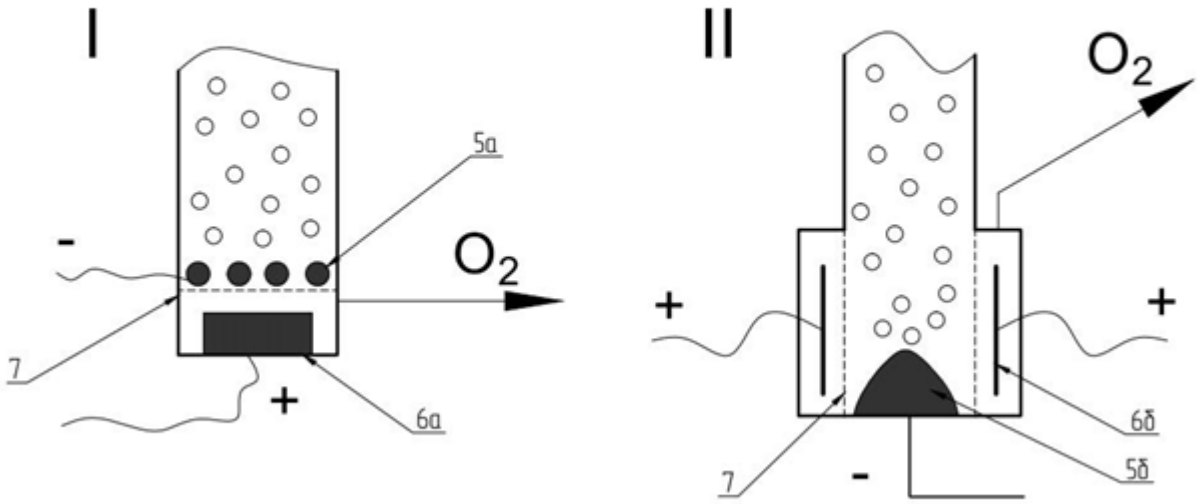


**Рис. 2. Конструкция узла электродов.**

I – с горизонтальным расположением катода (5а), выполненного в виде сетки из стальных прутков 3мм. Анод (6а) – из графита.

II – вертикальный никелевый анод (6б) и горизонтальный графитовый катод (5б).

В обоих случаях катодное и анодное пространство разделено диафрагмой (7). Анодное пространство для уменьшения сопротивления заполнено раствором электролита (NaOH). Электрофлотация происходит в анодном пространстве на пузырьках водорода. Разделение электродных пространств предотвращает создание в электрофлотаторе взрывоопасной смеси водорода и кислорода и создает возможность раздельного использования газов. На лабораторной установке получены предварительные экспериментальные данные. На рис. 3 показана зависимость концентрации биомассы выходящей из флотатора жидкости от времени пребывания жидкости в аппарате.

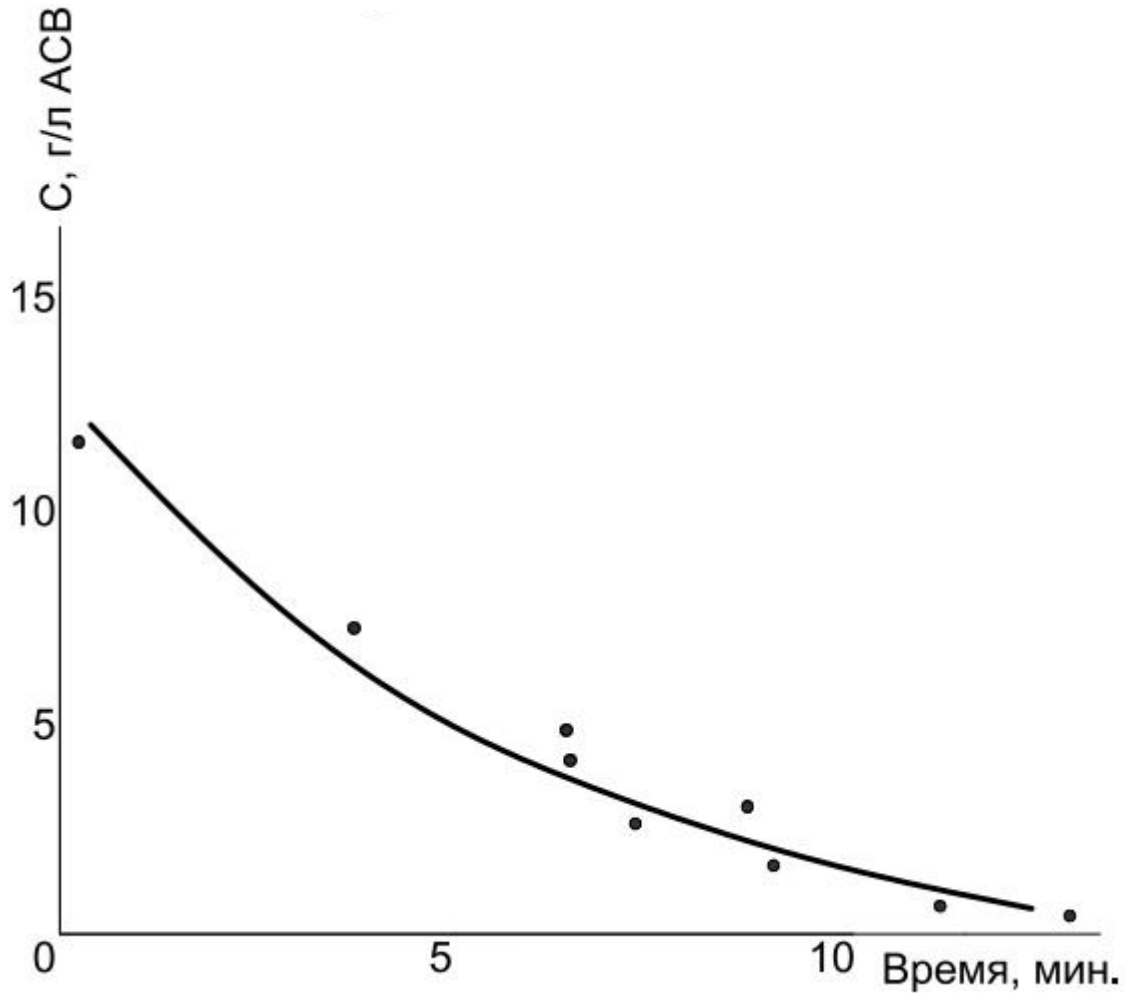


**Рис. 3. Зависимость концентрации биомассы на выходе из электрофлотатора от времени.**

Для достижения полной очистки жидкости от биомассы в данном варианте установки, необходимо время порядка 10÷12 мин. Обработка полученных данных показала, что скорость электрофлотации примерно в 2 раза превышает скорость простой флотации.

На рис. 4 приведена зависимость концентрации биомассы в пене от времени существования пены.

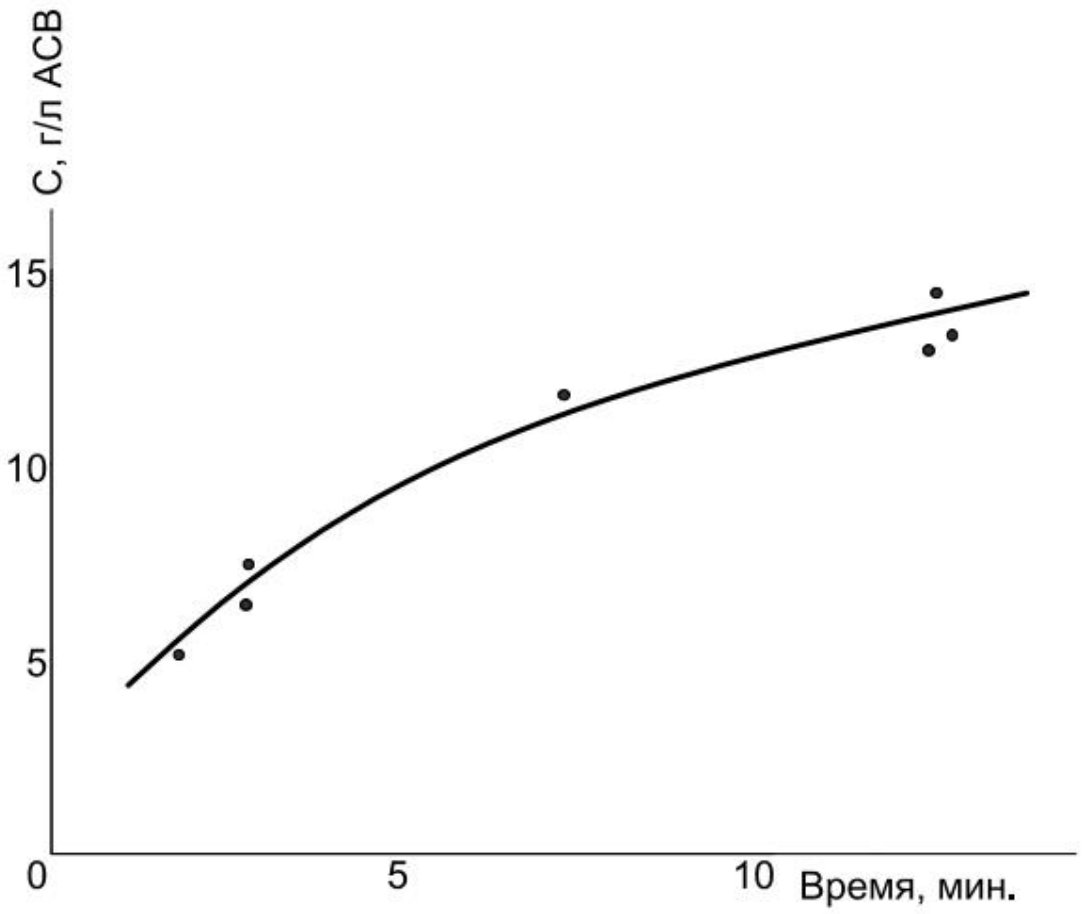


**Рис. 4. Зависимость концентрации биомассы в пене от времени (электрофлотация).**

Из кривой на рис. 3 видно, что при электрофлотационном выделении могут достигаться концентрации биомассы 125÷150 г/л АСВ.

Перспективным способом выделения биомассы из культуральной жидкости является флотация. С целью интенсификации этого процесса и достижения более стабильных результатов была создана камеральная флотационная установка с эжекционным флотатором, схема которой показана на рис. 5.

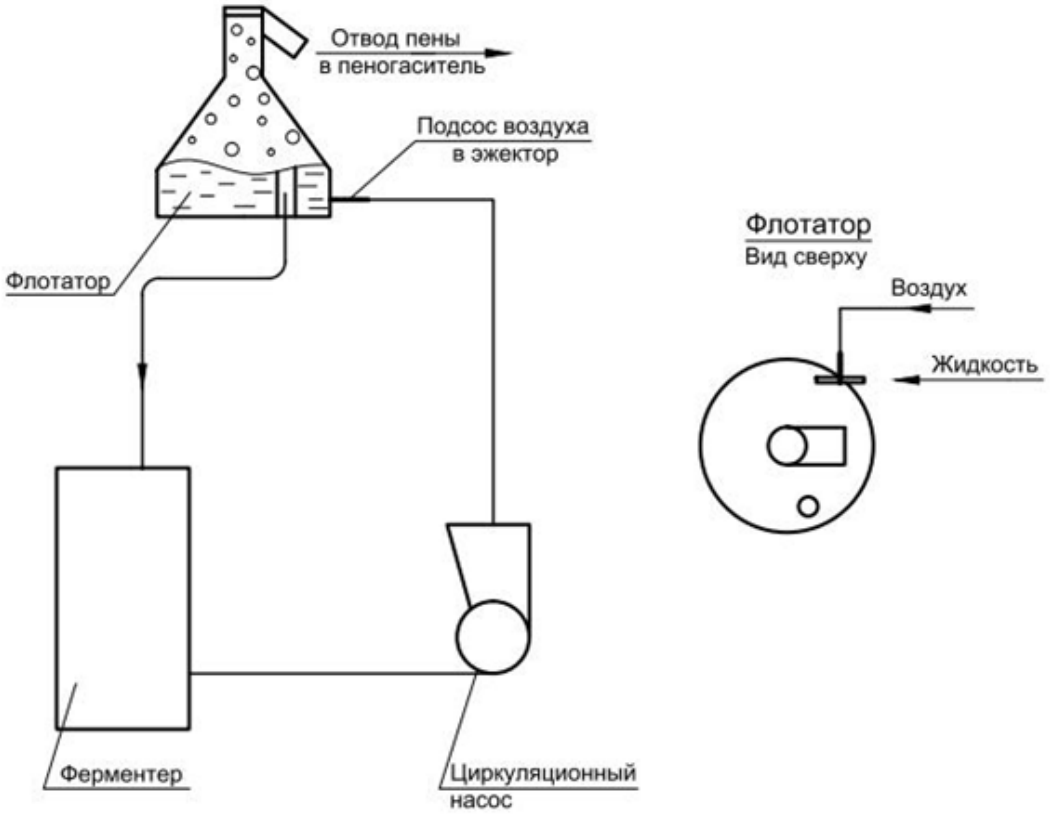


**Рис. 5. Схема флотационной установки (II)**

Через нижнюю часть флотатора осуществляется циркуляция жидкости. Воздух подсасывается через эжектор. Пена выводится через сливное устройство в верхней части флотатора. Преимуществом такого типа флотационного аппарата является образование очень мелких пузырьков воздуха.

1. Получены предварительные экспериментальные данные, показывающие возможность получения биомассы с концентрацией порядка 100 г/л.

2. Начаты работы по виброфильтрационному способу выделения биомассы.

При разделении тонких суспензий с помощью фильтрования необходимы ткани с очень мелкими ячейками, однако, опыт показывает, что такие фильтры очень быстро забиваются.

Одним из способов регенерации фильтра в процессе фильтрования явилось использование акустических колебаний.

Процесс виброфильтрации в настоящее время исследован и внедрен в производство для отделения бензина от нефтяного кокса, закалочного масла от окалины, продуктов окисления и термического разложения, молибденита от бутилацетата и спирта, очистки виноматериалов и т.п.

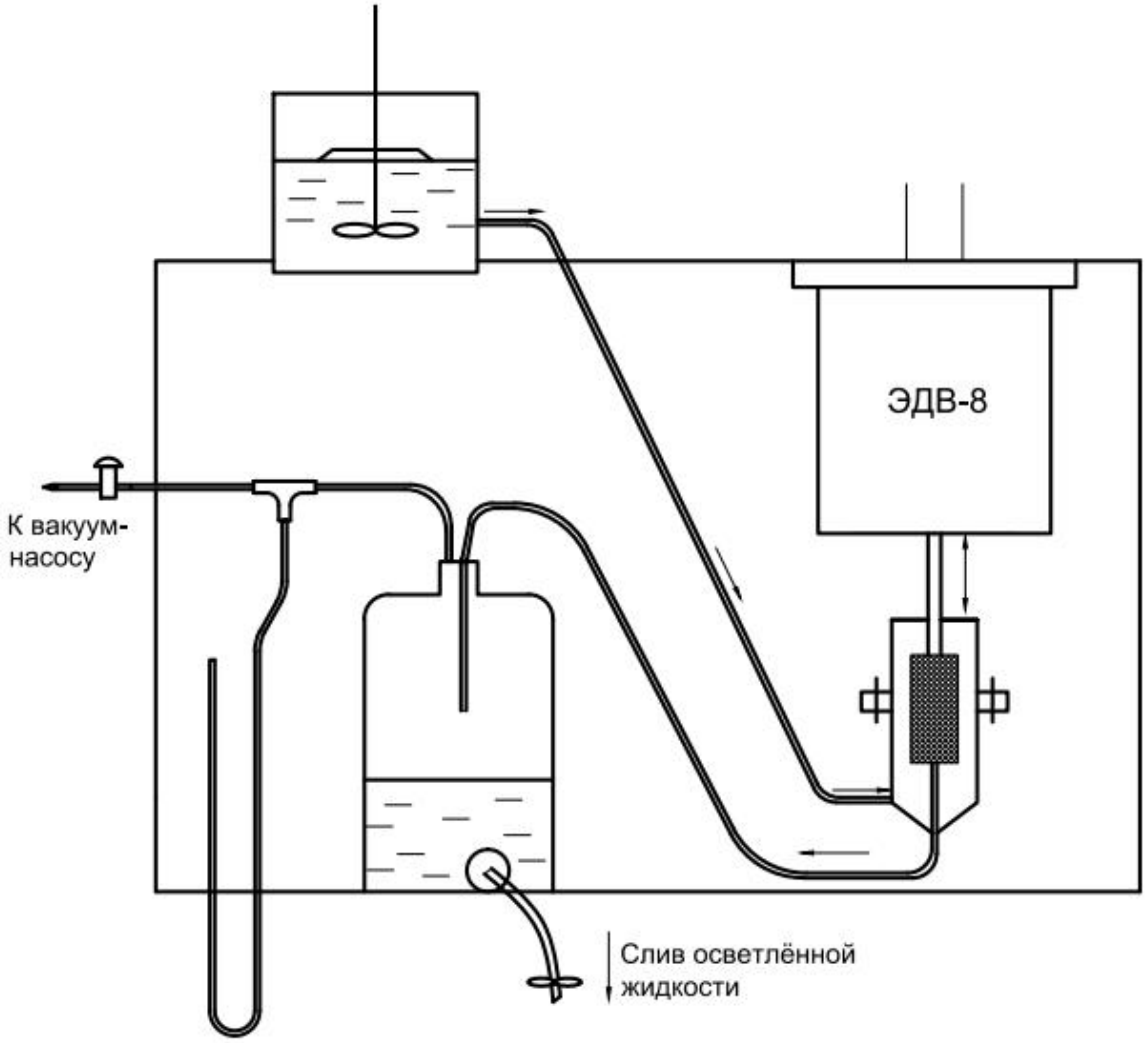


**Рис. 6. Схема экспериментальной установки для отделения биомассы методом виброфильтрации.**

Колебания передавались от звукового генератора ЗГ-10 через усилитель УМ-50 и электрохимический возбудитель ЭДВ-8 непосредственно к фильтрующему элементу.

Фильтрующий элемент – цилиндр, по образующей которого натянут фильтрующий материал. В нижнем основании цилиндра имеется мягкий шланг для отвода осветленной части жидкости.

В качестве фильтрующего материала нами последовательно были испробованы следующие материалы: полотно, бельтинг, диализаторная ткань, металлические сетки с размером ячеек 45 мм и 15 мм.

В процессе работ выяснилось, что мощность источников колебаний недостаточна для получения положительного эффекта в процессе виброфильтрации.

Для продолжения опыта потребовалась замена электродинамического вибратора на магнитострикционный преобразователь с волновым концентратором, применить более мощный генератор ЗГ-10 и усилитель ТУ-600.

Для выявления возможности очистки фильтрующей ткани с помощью колебаний проведен поисковый опыт по обработке ткани, предварительно полностью забитой биомассой в процессе фильтрации, в магнитострикционном излучателе при частоте 8 кгц. В период времени порядка 40 секунд забитая ткань полностью очищается.

Этот опыт подтверждает наши предположения о возможности разделения дрожжевой суспензии на виброфильтрах (акустических фильтрах).

1. Гидроциклоны являются наиболее простыми по конструкции и дешевыми аппаратами, использующими действие центробежной силы для разделения тонких суспензий. Они компактны, обладают высокой производительностью и несложны в эксплуатации.

Чем меньше диаметр гидроциклона, тем больше развивающиеся в нем центробежные силы и тем меньше размер отделяемых в гидроциклоне частиц.

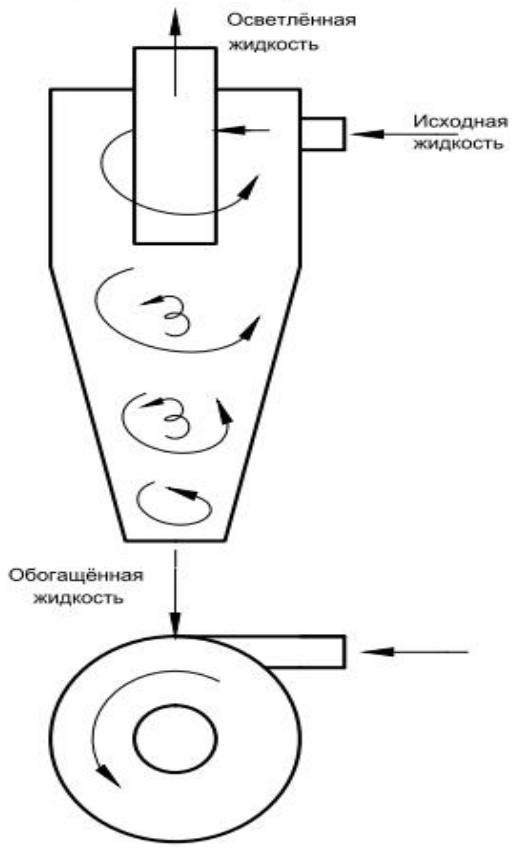


**Рис. 7. Гидроциклон.**

Используя литературные данные в своих поисковых опытах были применены гидроциклоны с диаметрами: 20,14 и 10 мм. Устройство гидроциклона показано на рис. 7.

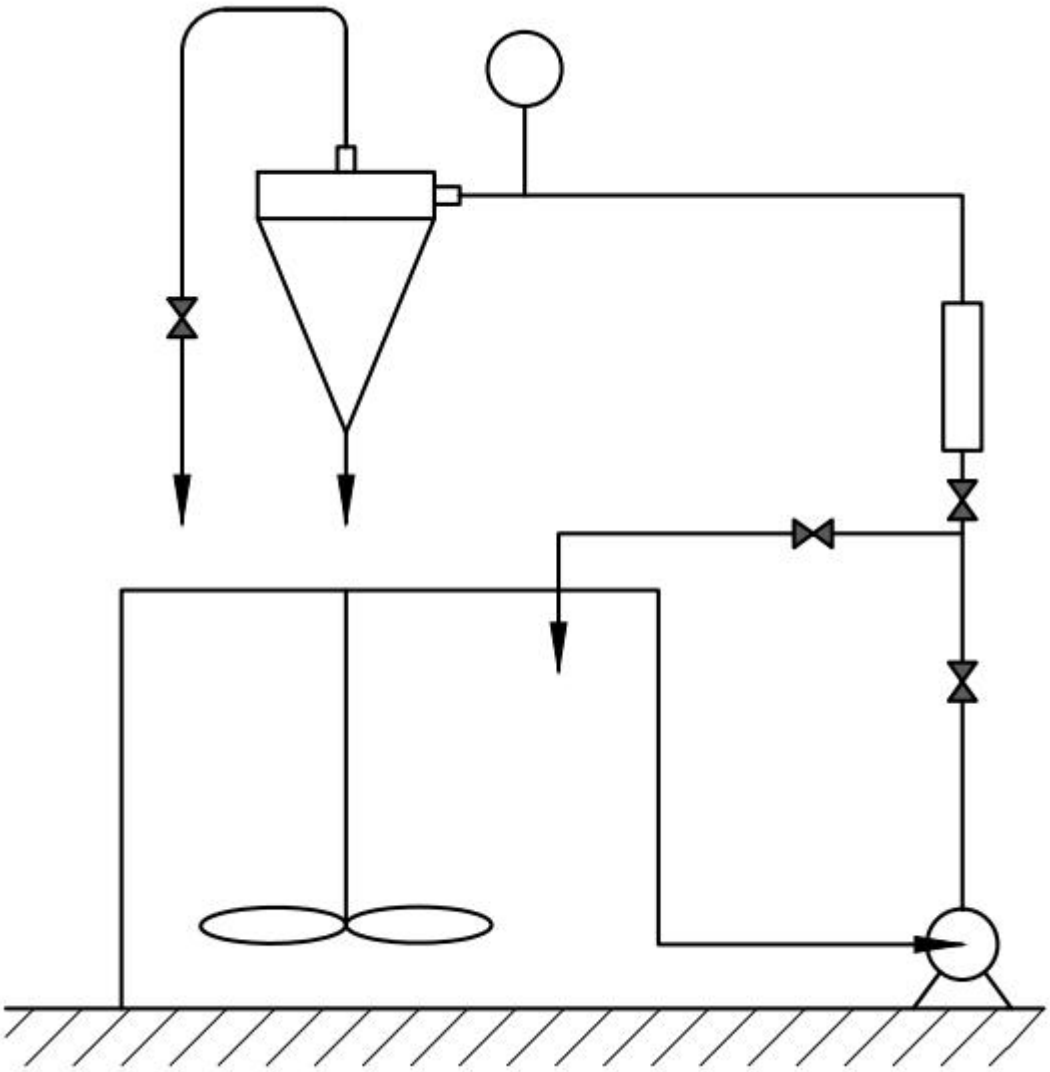

**Рис. 8. Схема экспериментальной установки по отделению биомассы с помощью гидроциклонов.**

На рис. 8 приведена схема экспериментальной установки по отделению биомассы с помощью гидроциклонов. Помимо условного диаметра гидроциклона, на процесс системы влияют: диаметры и отношения диаметров верхней и нижней насадок, угол конусности α, угол наклона оси входного отверстия и т.д.

Для получения эффекта и выявления влияния различных конструктивных параметров на процесс разделения необходимо создать давление на входе в гидроциклон порядка 6 атм.

Выбранный ранее насос 0,9В-1М при работе на биомассе не обеспечил необходимого давления. Это потребовало замены насоса на 2,5В-1,8М и усовершенствования всей системы подачи биомассы.

В результате проведенных исследований было установлено повышение степени сгущения биомассы в 3-4 раза при относительно небольших уносах биомассы с осветленной жидкостью с концентрацией микроорганизмов в пределах 2-5 % от концентрации биомассы в исходной суспензии.

Эти результаты указывают на перспективность использования бессепарационных, в том числе флотационных способов для выделения биомассы микроорганизмов.

Возможности интенсификации процесса электрофлотации связаны и в том числе с повышением эффективности очистки воды с наименьшими энергозатратами. Для достижения данной цели был предложен и запатентован электрофлотационный аппарат, который включает корпус 1, на внешней стороне которого установлены патрубок 2 для подачи части осветляемой воды и раствора реагента, патрубок 3 для подачи основной части осветляемой воды, пенный желоб 4 с патрубком 5 для отвода пенного продукта, патрубок 8 для вывода осветленной жидкости, а внутри корпуса полупогружные перегородки 6 и 15, устройство для регулирования уровня осветляемой жидкости с подводящим шлангом (трубопроводом 9), фильтр 10 с зернистой загрузкой, основная пара электродов 13 (анод) и 14 (катод) и дополнительная пара электродов 17, подключенная к источнику постоянного или переменного тока. Для удержания корпуса 1 в горизонтальном положении используются специальные опоры 16.

Принцип работы электрофлотационного аппарата состоит в следующем.

Основная часть исходной сточной воды подается для очистки через патрубок 3, а меньшая часть исходной сточной воды с раствором реагента через патрубок 2 и далее обрабатывается в зоне воздействия постоянного или переменного электрического поля в пространстве между электродами 17. Далее основной и вспомогательный потоки смешиваются в зоне расположения электродов 13 (анод) и 14 (катод), подключенных к источнику постоянного тока. В этой зоне происходит образование флотокомплексов частицы загрязнений - пузырьки электролизных газов (кислород и водород) и их отделение от осветляемой жидкости путем их всплывания и отведения через пенный желоб 4 и далее через патрубок 5. Не успевшие всплыть малые флотокомплексы удаляются при входе осветляемой жидкости в фильтр 10. Малые флотокомплексы перед входом воды в фильтр коалесцируют, объединяясь в большие, которые быстро всплывают вверх и отделяются от осветляемой жидкости. Очищенная вода по трубопроводу (шлангу) 9 через устройство регулирования уровня 7 выводится из аппарата через патрубок 8.

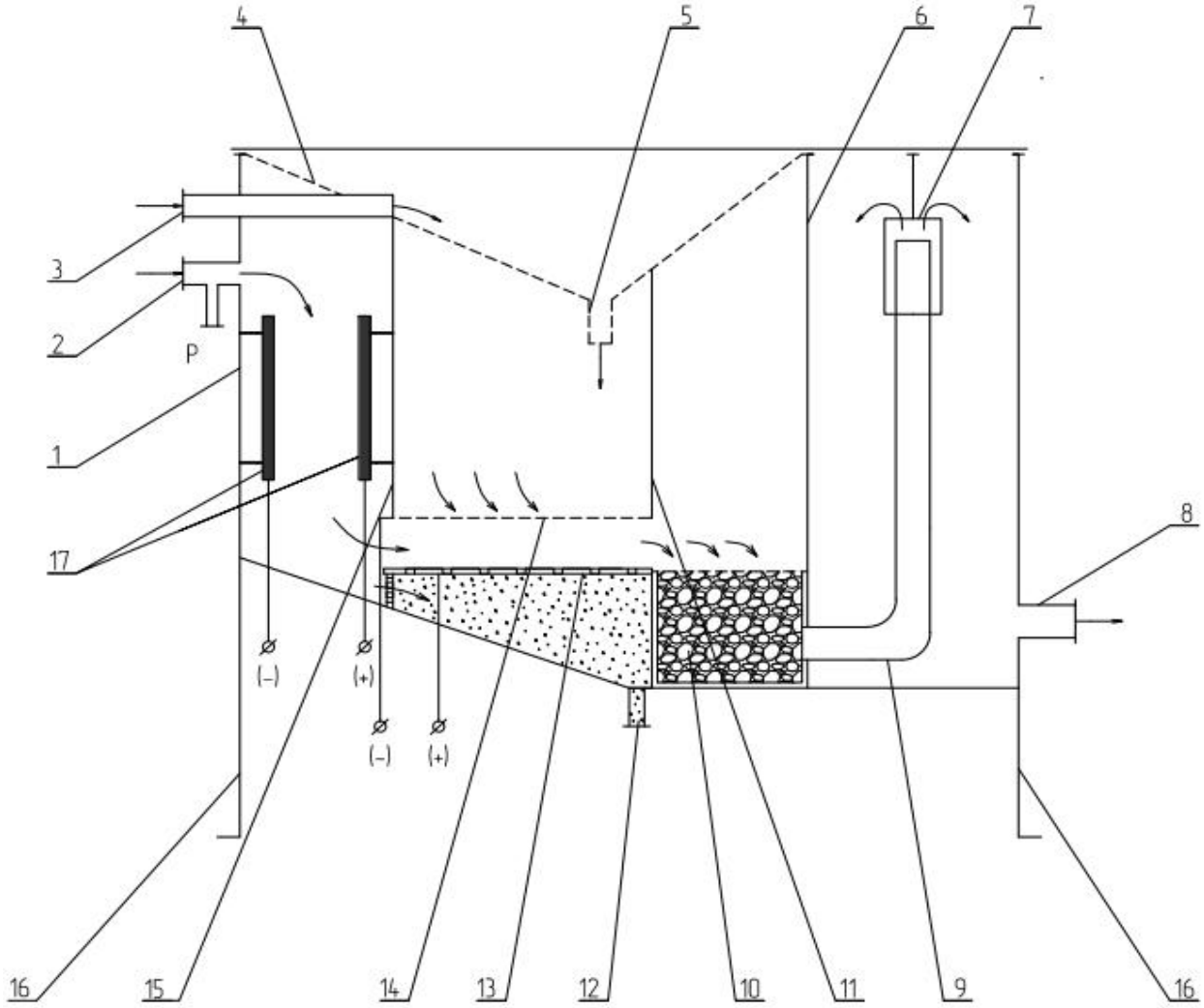


**Рис. 9. Схема электрофлотационного аппарата.**

Эффективность очистки воды в предполагаемом электрофлотационном аппарате составляет 93-99 %, а известном (аналоге) 89-90% при соответственно удельных затратах электроэнергии 0,8 – 1,4 в предполагаемом и 2,1 – 4,9 в известном.

Таким образом, использование предполагаемого электрофлотационного аппарат позволяет существенно повысить эффективность очистки воды при меньших удельных энергозатратах.

Литература

1. Ксенофонтов Б.С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков.- М.: Химия, 1992.- 144 с.
2. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы.- М.: Новые технологии, 2010.- 272 с.

3. Патент на полезную модель - 111848 РФ, МПК C02 F 1/465 U2. Электрофлотационный аппарат.// Ксенофонтов Б.С., Капитонова С.Н., Бондаренко А.В., Старостин И.И.; патентообладатель Ксенофонтов Б.С. - № 2011127516; заявл. 06.07.2011, опубл. 27.12.2011. – 2 с.
4. Ксенофонтов Б.С. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий. Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности»,2011, №3, с. 1-24.
5. Мещеряков Н.Ф. Кондиционирующие и флотационные машины и аппараты. М.: Недра, 1990.-236 с.

SCIENTIFIC PERIODICAL OF THE BAUMAN MSTU
SCIENCE and EDUCATION
EL № FS 77 - 48211. №0421200025. ISSN 1994-0408
electronic scientific and technical journal

# Development of electroflotation devices and their testing.

**# 07, July 2012**
**DOI: 10.7463/0712.0431540**

**Ksenofontov B.S., Bondarenko A.V., Kapitonova S.N.**

Russia, Bauman Moscow State Technical University
borisflot@mail.ru
anytabond@rambler.ru
clear81@rambler.ru

This paper describes researches on inseparable methods of microorganism's biomass production, particularly - yeast biomass production by electro-flotation. The obtained data show that electro-flotation rate with separation of electrode spaces is approximately twice as high as the rate of regular flotation. For intensification of regular flotation and obtaining stable results, a laboratory plant with ejection flotation was created. Such flotation plant has advantages in formation of very small air bubbles. A set of experiments was carried out to prove the possibility of yeast suspension separation with vibration filters (acoustical filters) and hydro cyclones. The obtained data show high potential of inseparable methods of microorganism's biomass production including methods based on flotation. On the basis of these results, the electro-flotation tank allowing one essentially to increase efficiency of water purification at smaller specific energy consumption was developed and patented.

**Publications with keywords:** waste water treatment, electro-flotation, electro-coagulation, inseparable methods, biomass, yeast suspension, acoustic filters, electro-flotation tank
**Publications with words:** waste water treatment, electro-flotation, electro-coagulation, inseparable methods, biomass, yeast suspension, acoustic filters, electro-flotation tank

References

1. Ksenofontov B.S. *Ochistka stochnykh vod: flotatsiia i sgushchenie osadkov* [Wastewater treatment: Flotation and condensation of the sediments]. Moscow, Khimiia Publ., 1992. 144 p.

2. Ksenofontov B.S. *Flotatsionnaia obrabotka vody, otkhodov i pochvy* [Flotation treatment of water, wastes and soil]. Moscow, Novye tekhnologii Publ., 2010. 272 p.

3. Ksenofontov B.S., Kapitonova S.N., Bondarenko A.V., Starostin I.I. *Elektroflotatsionnyi apparat* [Electroflotation unit]. Patent RF, no. 111848. Announced: Jul. 06, 2011.

4. Ksenofontov B.S. Problemy ochistki stochnykh vod promyshlennykh predpriiatii [Problems of industrial waste water treatment]. *Bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti* [Life Safety], 2011, no. 3, suppl., pp. 1-24.

5. Meshcheriakov N.F. *Konditsioniruiushchie i flotatsionnye mashiny i apparaty* [Conditioning and flotation machines and apparatus]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 236 p.