

УДК 532.528

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАВИТАТОРОВ, ОСНОВАННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ СОЗДАНИЯ КАВИТАЦИИ

Ушаков Олег Валентинович
к.с.-х.н.

РИНЦ SPIN-код= 8941-2830
e-mail: ovushakov62@mail.ru

Академии ФСИН России г Рязань Российская Федерация

Костенко Михаил Юрьевич
д.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код= 2352-0690

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

Многообразие устройств, в основе которых лежит кавитационная технология, применяемая для экстракции действующих веществ - гуминовых удобрений не имеет единых методологических или оценочных подходов определения результативности применения, что обуславливает актуальность. Сравнение кавитаторов по индивидуальным характеристикам работы является одним из доступных вариантов анализа работы кавитатора. Целью исследований является проведение сравнительного анализа качественных показателей трех видов кавитаторов с различным процессом инициации кавитации при производстве гуминовых удобрений. Объекты: технологии и технические устройства, работа которых сопровождается кавитационными явлениями. Методы: исследования проведены в производственных условиях на торфе фрезерном, соответствующим требованиям ГОСТ Р54249-2010, показатели которого приняты за 100%. Сравнительному анализу эффективности подверглись кавитатор гидродинамический много камерный (КГМ); роторно-импульсный аппарат (РИА) и ультразвуковой проточный кавитатор (УПК). Торфоводная суспензия в соотношении 3:1 (вода к торфу) из накопительной емкости подавалась на кавитатор в течении 40 минут, по замкнутому циклу. Пробы брали каждые 5 минут для определения показателей дисперсности и экстракции гуминовых веществ в режиме кавитации без щелочи и с щелочью. Сравнению подверглись следующие показатели: измельчение и экстракция гуминовых веществ, результаты. В процессе работы наиболее быстрое измельчение заметно у роторно-импульсного аппарата; полное измельчение было получено через 30 минут работы. Полностью

UDC 532.528

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

QUALITATIVE INDICATORS OF CAVITATORS BASED ON VARIOUS PRINCIPLES OF CREATING CAVITATION

Ushakov Oleg Valentinovich
Cand.Agr.Sci

RSCI SPIN-code=8941-2830
e-mail: ovushakov62@mail.ru

Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russian Federation

Kostenko Mikhail Yuryevich
Dr.Sci.Tech., associate Professor
RSCI SPIN-code= 2352-0690

Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

The variety of devices based on cavitation technology used for the extraction of active substances - humic fertilizers does not have uniform methodological or evaluation approaches to determine the effectiveness of the application, which determines the relevance. Comparison of cavitators by individual performance characteristics is one of the available options for analyzing the operation of a cavitator. The aim of the research is to conduct a comparative analysis of the qualitative indicators of three types of cavitators with a different process of initiation of cavitation in the production of humic fertilizers. Objects: technologies and technical devices whose operation is accompanied by cavitation phenomena. Methods: the research was carried out in production conditions on milling peat conforming to the requirements of GOST R54249-2010. The indicators of which are taken as 100% . A comparative analysis of the effectiveness was carried out by a hydrodynamic multi-chamber cavitator (KGM); a rotary pulse apparatus (RIA) and an ultrasonic flow cavitator (UPC). Peat slurry in a ratio of 3:1 (water to peat) from the storage tank it was fed to the cavitator for 40 minutes, in a closed cycle. Samples were taken every 5 minutes to determine the dispersion and extraction of humic substances in cavitation mode without alkali and with alkali. The following indicators were compared: Grinding and extraction of humic substances, Results. In the process of operation, the fastest grinding is noticeable in the rotary pulse apparatus, complete grinding was obtained after 30 minutes of operation. The hydrodynamic cavitator was able to completely grind peat particles in 30-35 minutes. Ultrasonic flow cavitator crushed peat in a period of 35-40minutes. The introduction of alkali did not have an effect on

измельчить частицы торфа гидродинамический кавитатор смог через 30-35 минут. Ультразвуковой проточный кавитатор измельчил торф в период 35-40 минут. Введение щелочи не оказало действия на измельчение частиц торфа, но способствовало повышению экстракции гуминовых кислот в раствор. К окончанию цикла измельчения (15-20 минут работы установки) в варианте с КГМ было вымыто 10,01 гр/л., Роторно – импульсный аппарат вымыл 9,00 гр/л. Ультразвуковой кавитатор позволил извлечь 8,08 гр/л. Введение щелочи значительно усилило процесс экстракции, позволив через 5 минут работы установки после введения щелочи почти вдвое увеличить содержание гуминовых кислот в растворе. Так, КГМ на 25 минуте работы показал результат в 17,00 гр/л (прибавка по сравнению с уровнем до введения щелочи 11,00 гр/л). РИА показал прибавку гуминовых кислот по сравнению с экстракцией без щелочи на 7,01 гр/л. В варианте с УПК вводимая щелочь увеличила выход гуминовых кислот на 5 гр./л.. В целом к периоду времени 30-35 минут экстракция гуминовых кислот была завершена на всех вариантах

Ключевые слова: КАВИТАТОР, КАВИТАЦИЯ, РОТОРНО-ИМПУЛЬСНЫЙ АППАРАТ, ПРОТОЧНЫЙ КАВИТАТОР, АКУСТИЧЕСКИЙ КАВИТАТОР

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-026>

the grinding of peat particles, but contributed to an increase in the extraction of humic acids into the solution. By the end of the grinding cycle (15-20 minutes of installation operation) in the variant with KGM, 10.01g/ l was washed. The rotary pulse unit washed 9.00g/l. The ultrasonic cavitator made it possible to extract 8.08g/l. Introduction alkalis significantly enhanced the extraction process allowing after 5 minutes of operation of the unit after the introduction of alkali, almost double the content of humic acids in the solution. So, KGM at the 25th minute of work showed a result of 17.00g / l (an increase compared to the level before the introduction of alkali of 11.00g / l). RIA showed an increase in humic acids compared to the extraction without alkali by 7.01g/l. In the version with the CPC, the introduced alkali increased the yield of humic acids by 5 g/l.. In general, by the time period of 30-35 minutes, the extraction of humic acids was completed on all variants

Keywords: CAVITATOR, CAVITATION, ROTARY PULSE APPARATUS, FLOW CAVITATOR, ACOUSTIC CAVITATOR

Введение

На сегодняшний день одним из трендов производства гуминовых удобрений является интенсификация производственного процесса с применением оборудования - кавитатора, в основе которого заложен процесс кавитации. Кавитация – это физический процесс образования пустот в жидкости в следствие локального понижения давления [1,2]. Чаще всего активация процессов по средствам кавитации применяется в гетерогенных технологических системах, а также для усиления процессов, происходящих в них. Это вызвано тем, что диффузионные ограничения в гетерогенных системах на основе гуминосодержащего сырья и воды сказываются на длительности и динамике процессов, определяют объемы и качественные показатели целевых продуктов.

<http://ej.kubagro.ru/2023/10/pdf/26.pdf>

Принцип получения кавитации в данных устройствах может быть различен: 1) акустический способ формирования кавитации основан на формировании акустических колебаний в жидкости; 2) гидродинамический способ наблюдается при перепаде давления в жидкости. [3,5]

Производительность технологических линий, а так же эффективность кавитационной обработки многофазных дисперсных гетерогенных сред зависит от многих параметров, таких, как среда (плотность компонентов, вязкость давление в системе) источник кавитации (гидродинамический или акустический) или например от наличие в среде микропузырьков воздуха (газа) и т.д. [2,4]

Получаемые эффекты от кавитационного воздействия на обрабатываемую гетерогенную среду, а так же варианты компоновки и применения кавитаторов в составе технологического оборудования или линий не позволяет применять единый объективный подход для оценке результатов воздействия и производительности, по этому актуальным становится вопрос сопоставления работы кавитаторов на основе сравнения индивидуальных для технологической операции показателей и характеристик.

Целью исследований: является проведение анализа качественных показателей работы кавитаторов с различным процессом инициации кавитации при производстве гуминовых удобрений.

Объекты: технологии, и технические устройства при работе которых имеются режимы течения многофазных сред, сопровождающиеся кавитационными явлениями. **Задачи данного исследования:**

- обзор кавитаторов;
- анализ и сравнение качественных показателей работы кавитаторов при экспериментальных исследованиях.

В настоящее время в промышленности применяются различные типы кавитаторов, но при производстве гуминовых удобрений чаще всего применяют роторно – импульсные и гидродинамические кавитаторы.

Роторно-импульсные аппараты (РИА) предназначены для обработки смесей жидкостей, паст и суспензий. Рисунок 1 Данное оборудование в силу специфики и гетерогенной системы (многокомпонентность фаз системы с различными характеристиками, например, по вязкости) применяют при циркуляции рабочей среды – гетерогенной системы по замкнутому контуру «емкость - РИА». [3,4,5]

При прохождении рабочей жидкой системы, находящейся в системе под давлением сквозь отверстия в вращающемся роторе и статоре происходит процесс кавитации. При чередовании этапов совмещения и расхождения профильных отверстий в пространстве между ротором и статором, чередуются этапы низкого и повышенного давления. В результате перепад давления генерирует процесс образования кавитационных полостей.

Необходимо отметить, что есть конструкции, в которых отверстия на роторе и статоре заменены выточенными каналами на торцевых поверхностях дисков. [3,4,5] Выраженный эффект при работе РИА, – гомогенизация, что часто применяется для обработки эмульсий или суспензий. Недостатком таких конструкций можно назвать недостаточное давление на входе в систему в связи, с чем в ряде случаев наблюдается механическое измельчение (перетирание) суспензий и эмульсий.

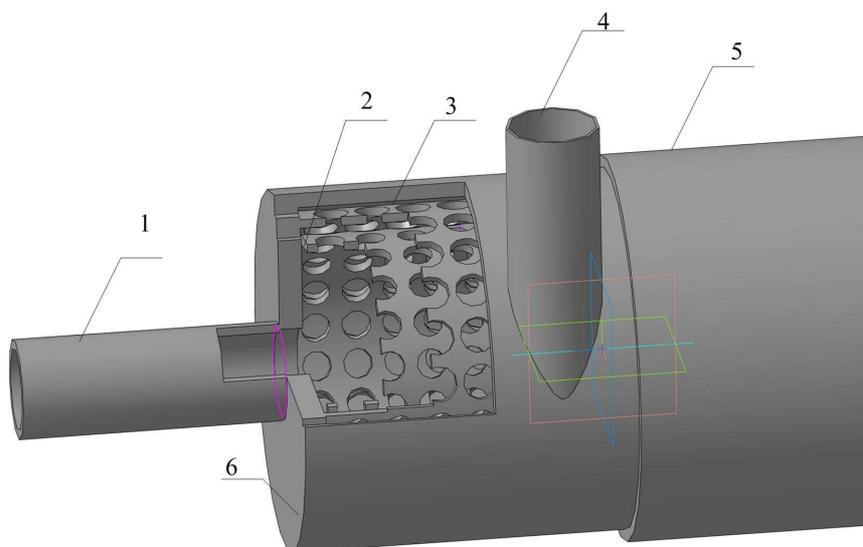
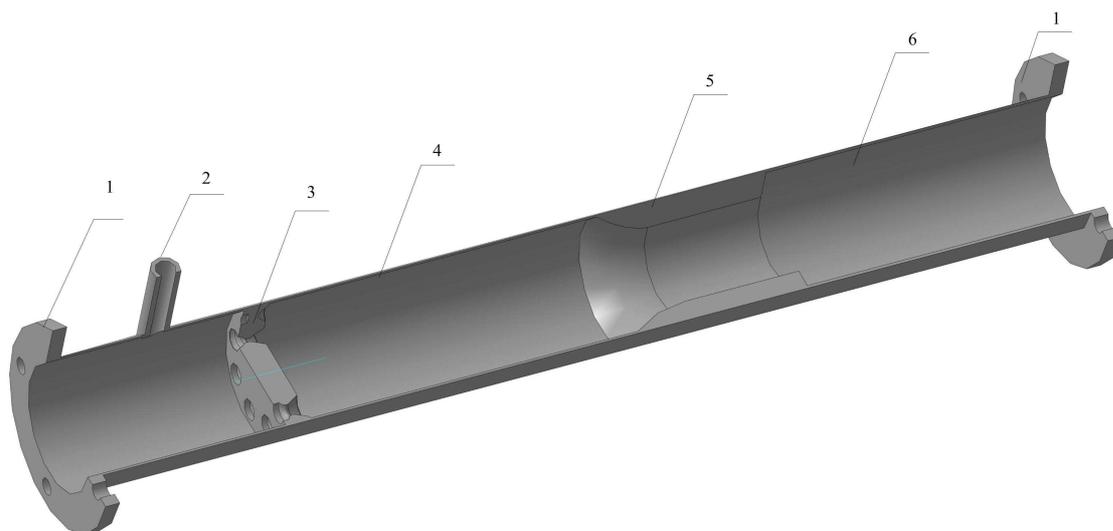


Рисунок 1 – Схема роторно-импульсного аппарата 1-всасывающий патрубок; 2-ротор аппарата; 3-перфорированный статор; 4-выходной патрубок; 5 двигатель установки; 6-корпус аппарата.

Второй группой кавитаторов являются статические проточные кавитаторы которые применяют в проточных линиях и позволяют провести обработку за один цикл обработки [5] . В проточном кавитаторе воздействие на жидкости или суспензию оказывается в следствие образования кавитационных полостей при выполнении условия, при котором скорость течения рабочей среды, значительно превышает скорость звука в рабочих зонах проточного кавитатора.

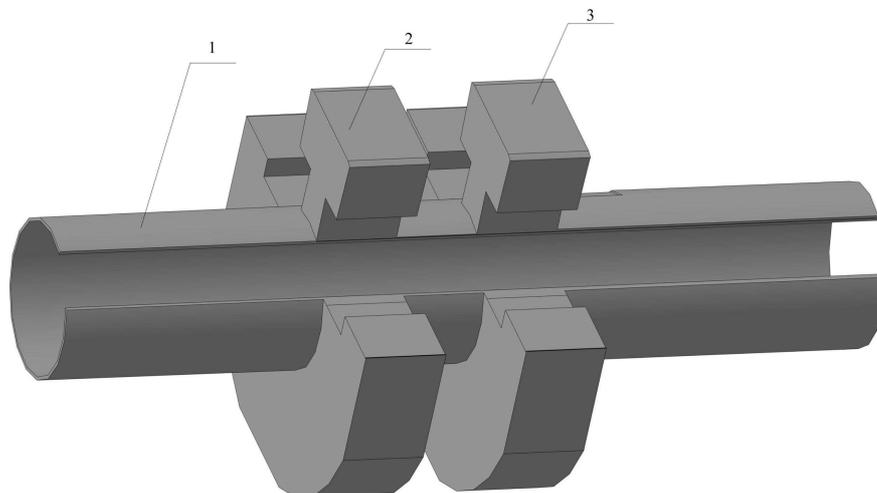
Данный тип кавитаторов, представляют из себя цилиндрической формы трубу с одной или с несколькими внутренними перегородками формирующие камеры. В перегородках формируют одно или несколько отверстий (каналов), с заданным профилем (близкое к профилю сопла Лаваля) которые распределены на поверхности внутренней перегородки (рисунок 5). Рабочих камер может быть несколько.



При движении суспензии через отверстия в перегородке непосредственно в потоке создаются условия для различных завихрений и появления кавитационных каверн (разрывов сплошности суспензии). В следствии дальнейшего движения возникает отрыв ядра кавитационной каверны, с перемещением ее в следующую камеру, в которой заканчиваются этапы кавитационного процесса. Кавитация воздействует на рабочую среду способствуют интенсивному измельчению, гомогенизации, удалению пограничных слоев, разделяющих среду и частицы. Описываемые эффекты происходят при давлении 10 бар и выше.[1,2,5]

Одним из источников возникновения кавитации может являться акустическое воздействие на среду. Наиболее часто используемым генератором акустических колебаний является пьезоизлучатель, работающий в ультразвуковом диапазоне (рисунок б). Применяя данное устройство доступно два базовых режима проточный и статический режим (с установкой пьезоизлучателя на емкость). Пьезоизлучатель, как генератор кавитационных процессов представляет большой интерес так, как может позволяет регулировать акустическое воздействие с разной интенсивностью и регулировкой частоты. При это высокие частоты способствуют образованию зародышей каверны с минимальными

размерами, с дальнейшим увеличением под воздействием низкочастотного излучателя.



1 - проточная труба; 2 - блок пьезоизлучателей в кожухе; 3 - ряд пьезоизлучателей в кожухе

Рисунок 6 – Ультразвуковой кавитатор.

Методика проведения исследований:

Сравнительному анализу эффективности подверглись кавитатор гидродинамический много камерный (КГМ); роторно-импульсный аппарат (РИА) и ультразвуковой проточный кавитатор (УПК).

Методика проведения исследований:

Сравнительному анализу эффективности подверглись кавитатор гидродинамический много камерный (КГМ); роторно-импульсный аппарат (РИА) и ультразвуковой проточный кавитатор (УПК).

КГМ испытывали на базе ООО «РОСТПРОДУКТАГРО» в период с 2014 по 2018г на сырье: торф низинный, свойства которого приведены в таблице 5. Данный кавитатор работал с центробежным насосом. Насос и кавитатор были объединены в один узел, соединялись с емкостью на 1 тонну

и фильтровальной установкой, что позволяло работать, как в проточном режиме, так и в замкнутом: «емкость - насос – кавитатор - емкость».

Таблица 2 – Технические характеристики:

Показатель	Насос	Кавитатор
Тип и подключение	Центробежный S45 400В 50Гц	Проточный гидродинамический
	Труба 1½ дюйма – DN 40	
Условия эксплуатации кл.	3	
Самовсасывание, м	5	
Мощность, кВт	2,2	
Максимальный размер частиц, мм	12-14x19	
Производительность, м ³ /ч	1,5	

РИА испытывали в ФГБНУ ВНИИМС в период 2015-2016г. В качестве сырья использовали торф низинный фрезерный (таблица 2).

Таблица 3 – Технические характеристики Роторно – импульсного аппарата

Показатель	Описание
Материал камеры	Нержавеющая сталь
Материал торцевого уплотнения	EPDM
Тип	Диспергатор
Производительность, м ³ /час	1,5
Напор, м.	10
Температура перекачиваемой жидкости	до 120 °С
Диаметр входного патрубка	DN50
Диаметр выходного патрубка	DN40
Напряжение питания В	380
Мощность кВт	4
Частота вращения об/мин	2950
Тип уплотнение	Двойное торцевое уплотнение
Габаритные размеры, мм.	580x320x365
Масса, кг.	41
Страна-производитель	Россия
Центробежный насос	Материал корпуса – чугун Крыльчатка- чугун
Самовсасывание, м.	До 2
Мощность кВт	1,1
Условия эксплуатации, кл.	3

РИА соединялся с емкостью на 0,5 тонны и фильтровальной установкой. В следствии нехватки давления на входе в РИА был установлен дополнительный центробежный насос в разрыв между емкостью и роторно-импульсным аппаратом.

УПК (ООО «MAXIMUMPRO» г.Рязань 2019г) состоит из нескольких блоков: насос для перекачивания суспензии, труба с закрепленными на ней пьезоизлучателями в количестве 12 штук, камеры разветвленной кавитации и камеры гашения, блока управления и синхронизации и генератора импульсов. Конструкцию с пьезоизлучателями жестко крепили к трубе и раме установки для производства гуминовых удобрений. Технические характеристики ультразвуковой установки следующие: рабочая частота от 20 до 25кГц (23кГц, диапазон удержания ± 2 кГц.) мощность 1,3кВт. с регулировкой от 5 до 100% выходной мощности. Совокупный диаметр излучающей поверхности 144мм². Для прокачивания суспензии через излучатель применялся центробежный насос (мощностью 1,2кВт, кл.3 производительность 1,3 м³/ч).

Во всех проведенных исследованиях эксперименты ставили на одинаковой сборке оборудования: основная емкость с суспензией оборудованной запорной арматурой, насосом с кавитатором (различного типа). На емкости был предусмотрен тангенциальный вход и выход для закручивания суспензии и возвратный патрубок, оборудованный запорной арматурой для переключения направления движения суспензии между основной емкостью и фильтрами

Показатели качества применяемого фрезерного торфа соответствовали по всем характеристикам требованиям ГОСТ Р54249-2010

Режим работы установок был одинаков: суспензия в соотношении 1:3 (торф : вода) в объеме 500 литров заливали в емкость после чего начинали прокачивать суспензию через кавитатор.

Предварительно из суспензии удаляли песок и тяжелые механические примеси с помощью предварительного замачивания. [9,10].

После 20 минут работы кавитатора добавляли щелочь (1% раствор NaOH). Введение щелочи проводилось, в ручную, заранее отмеренное количества

калийной щелочи всыпали в емкость с тофо-водной суспензией. После добавления щелочи суспензия продолжала циркулировать через кавитатор еще 20 минут. Далее процесс экстракции заканчивался, и суспензия подавалась на фильтрацию.

Образцы для анализа отбирались каждые 5 минут времени работы установок. Основные анализируемые показатели:

1. Дисперсность - размер частиц торфа (Измеряли ситовым методом. Образец объемом 20мл разбавляли водой до 100мл и пропускали через сита марки П120 с номинальной тонкостью фильтрации 100-120мкм. Просев и отсев, высушивали измеряли массу и рассчитывали соотношение в процентах.)
2. Содержание гуминовых и фульвовых кислот, экстрагируемых без введения щелочи (только при кавитационном воздействии) и с введением щелочи (Методика по ГОСТ 9517-94 «Топливо твердое методы определения выхода гуминовых кислот».)

Для оценки объема содержания гуминовых и фульвовых кислот в торфе были заранее проведены анализы по методике определения указанной в ГОСТ 9517-94 (для определения выхода свободных гуминовых кислот). В образце массой 1 кг содержится 34% гуминовых кислот при приведении в соотношение 1:3 с водой даст, примерно, 22,6 гр/л гуминовых кислот (35%-25,6гр/л. 39% -28,6гр/л). Данный результат принимался за 100% и с ним сравнивался выход гуминовых кислот после проведения экстракции с применением щелочи и кавитации в отфильтрованной части.

Результаты исследования:

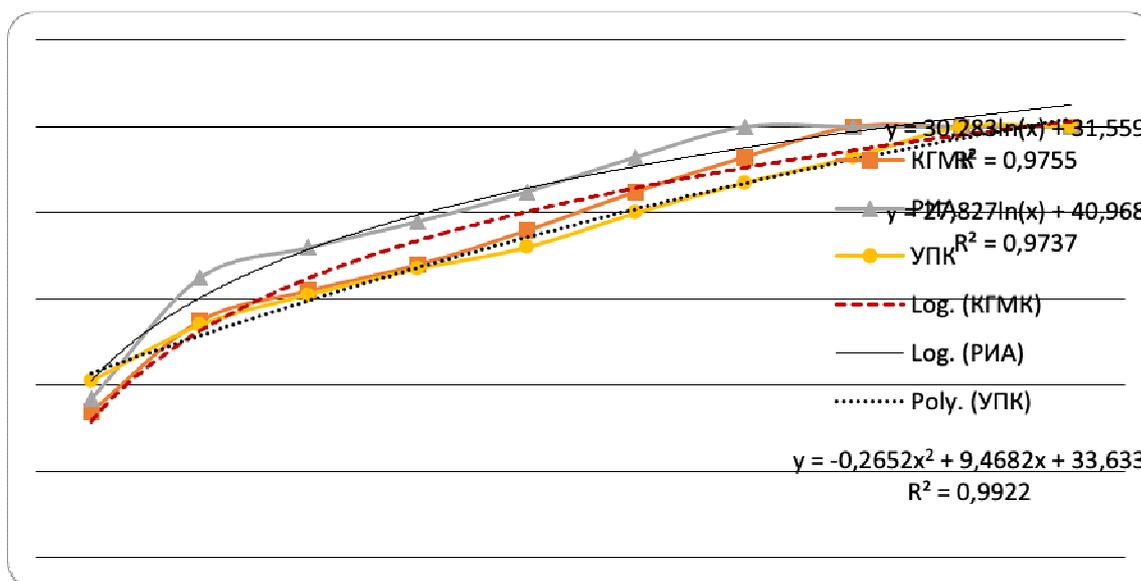
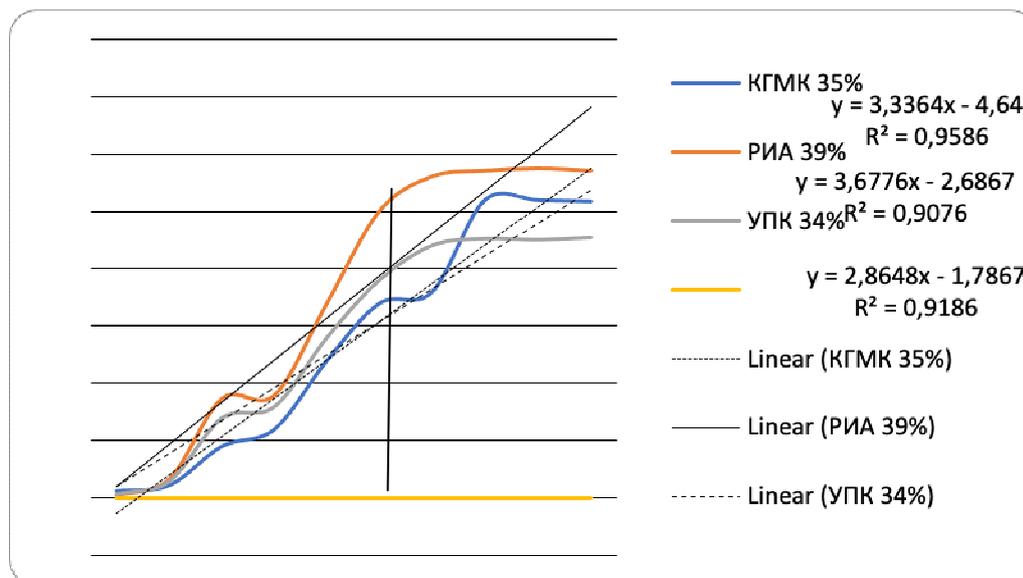


Рисунок 8 – Дисперсность торфо-водной суспензии в зависимости от продолжительности кавитации.

Из рисунка 8 видно, что образцы, поступившие на исследования, были приблизительно равные по размеру частиц. В процессе работы наиболее быстрое измельчение заметно у роторно-импульсного аппарата. Полное измельчение было получено через 30 минут работы. Полностью измельчить частицы торфа гидродинамический кавитатор смог через 30-35 минут. Ультразвуковой проточный кавитатор измельчил торф через 35-40 минут.

Введение щелочи не оказало действия на измельчение частиц торфа, но способствовало повышению экстракции гуминовых кислот в раствор.



Вертикальная линия разделяет полученные значения до введения щелочи и после введения щелочи

Рисунок 9 – Экстракция гуминовых кислот из торфо-водной суспензии под действием кавитации и щелочи вводимой на 20-ой минуте работы системы

Во время работы установок под действием кавитации происходит не только измельчение частичек торфа, или физико-химические процессы воды, но и процессы, способствующие вымыванию гуминовых кислот из торфа. К окончанию цикла измельчения (15-20 минут работы установки) в варианте с КГМ было вымыто 8гр/л., что составляет 23% от всего содержания гуминовых кислот в 1 литре суспензии. Роторно-импульсный аппарат вымыл 9гр/л что равняется 31% от содержания гуминовых кислот в 1 литре суспензии.

Ультразвуковой кавитатор позволил извлечь 8гр/л, что приблизительно составляет 35%. от содержания гуминовых кислот в 1 литре суспензии.

Введение щелочи значительно усилило процесс экстракции позволив через 5 минут работы установки после введения щелочи почти вдвое увеличить содержание гуминовых кислот в растворе. Так КГМ на 25 минуте работы показал результат в 17гр/л (прибавка по сравнению с уровнем до введения

щелочи 11гр/л или приблизительно на 43% больше по сравнению с результатом к окончанию цикла измельчения (до введения щелочи)). РИА показал прибавку гуминовых кислот по сравнению с экстракцией без щелочи на 7гр/л или в суммарно извлечь 55,9% всех гуминовых кислот. В варианте с УПК вводимая щелочь увеличила выход гуминовых кислот на 22%.

В целом к периоду времени 30-35минут экстракция гуминовых кислот была завершена на всех вариантах.

Выводы:

КГМ показал один из самых лучших приемлемых результатов, как по времени на измельчение торфо-водной суспензии и экстракции гуминовых веществ, так и эксплуатационным показателям.

Стоит отметить, что в РИА есть трудности в определении наличия кавитации. Рабочие органы аппарата движущиеся (ротор в установке) и измельчение может происходить от перетирания суспензии между ротором и статором установки. Механическое перетирание между статором и ротором приводит к истиранию рабочих органов аппарата, что приводит не только к истончению и изменению геометрических размеров системы, но и обогащению гуминового раствора частичками металлов и их солей от взаимодействия с гуминовыми и фульвовыми кислотами В УПК есть сложности в настройке оборудования и поиске «золотой середины» при которой поток суспензии проходит через акустическое поле, а не срывает его.

Необходимо отметить низкую изученность процессов, происходящих при кавитации и динамику изменения свойств воды во время кавитации и после нее. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки объективных средств контроля кавитационного процесса в системах.

Список литературы:

1. Рождественский, В. В. Кавитация [Текст] : [Учеб. пособие для вузов по специальности "Гидроаэродинамика"] / В.В. Рождественский. - Ленинград : Судостроение, 1977. - 247 с. : ил.; 22 см.
2. Пирсол, И. Кавитация [Текст] / Перевод с англ. канд. физ.-мат. наук Ю. Ф. Журавлева ; Под ред., с предисл. и доп. д-ра техн. наук, проф. Л. А. Эпштейна. - Москва : Мир, 1975. - 94 с. : ил.; 20 см. - (В мире науки и техники).
3. Промтов, М. А. Критериальные зависимости для расчета процесса экстрагирования гуминовых кислот из торфа и биогумуса в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, А. Ю. Степанов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 263-274. – DOI 10.17277/vestnik.2021.02.pp.263-274. – EDN DMVEKD.
4. Промтов, М. А. Кинетика совмещенных процессов диспергирования и экстракции гуминовых и фульвовых кислот из торфа и биогумуса в роторном импульсном аппарате / М. А. Промтов, А. Ю. Степанов // Химия растительного сырья. – 2019. – № 2. – С. 261-269. – DOI 10.14258/jcprm.2019024536. – EDN UDWWWD.
5. Ушаков, О. В. Снижение абразивного износа на технологических линиях по производству гуминовых препаратов из торфа / О. В. Ушаков, В. М. Соколин, М. Ю. Костенко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 1(29). – С. 86-90. – EDN WYBVGF.

References

1. Rozhdestvenskij, V. V. Kavitaciya [Tekst] : [Ucheb. posobie dlya vuzov po special'nosti "Gidroaerodinamika"] / V.V. Rozhdestvenskij. - Leningrad : Sudostroenie, 1977. - 247 s. : il.; 22 sm.
2. Pirsol, I. Kavitaciya [Tekst] / Perevod s angl. kand. fiz.-mat. nauk Yu. F. Zhuravleva ; Pod red., s predisl. i dop. d-ra texn. nauk, prof. L. A. E`pshtejna. - Moskva : Mir, 1975. - 94 s. : il.; 20 sm. - (V mire nauki i texniki).
3. Promtov, M. A. Kriteriаль`ny`e zavisimosti dlya rascheta processa e`kstragirovaniya guminovy`x kislot iz torfa i biogumusa v rotnom impul`snom apparate / M. A. Promtov, A. Yu. Stepanov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 263-274. – DOI 10.17277/vestnik.2021.02.pp.263-274. – EDN DMVEKD.
4. Promtov, M. A. Kinetika sovmeshenny`x processov dispergirovaniya i e`kstrakcii guminovy`x i ful`vovy`x kislot iz torfa i biogumusa v rotnom impul`snom apparate / M. A. Promtov, A. Yu. Stepanov // Ximiya rastitel`nogo sy`r`ya. – 2019. – № 2. – С. 261-269. – DOI 10.14258/jcprm.2019024536. – EDN UDWWWD.
5. Ushakov, O. V. Snizhenie abrazivnogo iznosa na texnologicheskix liniyax po proizvodstvu guminovy`x preparatov iz torfa / O. V. Ushakov, V. M. Sokolin, M. Yu. Kostenko // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P.A. Kosty`cheva. – 2016. – № 1(29). – С. 86-90. – EDN WYBVGF.