

УДК 614.8:504

Проблема загрязнения окружающей среды при производстве сырого кукурузного крахмала

Низова Е.С., Серeda С.Н.

Цель работы заключается в разработке практических рекомендаций по улучшению ситуации в системе водоотведения цеха по производству сырого кукурузного крахмала на ОАО КПЗ «Новлянский». Обоснование необходимости эффективного управления природоохранной деятельностью основано на неудовлетворительной оценке качества сточной воды, отобранной при проведении экологического исследования, и экономической нецелесообразности проведения производственных операций по схеме открытого технологического процесса. Предлагается техническое оснащение, позволяющее замкнуть технологический цикл по процессовой воде (глютеновая суспензия), и получить безстоковую схему переработки кукурузного зерна, обеспечивающее тем самым снижение негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов на уровень безопасности в окружающей среде. Основным составным элементом будет служить флотационная машина, позволяющая выделить из глютеновой суспензии взвешенные белковые вещества. Предлагаемая технология напорной флотации будет работать без реагентов и является безотходной, поскольку выделенный пенный слой в процессе его переработки является высокобелковым растительное сырьем – глютеном, применяемый как ценный компонент кукурузных кормов.

Ключевые слова: замкнутая система, глютеновая суспензия, напорная флотация.

The problem of environmental pollution in the process of raw corn starch manufacturing

Nizova E.S., Sereda S.N.

The paper aims at working out a number of practical recommendations for possible improvements in the raw corn starch shop wastewater system of "Novlyansky" public company. The statement of need for the effective environmental management is based on poor quality assessment of wastewater collected in the course of environmental studies and economical production inexpediency according to the open cycle technological schedule. The paper suggests using technical equipment intended to close the technological cycle for the processed water (gluten suspension) and to seek for non-wastewater corn grain processing, thereby reducing the negative impact of hazardous and harmful factors on the environmental security level. A flotation machine designed to extract suspended protein substances out of gluten suspension is to serve as the basic component of the equipment. The pressure flotation technology under study will require no chemical agents. It is a non-waste process as the extracted foam layer is gluten which is a high protein vegetable stock used as a valuable component of feed corn.

Keywords: a loop system, gluten suspension, pressure flotation.

Введение

Любая производственная деятельность сопровождается воздействием на окружающую среду. Технологический процесс получения сырого кукурузного крахмала из крахмалосодержащего сырья характеризуется образованием большого объема сточных вод, имеющих высокую степень загрязненности, преимущественно органическими примесями. Проблема рационального использования воды в цехе по

производству сырого кукурузного крахмала ОАО КПЗ «Новлянский» до настоящего времени до конца не решена. Проведение технологических операций сопровождается образованием сточных вод, направленных на очистные сооружения биологической очистки, в ходе экологического исследования которых выявлена крайне низкая эффективность очистки поступающих производственных стоков. Происходит сброс слабо очищенных вод,

загрязняющие вещества которых вызывают серьезные нарушения в водных экосистемах, в результате которого цех по производству сырого кукурузного крахмала является источником загрязнения поверхностных вод. Дальнейшее продолжение этого процесса будет усиливать нежелательную тенденцию роста экологической опасности.

На сегодняшний день экологизация производства сырого кукурузного крахмала должна связываться не столько с устранением проблемы недостаточной очистки промышленных стоков, сколько с подготовкой ранее неиспользуемых сливаемых сточных вод к повторному производственному потреблению. При этом решается задача не только экономного расхода воды и снижения расходов производства, но и предупреждения загрязнения окружающей среды недостаточно очищенными сбросами. Таким образом, создание замкнутой системы водопотребления – высокоэффективный способ защиты водных ресурсов.

Реализация данного мероприятия позволит решить задачи, направленные на обеспечение экологически безопасных технологий производства сырого кукурузного крахмала таких как [5]:

1. бережного отношения к природным ресурсам. Расход свежей воды снижается почти в пять раз, замоченное зерно, зародыш, мезгу промывают подогретой осветленной глютеневой водой;
2. практически полного использования сухих веществ зерна, потери минимальны 2-3%;
3. снижения нагрузки на очистные сооружения биологической очистки.

Цель работы заключается в разработке практических рекомендаций по улучшению ситуации в системе водоотведения цеха по производству сырого кукурузного крахмала на ОАО КПЗ «Новлянский».

Обоснование выбора предлагаемого метода очистки глютеневой воды

На этапе разделения крахмало-белковой суспензии на сепараторах в качестве жидкого

схода получают побочный продукт - глютеневую воду (суспензию), которую вследствие значительного содержания взвешенных веществ не используют для оборотного водопользования и сливают в канализацию. Для замачивания кукурузного зерна и для всех промывных операций используют свежую холодную воду. При производстве кукурузного крахмала содержащую глютен суспензию подвергают обработке с целью выделения взвешенных веществ, концентрирования и их использования для производства сухого глютена или высушивания вместе с другими побочными продуктами (сырая мезга) при производстве сухих кукурузных кормов [3].

Для очистки от органических соединений применяются методы – экстракция, абсорбция, флотация, ионообмен, реагентные методы (регенерационные методы), биологическое окисление, озонирование, хлорирование, электрохимическое окисление (деструктивные методы) [1].

В работе предлагается внедрить в производственный процесс флотационную установку для контрольного осветления глютеневой воды, которая будет использоваться повторно после ее очистки для промывания зародыша, замоченного зерна и мезги. В ходе обработки флотацией (извлечение загрязнений при помощи воздушных пузырьков) получается не только осветлить воду и использовать ее повторно, но и получить некоторое количество побочного продукта – глютена. Выбор данного физико-химического способа обработки воды осуществлен на основании следующего свойства. Наличие в глютеневой суспензии ПАВ создает благоприятные условия для выделения белковых частиц из суспензии и образования на поверхности устойчивой пены. В обычном состоянии суспензия имеет небольшую поверхность раздела жидкость-воздух, однако она может быть существенно увеличена введением в систему мелких пузырьков воздуха. Белковые вещества закрепляются на поверхности пузырьков воздуха и

образовывают вместе с ними достаточно устойчивый пенный слой [5].

Существуют следующие способы флотационной обработки:

- вакуумная флотация. Она неэффективна для осветления глютенной воды, поскольку имеет ограниченный диапазон применения вакуумных флотационных установок (концентрация загрязнений в сточной воде не должна превышать 250 мг/л);

- напорная флотация (диспергирование путем изменения давления). Этот метод имеет более широкий диапазон применения, поскольку позволяет регулировать степень перенасыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки;

- флотация с механическим диспергированием воздуха. Импульсная флотация характеризуется содержанием большого объема воды в пене, это заставляет создавать дополнительные установки для ее обработки, что увеличивает стоимость очистки в целом. Безнапорные флотационные установки обычно применяют для очистки сточных вод от шерсти;

- флотация с подачей воздуха через пористые материалы. Недостатком этого метода является возможность зарастания и засорения пор, а также трудность подбора мелкопористых материалов с одинаковыми по диаметру отверстиями, обеспечивающих выход мелких, близких по размерам пузырьков воздуха;

- эрлифтные установки применяют для очистки сточных вод в химической промышленности.

Метод напорной флотации высокоэффективен для осветления глютенной воды. Основными аргументами для выбора данного способа очистки послужили:

- повышенная степень очистки (эффективное отделение глютенной воды от взвешенных частиц 90%).

- компактность конструкции и высокая надежность работы. Флотатор занимает небольшую зону, обеспечивая более эффективное использование площади;

- простота установки и эксплуатации;
- малая продолжительность монтажа и пуска в эксплуатацию без остановки основного оборудования [1].

Технологический процесс флотационного разделения

Флотационный процесс реализуется при помощи специальных аппаратов, в которых осуществляется насыщение жидкости газом, образование и удаление флотокомплексов. Глютенная вода поступает во флотационную камеру, где она смешивается с перенасыщенной воздухом водой. Микроскопические пузырьки воздуха вступают в контакт или сцепляются со взвешенными частицами и поднимаются на поверхность благодаря снижению плотности. Необходимые для процесса флотации пузырьки воздуха образуются при насыщении воздухом части потока очищенной воды. Для реализации максимальной степени насыщения до 95% используются напорный бак и инжектор насыщения. Такая оптимизированная система позволяет снизить расход напорной воды и, соответственно, энергопотребление при сохранении высокой эффективности работы установки [4].

На поверхности механическое устройство (пеноотделитель), состоящее из грязесъемника с резиновыми лопастями, проходит по поверхности резервуара и выталкивает пенный белковый слой на поддон, откуда он будет направляться для дальнейшего сгущения в другой цех. Зерна крахмала (осадок), попавшие в глютенную суспензию, оседают на дно и выводятся на рециркуляцию вместе с частью очищенной воды. Осветленная глютенная вода будет возвращаться в производство через отводящую трубу.

Для реализации предложенного мероприятия в работе возникает необходимость определения:

- числа потребных флотационных машин;
- возможной производительности;
- времени флотации.

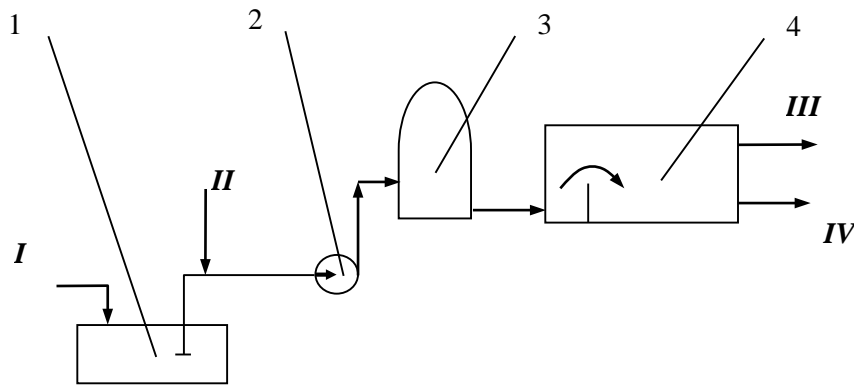


Рис.1. Схема напорной флотации: I – подача сточной воды; II – подача воздуха; III – отвод пены; IV – отвод обработанной воды.
1 – емкость; 2 – насос; 3 – напорный бак; 4 – флотатор.

На практике расчет флотационных установок производится на основе как удельной нагрузки на поверхность флотационного объема, так и продолжительности пребывания в установке [4]. Все определяемые параметры связаны общей формулой

$$n = \frac{W_F \times \tau}{V_K \times K_{\text{зам}}} \quad (1)$$

где W_F – объемный расход глютеновой воды, поступающей на разделение, $53 \text{ м}^3/\text{ч}$;

τ – время флотации, $0,5 \text{ ч}$;

V_K – объем камеры, 25 м^3 ;

$K_{\text{зам}}$ – коэффициент заполнения камеры суспензией, $K_{\text{зам}} = 0,65-0,75$.

$$n = \frac{53 \times 0,5}{25 \times 0,75} \approx 1.$$

Результат расчета показывает, что необходима одна установка для осветления глютеновой воды.

Чтобы флотационная машина работала эффективно, необходимо обеспечить следующие условия:

- высокие показатели насыщения воздухом для сточной и напорной воды;
- выпуск пузырьков в оптимальном размерном диапазоне;
- захват пузырьками твердых частиц;
- оптимальная, обоснованная расчетом, геометрия.

К факторам эффективности работы установки напорной флотации относят:

- соотношение воздуха и частиц;

- гидравлическая нагрузка;

- нагрузка твердых частиц;

- коэффициент рециркуляции.

Соотношение воздуха и частиц является основным проектным параметром системы напорной флотации. Это расчетный показатель количества воздуха на количество частиц, которые необходимо удалить. Для резервуара насыщения воздухом, отношения между соотношением A/S (значение составляет $0,005-0,06 \text{ мл/мг}$), растворимостью воздуха, рабочим давлением, концентрацией твердых частиц и коэффициента рециркуляции выражаются при помощи следующего уравнения

$$A/S = \frac{1,3 \times Sa \times (fP - 1) \times R}{Ss \times Q}, \quad (2)$$

где $1,3$ – постоянная веса воздуха, мл/л ;

Sa – растворимость воздуха в воде, $22,7 \text{ мг/л}$;

f – относительное насыщение, $0,5$;

P – давление рециркуляционной системы, 4 атм ;

Ss – поступающие ВТЧ, 469 мг/л ;

R – рециркуляционный поток под давлением, $610 \text{ м}^3/\text{сут}$;

Q – поток неочищенных вод, $1279,95 \text{ м}^3/\text{сут}$.

$$A/S = \frac{1,3 \times 22,7 \times (0,5 \times 4 - 1) \times 610}{469 \times 1279,95} = 0,03.$$

Коэффициент рециркуляции – это часть конечного потока очищенной воды, который снова перенасыщается воздухом под давлением перед тем, как поступить во флотационный резервуар, где резкое падение давления приводит к образованию микроскопических пузырьков воздуха. В зависимости от качества неочищенных вод коэффициент рециркуляции может составлять от 8% до 150%.

Гидравлическая нагрузка – это показатель объема поступающего потока на единицу полезной площади за единицу времени, как правило, она оставляет от 4 до 12 м/ч. Максимальная ГН не должна превышать минимальную скорость подъема частиц с воздухом, чтобы обеспечить подъем всех частиц на поверхность до того, как поток воды достигнет выходного конца резервуара. Проверка гидравлической нагрузки проводится на основе значений поступающего потока, а также общего потока (поступающий + рециркуляционный поток).

Нагрузка твердых частиц – это отношение общего количества твердых частиц, жиров и масел в поступающем потоке к полезной площади поверхности во флотационном резервуаре. Среднее проектное значение НТЧ составляет от 4 кг/м²×ч до 18 кг/м²×ч.

Эффект флотации зависит от рН среды, температуры сточных вод и интенсивности подачи воздуха. Интенсивность подачи воздуха колеблется от 12 до 20 м³/(м²×ч). Продолжительность флотации составляет 20-45 мин в зависимости от состава сточных вод [5]. Вследствие применения пиросульфата натрия в производстве рН очищаемой суспензии <6,5 (агрессивная среда), материал исполнения флотатора – нержавеющая сталь.

Пенный слой, образовавшийся на поверхности резервуара, представляет собой пригодную товарную продукцию, т.к. большая его часть содержит в своем составе ценные белковые вещества. Он будет выталкиваться пеноотделителем, состоящим из грязесъемника с

резиновыми лопастями, и, как ранее было сказано, направляться для дальнейшего сгущения в другой цех.

Масса извлеченных взвешенных веществ при флотационной очистке определяется по формуле

$$M = Q \times (C_n - C_k), \quad (3)$$

где Q – расход воды во флотационной машине в год, 327680 м³;

C_n – концентрация загрязнителя в сточной воде, 469 г/м³;

C_k – концентрация загрязнителя в очищенной воде, 46,9 г/м³.

$$M = 327680 \times (469 - 46,9) = 138 \text{ т. в год.}$$

Вспомогательным оборудованием будут служить отводящая труба, позволяющая замкнуть технологический цикл по процессовой воде, и получить безстоковую схему переработки кукурузного зерна, насосы и теплообменник. Назначение последнего заключается в подогреве осветленной глютенной воды до температуры 50°C, направленной после обработки флотацией на промывные операции.

Заключение

Основным результатом от внедрения в производственный процесс флотационной машины и вспомогательного оборудования, осуществляющего возврат воды в производственный процесс, является предотвращение загрязнения окружающей среды. Такое инженерно-экологическое направление является наиболее прогрессивным и перспективным, позволяя одновременно решать проблемы водообеспечения и охраны окружающей среды.

Однако соблюдение экологической безопасности предприятием в отношении сохранения чистоты водоемов обусловлено его экономическим состоянием и материальными возможностями по внедрению новейших технологий. Проведенная эколого-экономическая оценка проекта, включающая в себя определение эффективности работы предложенной системы и расчет экономической стоимости

внедрения, указала на положительный экономический эффект мероприятия. Это проявляется в получении дополнительной прибыли от собственной переработки побочного продукта и в снижении платы за загрязнение окружающей среды.

Просчитав и проанализировав предлагаемую систему, и принимая во внимание полученные в результате расчета экономические показатели, можно порекомендовать флотационную установку к внедрению в производство как достаточно рентабельную. Таким образом, предложенное мероприятие позволит повысить уровень экологической безопасности на предприятии.

Литература

1. *Ветюшкин А.Г.* Процессы и аппараты защиты гидросферы: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 188 с.
2. *Жилинская Я.А., Глушанкова И.С., Дьяков М.С., Висков М.В.* Расчет и проектирование систем обеспечения инженерной защиты поверхностных и подземных вод от техногенных загрязнений. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 401 с.
3. *Костенко В.Г., Овчинников А.Е., Горбатов В.М.* Производство крахмала. – М: ЦНИИТЭИпищепром, 1975. – 207 с.

4. *Матов Б.М.* Флотация в пищевой промышленности. – М: Пищевая промышленность, 1976. – 167 с.

5. Справочник по крахмало-паточному производству / под ред. *Е.А. Штырковой, М.Г. Губина.* – М: Пищевая промышленность, 1978. – 431 с.

References

1. *Vetoshkin A.G.* Processy i apparaty zashhity gidrosfery: Uchebnoe posobie [Processes and devices protect hydrosphere: Textbook]. – Penza, 2004. – 188 p.
2. *Zhilinskaya J.A., Glushankova I.S., Djakov M.S., Viskov M.V.* Raschet i proektirovanie sistem obespechenija inzhenernoj zashhity poverhnostnyh i podzemnyh vod ot tehnogennyh zagrjaznenij [Calculation and design of engineering protection providing of surface and groundwater from technogenic pollution]. – Penza, 2012. – 401 p.
3. *Kostenko V.G., Ovchinnikov A.E., Gorbatov V.M.* Starch production [Proizvodstvo krahmala]. – Moscow: TsNIITEIpischeprom, 1975. – 207 p.
4. *Matov B.M.* Flotacija v pishhevoj promyshlennosti [Flotation of the food industry]. – Moscow: Food industry, 1975. – 167 p.
5. *Spravochnik po krahmalo-patochnomu proizvodstvu* [Handbook of starch and syrup production] / Ed. *E.A. Shtyrkova, M.G. Gubin.* – Moscow: Food industry, 1978. – 431 p.

Статья поступила в редакцию 24 февраля 2014 г.

Низова Елизавета Сергеевна – студент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: elisabetta1992@mail.ru

Серёда Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: sereda-2010@mail.ru

Nizova Elizaveta Sergeevna – Student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: elisabetta1992@mail.ru

Sereda Sergey Nikolaevich – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: sereda-2010@mail.ru