

Была исследована эффективность снижения концентрации СПАВ при постоянной дозе озона и разных дозах пероксида водорода. Результаты представлены на рисунке 4.

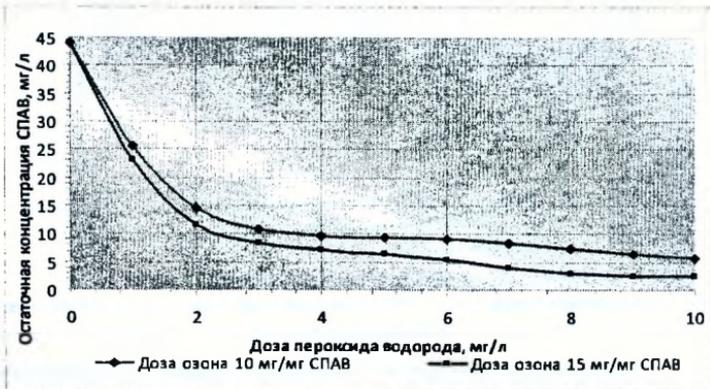


Рис. 4. Эффективность снижения концентрации СПАВ при постоянной дозе озона и разных дозах пероксида водорода

Экспериментально было установлено, что пероксид водорода при отсутствии озонирования практически не снижает концентрацию СПАВ.

### ВЫВОД

Совместное воздействие озона и пероксида водорода в сочетании с ультрафиолетовым излучением в настоящее время недостаточно изучено. В ходе экспериментов были получены результаты, показывающие, что совместное воздействие окислителей и ультрафиолетовых лучей увеличивает эффект очистки и позволяет разрушать трудноокисляемые примеси, которые плохо окисляются или вообще не окисляются простым озонированием. Это очень актуально для предприятий текстильной промышленности, сточные воды которых содержат большое разнообразие ингредиентов, в том числе трудноокисляемых. Обработка воды озоном при повышенных рН также позволяет увеличить эффективность очистки.

УДК 628. 316

## ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ

*Е.И. Дмухайло*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь*

При переработке животноводческого сырья, а также производстве пищевых и технических продуктов на мясокомбинатах в отработавшую воду неизбежно попадают полезные белково-жировые вещества.

Направляемые в городскую канализацию и очистные сооружения недостаточно очищенные производственные воды мясокомбинатов нарушают их нормальную работу, а в случае сброса указанных вод непосредственно в водоемы создают угрозу растительному и животному миру и ухудшают санитарное состояние как водоемов, так и окружающей среды.

Экспериментальными исследованиями и проведенными на их основе расчетами установлено, что с производственными водами мясокомбинатов ежегодно теряется порядка 300 тыс. тонн белка и жира. Эти потери можно было бы использовать как сырье при производстве кормов животного происхождения.

Таким образом, проблема извлечения и переработки белково-жировых веществ из производственных вод мясокомбинатов должна быть решена путем разработки технологии и создания технических средств, позволяющих выделить минеральные примеси, в минимальное время извлечь полезные вещества и своевременно направить их на производство кормовых продуктов в непрерывном потоке.

В качестве объекта исследований были использованы производственные жиросодержащие воды Брестского мясокомбината.

Экспериментальные исследования по получению флотоконцентрата проводили на гидроциклоне-флотаторе и вихревом флотогравитационном декантаторе ВФД-2 (рисунок 1, 2).

Кормовой жир и мясную шквару из флотоконцентрата получали на опытно-промышленной установке, смонтированной в цехе очистки производственных вод Брестского мясокомбината.

Во время исследований определяли следующие показатели, характеризующие эффективность процесса и качество полученных продуктов:

- содержание влаги - высушиванием образца в сушильном шкафу при температуре 375-378 К до постоянной массы (по ГОСТ 17681-72);
- содержание жира - по методу Сокслета;
- содержание белка - по количеству азота, определяемого методом Кьельдаля;
- содержание золы - по методике в соответствии с ГОСТ 17681-72;
- взвешенные вещества - весовым методом с фильтрованием воды через беззольный бумажный фильтр;
- величину рН - рН-метром типа рН-340;

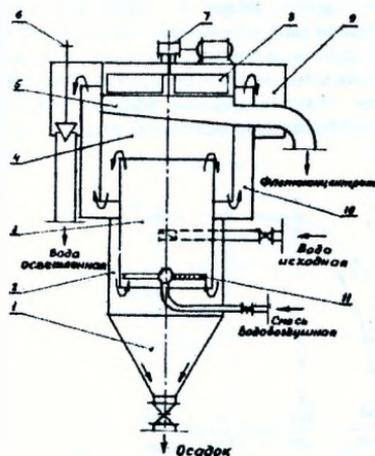


Рис.1. Гидроциклон-флотатор

- 1 - камера отстаивания; 2 - форкамера;
- 3 - камера флотации; 4 - камера флотоконцентрата; 5 - желоб; 6 - шибер; 7 - привод;
- 8 - механизм скребковый; 9 - камера отводящая; 10 - камера направляющая;
- 11 - распределитель водовоздушной смеси

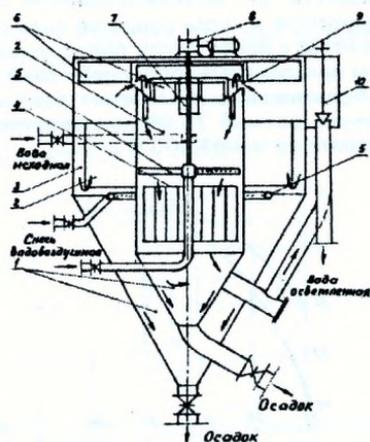


Рис.2. Вихревой флотогравитационный декантатор ВФД-2

- 1 - камеры отстаивания; 2 - камеры флотации; 3 - форкамера; 4 - цилиндры коаксиальные струенаправляющие; 5 - распределители водовоздушной смеси; 6 - скребки; 7 - желоб; 8 - привод; 9 - окна для прохода воды; 10 - шибер.

- аминокислотный состав мясной шквары - методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе «КЛА-3», "Хитачи";
- биологическую ценность протеина мясной шквары - по методике Всесоюзного научно-исследовательского института мясной промышленности;
- пятисуточное потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) - по общепринятым методикам.

С целью установления оптимальных режимов ведения технологического процесса извлечения взвешенных веществ из производственных вод мясокомбината нами проведена серия опытов по установлению зависимости, эффективности извлечения от различных факторов: удельных расходов водовоздушной смеси и воздуха, продолжительности пребывания обрабатываемой воды во флотационном аппарате и числа оборотов вала скребкового механизма при снятии флотоконцентрата с поверхности обрабатываемой воды.

Опыты проводили в производственных условиях с пятикратной повторностью. В результате проведенных исследований выявлен характер изменения эффективности извлечения белково-жировых веществ от влияния указанных выше факторов.

На рисунке 3 приведена зависимость эффективности извлечения взвешенных веществ от удельных расходов водовоздушной смеси и воздуха, которая показывает, что с увеличением расходов воздуха и водовоздушной смеси повышается эффективность извлечения взвешенных веществ из производственных жиросодержащих вод. На рисунке 3 также видно, что оптимальный удельный расход водовоздушной смеси, при котором достигается максимальная эффективность извлечения взвешенных веществ (74,8%) составляет 30% от расхода исходной воды. При этом оптимальный удельный расход воздуха равен 5% от расхода водовоздушной смеси. Данные исследования проведены при давлении водовоздушной смеси в напорном резервуаре 0,5 Па и продолжительности ее насыщения воздухом в течение 15 с.

На рисунке 4 показана зависимость эффективности извлечения взвешенных веществ от продолжительности пребывания исходной воды в гидроциклон-флотаторе и числа оборотов вала скребкового механизма, снимающего флотоконцентрат с поверхности обрабатываемой воды. Из рисунка видно, что с увеличением продолжительности пребывания воды в гидроциклон-флотаторе увеличивается эффективность извлечения взвешенных веществ. Максимальный эффект извлечения, равный 74,8%, достигается при условии пребывания исходной воды в аппарате не менее 900 с.

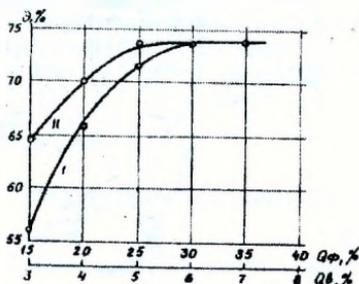


Рис. 3. Зависимость эффективности извлечения взвешенных веществ (Э) от удельных расходов водовоздушной смеси ( $Q_\phi$ ) - I и воздуха ( $Q_b$ ) - II. флотаторе (I) - I и числа оборотов вала скребкового механизма (II) - II

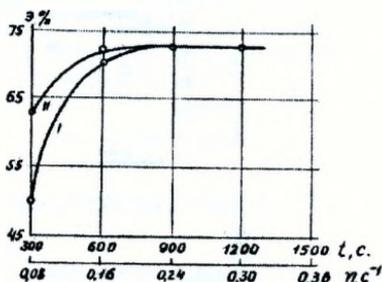


Рис. 4. Зависимость эффективности продолжительности извлечения взвешенных веществ (Э) от пребывания исходной воды в гидроциклон

Из рисунка 4 также следует, что при оптимальных оборотах вала скребкового механизма гидроциклон-флотатора, равных  $0,2 \text{ с}^{-1}$ , достигается указанная выше

эффективность извлечения взвешенных веществ (74,8%). При уменьшении скорости съема флотоконцентрата с поверхности обрабатываемой жидкости (уменьшении числа оборотов вала скребкового механизма) происходит снижение эффективности извлечения взвешенных веществ, что можно объяснить выпадением взвесей из флотоконцентрата в осветленную воду.

Следовательно, для осуществления процесса извлечения белково-жировых веществ из жиросодержащих производственных вод мясокомбинатов на гидроциклоне-флотаторе оптимальными режимами являются:

- удельный расход водовоздушной смеси - 30% от объема исходной воды;
- расход воздуха, подаваемого для приготовления водовоздушной смеси - 5% от расхода водовоздушной смеси;
- продолжительность пребывания обрабатываемой воды в аппарате - 900 с;
- скорость съема флотоконцентрата -  $0,2 \text{ с}^{-1}$  вала скребкового механизма;
- давление водовоздушной смеси в напорном резервуаре - 0,5 Па;
- время насыщения воздухом водовоздушной смеси - 15 с.

На основании анализа полученных результатов с целью дальнейшего совершенствования конструкции гидроциклона-флотатора для увеличения эффективности извлечения белково-жировых веществ из производственных вод мясокомбинатов нами разработан, изготовлен и смонтирован в условиях Брестского мясокомбината новый аппарат - вихревой флотогравитационный декантатор ВФД-2 (рисунок 2).

В отличие от гидроциклона-флотатора в вихревом гравитационном декантаторе предусмотрена двухстадийная обработка исходной воды в поле центробежных и гравитационных сил с использованием флотационного метода.

Испытаниями указанного аппарата в производственных условиях было установлено, что эффективность извлечения повышалась:

- по взвешенным веществам - с 74,8 до 80,0%;
- по жирам - с 79,9 до 87,0%.

В таблице 1 приведены результаты исследований качества флотоконцентрата, полученного на флотогравитационном декантаторе ВФД-2.

Таблица 1

Химический состав флотоконцентрата, в %

Показатели	Значения при повторности опытов $n = 7$	
	$\bar{M}$	$\pm 6$
Влага	79,99	0,85
Сухие вещества,	20,01	0,98
в том числе:		
жир	11,23	0,43
протеин	2,45	0,16
клетчатка	4,99	0,50
зола	1,34	0,18

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что полученный флотоконцентрат представляет собой полуфабрикат, который после разделения жировой и белковой фракций может быть с успехом использован для производства кормового жира и мясной шквары.

Процесс переработки флотоконцентрата включает следующие технологические операции:

- плавление в тонком слое;
- разделение расплавленной жиро-водной белковой эмульсии на центрифуге непрерывного действия на твердый осадок (мясную шквару) и жиро-водную эмульсию;
- сепарирование жиро-водной эмульсии с целью получения кормового жира.

Для осуществления процесса плавления флотоконцентрата была разработана специальная конструкция плавителя непрерывного действия, состоящего из корпуса, в котором размещен набор тарелок.

Наиболее существенное влияние на эффективность процесса выплавления жира из флотоконцентрата в разработанной конструкции плавителя оказывают такие технологические факторы, как температура плавления жира и толщина слоя флотоконцентрата в плавителе.

Температуру в плавителе изменяли путем регулирования давления пара, подаваемого в плавитель. Толщину слоя флотоконцентрата регулировали путем изменения расстояния между внутренней поверхностью корпуса плавителя и наружной поверхностью набора тарелок плавителя, достигая этого путем набора тарелок с различными величинами их диаметров. Диаметр тарелок изменяли с интервалом 0,002 м.

На рисунке 5 приведена зависимость степени извлечения жира от толщины слоя флотоконцентрата и температуры плавления жира. Из рисунка видно, что самая высокая степень извлечения жира (89%) в плавителе достигается при температуре 360 К и толщине слоя флотоконцентрата, равном 0,004 м.

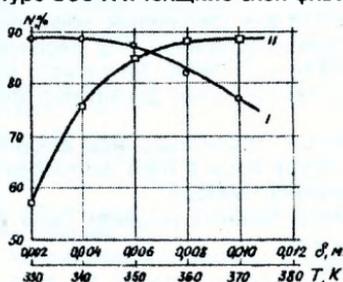


Рис.5. Зависимость степени извлечения жира (N) от толщины слоя флотоконцентрата (δ) - I и температуры плавления жира (T) - II

Кроме того, при осадительном центрифугировании расплавленного флотоконцентрата под воздействием поля центробежных сил, развиваемого centrifугой ОГШ-321 К5, удается удалить около 8651 жидкой фракции (жиро-водной эмульсии) и получить более 14% твердой фракции - отцентрифугированной мясной шквары.

На рисунке 6 показана зависимость выхода отжатой мясной шквары от температуры расплавленного флотоконцентрата. Из рисунка видно, что выход отжатой мясной шквары является величиной постоянной для температуры 360 К и выше и составляет 14,6%.

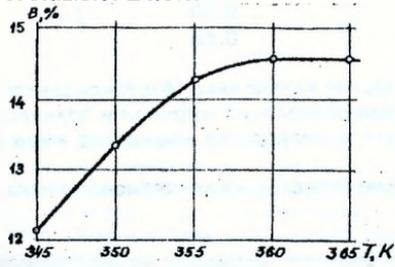


Рис.6. Зависимость выхода отжатой мясной шквары (B) от температуры расплавленного флотоконцентрата (T)

В задачу исследований входило выяснить возможность использования осадительных centrifуг непрерывного действия для разделения флотоконцентрата на твердую фазу (осажденная мясная шквара) и жидкую фазу (жиро-водную эмульсию).

Расплавленный в плавителе флотоконцентрат (жиро-водно-белковая эмульсия) подвергали центрифугированию в отстойной горизонтальной шнековой centrifуге непрерывного действия марки ОШ-321 К5. В результате проведенных исследований установлено, что осадительное центрифугирование позволяет получить отцентрифугированную мясную шквару, содержание сухого вещества в которой достигает 41%, а содержание влаги резко уменьшается и составляет 59%.

Выделенную при центрифугировании из предварительно расплавленного флотоконцентрата мясную шквару сушили самостоятельно в горизонтальном вакуумном котле или добавляли к мясо-костной шкваре в количестве до 20% от массы исходного сырья.

Полученную жиро-водную эмульсию подвергали разделению на жир и воду на сепараторах марки РТОМ-4, 6 грубой и тонкой очистки.

Результаты опытов по переработке флотоконцентрата на кормовые продукты (мясную шквару и кормовой жир) представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Результаты опытов по переработке флотоконцентрата

Показатели	Единица измерения	Значения при повторности опытов	
		М	±6
Температура жири-водно-белковой смеси на входе в центрифугу ОГШ-321 К5	К	360	1,75
Температура жири-водной эмульсии на входе в сепараторы РТОМ-4,6	-	370	0,95
Общая продолжительность процесса переработки флотоконцентрата	С	300	2,2
Производительность установки (по флотоконцентрату)	кг/ч	500	3,2
<b>Удельный расход на 1 т флотоконцентрата:</b>			
воды	м <sup>3</sup>	4,4	0,02
пара	кг	266	5,8
электроэнергии	кВтч	18,0	0,04
<b>Выход к исходному флотоконцентрату:</b>			
жира	%	10,3	0,4
мясной шквары	-	10,1	0,25
Содержание в отходящей от сепаратора воде:			
жира	г/л	2,0	0,07
сухих веществ	-	0,8	0,01
<b>Физико-химические показатели вытопленного жира, содержание:</b>			
влаги	%	0,42	0,01
неомыляемых веществ	-	1,33	0,03
веществ, не растворимых в эфире	-	0,70	0,06
Перекисное число	-	0,05	0,001
Кислотное число	-	17,12	0,70
Температура плавления жира	К	314	0,30
<b>Химический состав мясной шквары, высушенной в горизонтальном вакуумном котле</b>			
содержание:			
влаги	%	9,9	0,1
жира	-	10,1	0,3
белка	-	9,3	0,4
зола	-	27,8	0,8
безазотистых веществ и клетчатки	-	42,9	1,3

Из данных, приведенных в этой таблице, следует, что выработанный на опытной установке для производства кормовых продуктов из флотоконцентрата жир соответствует второму сорту согласно ГОСТ 17483-72 на "Жир животный кормовой".

Высушенная в горизонтальном вакуумном котле мясная шквара по содержанию жира соответствовала мясо-костной муке, а белка в ней было в 3-4 раза меньше.

Обработанные в вихревом флотогравитационном декантаторе ВФД-2 (рисунок 2) производственные жиросодержащие сточные воды имеют остаточное содержание (в мг/л): взвешенных веществ - 400-600; жира - 150-320; показатель БПК<sub>5</sub> - 700-1200. Мясокомбинатом на основании проведенных комплексных исследований разработана технология и создана опытно-промышленная непрерывно действующая установка для извлечения и переработки полезных веществ производственных вод мясокомбинатов.

Установка смонтирована и пущена в опытную эксплуатацию на Брестском мясокомбинате Министерства мясной и молочной промышленности.

Указанные выше показатели допустимы СНиП-11-32-74 для сброса производственных вод в городскую канализацию.

С целью доведения концентраций производственных вод до допустимых норм они могут быть очищены реагентным или биохимическим способом.

Извлечение и переработка полезных веществ производственных вод на мясокомбинате осуществляется по технологической схеме, приведенной на рисунке 7.

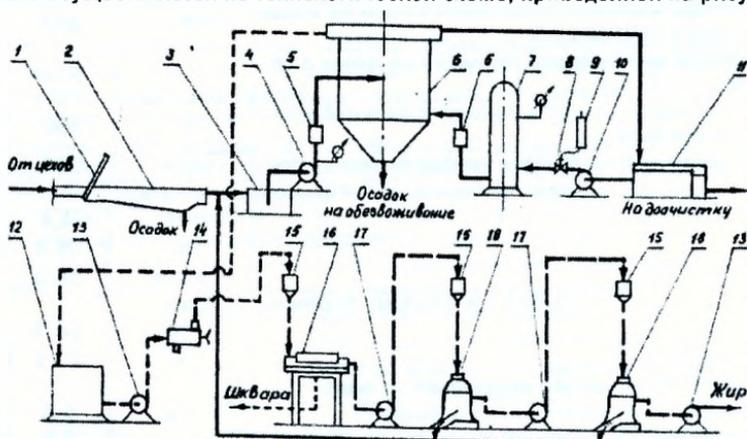


Рис. 7. Непрерывно действующая установка для извлечения и переработки белково-жировых веществ производственных вод мясокомбинатов: 1 - решетка; 2 - песколовка; 3 - резервуар приемный; 4 - насос центробежный; 5 - расходомер; 6 - вихревой флотогравитационный декантатор; 7 - резервуар напорный; 8 - эжектор; 9 - ротаметр; 10 - насос вихревой; 11 - емкость промежуточная; 12 - накопитель флотоконцентра; 13 - насос НРМ-2; 14 - плавитель; 15 - циклон; 16 - центрифуга ОГШ-321 К5; 17 - насос АВЖ-130; 18 - сепараторы РТОМ-4,6

Установка работает следующим образом. Жиродержащие воды, пройдя решетку и аэрируемую песколовку, поступают в приемную емкость, из которой вода центробежным фекальным насосом подается в вихревой флотогравитационный декантатор ВФД-2. В этом аппарате в результате действия центробежных и гравитационных сил в процессе флотации происходит извлечение из воды в флотоконцентра белково-жировых веществ. Собранный скребковым механизмом флотоконцентра самотеком поступает в накопительную емкость, а осветленная вода - в промежуточную емкость, из которой 70% воды направляется на станцию перекачки, где она смешивается с нежиродержащими производственными водами.

Оставшиеся 30% осветленной воды из промежуточной емкости забираются вихревым насосом и подаются в напорный резервуар для приготовления водовоздушной смеси. Одновременно в этот же резервуар подается воздух эжектором, смонтированным на напорно-всасывающей обводной линии. Водовоздушная смесь подается на распределители флотационных камер.

Флотоконцентра из накопительной емкости забирается насосом НРМ-2 и подается в плавитель. Расплавленная острым паром масса, состоящая из жира, белковых веществ и воды, под давлением 0,3 МПа подается в центрифугу ОГШ-321 К5. В центрифуге происходит отделение шквары от жирно-водной эмульсии. Шквару выгружают в напольную тележку и направляют на сушку и обезвреживание в горизонтальный вакуумный котел цеха технических фабрикатов.

Жиро-водная эмульсия подается насосом АВЖ-130 в циклон, в котором происходит ее накопление и подогрев. Из циклона эмульсия поступает на сепаратор РТОМ-4,6 грубой очистки, откуда жир насосом АВЖ-130 подается во второй циклон, а затем на сепаратор РТОМ-4,6 тонкой очистки. Полученный кормовой жир

насосом НРМ-2 подается в емкость для бестарного хранения.

Производственные испытания установки с получением высококачественного кормового жира и мясной шквары проводили на Брестском мясокомбинате.

В результате испытаний установлено, что часовая производительность установки по извлечению полезных веществ из производственных вод мясокомбинатов составляет порядка 50 м<sup>3</sup>/ч. Производительность установки по переработке флотоконцентрата 500 кг/ч. Длительность процесса в установившемся режиме (в сек.) по: извлечению белково-жировых веществ - 900, переработке флотоконцентрата - 300. Получаемый на установке кормовой жир отвечает требованиям второго сорта. Эффективность извлечения по взвешенным веществам составляет 80%, а по жиру - 87%. Площадь, занимаемая установкой, составляет 120 м<sup>2</sup>. Установку обслуживают два человека. Масса оборудования установки 17,5 т.

В марте 1980 г. установка для извлечения и переработки полезных веществ производственных вод мясокомбинатов сдана Ведомственной комиссии Минмясомолпрома Белорусской ССР и рекомендована к внедрению на предприятиях отрасли.

Экономическая эффективность от внедрения установки по переработке белково-жировых веществ, извлекаемых из производственных вод мясокомбината мощностью 50 т переработки мяса в смену, составляет более 100 000 долларов США.

На основании производственных испытаний опытного образца установки разработаны "Рекомендации по получению кормовых и технических продуктов из флотоконцентрата и жиромассы, полученных из сточных вод мясокомбинатов".

### ВЫВОДЫ

1. Разработан способ выделения белково-жировых отходов из производственных вод мясокомбинатов, на который имеется положительное решение Государственной научно-технической экспертизы изобретений (заявка № 2819395/23-26), позволяющий получать из флотоконцентрата кормовые продукты (кормовой жир и мясную муку).

2. На основании обработки результатов экспериментальных исследований установлены оптимальные режимы процесса получения флотоконцентрата из производственных вод мясокомбинатов.

3. На базе созданного вихревого флогогравитационного декантатора изготовлена, смонтирована, пущена в опытную эксплуатацию на Брестском мясокомбинате и сдана Ведомственной комиссии Минмясомолпрома Белорусской ССР установка для извлечения и переработки полезных веществ производственных вод мясокомбинатов.

4. Экономическая эффективность от внедрения одной установки по переработке флотоконцентрата составляет более 100 000 долларов США в год для мясокомбината мощностью 50 т переработки мяса в смену.

5. В результате широкого физико-химических и биологических исследований установлено, что выработанная из флотоконцентрата по предложенной технологии мясная мука может быть успешно использована в рационах сельскохозяйственных животных.

### Литература

1. Установка для очистки сточных вод и утилизации белково-жировых отходов. Мясная индустрия СССР, № II. - М., 1978. - с. 13-15

2. Биологическая ценность кормовой добавки, полученной из сточных вод мясокомбинатов. Мясная индустрия СССР, № 7, М., 1979, с. 42-43

3. Способы и средства извлечения белково-жировых отходов из производственных стоков мясокомбинатов с целью использования их в производстве кормовых и технических продуктов. ЦНИИТЭмясомолпром СССР, М., 1979, 21 с.

4. Заявка № 2819395/23-26 на «Способ выделения белково-жировых отходов из производственных сточных вод». Решение о выдаче авторского свидетельства от 23 декабря 1980 г.

5. Реагентный способ извлечения белка и жира из сточных вод мясокомбинатов. Мясная индустрия СССР, № 2, М., 1981, с. 16-17

6. Очистка жиросодержащих сточных вод мясокомбинатов. Проблемы водных ресурсов. Минск. Наука и техника, 1981, с. 25-28

УДК 628. 316

## **ПРОБЛЕМЫ УДАЛЕНИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

*Б.Н. Житенев, Л.Н. Власюк*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь*

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) - химически прочные органические соединения, содержащие в своей молекуле атомы хлора. СОЗ являются первичными и побочными продуктами промышленного производства и имеют следующие общие характеристики: высокая токсичность, склонность к накоплению в объектах окружающей среды, организме человека и животных, способность перемещаться на большие расстояния потоками воздуха и воды, а также путем миграции живых организмов.

Даже в чрезвычайно малых концентрациях СОЗ проявляют генотоксический, иммунотоксический и канцерогенный эффекты, негативно влияя на репродуктивную функцию человека, создавая реальную угрозу здоровью настоящего и будущего поколений.

В список стойких органических загрязнителей включены девять хлорорганических пестицидов: альдрин, хлордан, дильдрин, эндрин, гептахлор, гексахлорбензол, мирекс, токсафен, ДДТ. Данные пестициды были синтезированы с целью использования в сельском хозяйстве для защиты растений, а также в качестве средства борьбы с переносчиками малярии и клещевого энцефалита. Пестициды, относящиеся к стойким органическим загрязнителям, характеризуются преимущественно высокой токсичностью, устойчивы к разрушению в естественных условиях, проявляют биокумулятивные свойства и мобильность в пищевых цепях.

По имеющимся данным в период с 1960 по 1990 гг. на территории Республики Беларусь в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур было применено свыше 20 тыс. тонн хлорорганических пестицидов.

По состоянию на 1 января 2006 г. в Республике Беларусь на складах и в захоронениях хранилось 6558 тонн непригодных пестицидов, из которых к перечню стойких органических загрязнителей Стокгольмской конвенции относится 718 тонн ДДТ. 3,372 тонны ДДТ размещены на складах, 714,53 тонны - в захоронениях. Также на складах республики находятся 2 007,9 тонны неидентифицированных препаратов и их смесей, захоронено 749,699 тонн смесей непригодных пестицидов [1].

Удаление из воды пестицидов актуально для стран с развитой аграрной промышленностью, например, для Англии и Голландии. Пестициды и гербициды последнего поколения не удаляются даже в процессе обратного осмоса и представляют опасность для здоровья людей [2].

Стойкие органические загрязнения попадают в природные водоемы в основном с поверхностным стоком и производственными сточными водами. Антропогенные загрязнители представляют опасность как в случае аварийного поступления в водоемы, так и при постоянном фоновом присутствии в низких концентрациях. Даже при отводе производственных сточных вод в городскую канализацию, с последующей очисткой на городских очистных сооружениях не удается предотвратить попадание этих веществ в окружающую среду. Эта категория загрязнений не удаляется из воды механическими и биологическими методами очистки, применяемыми на городских очистных сооружениях, так как они разлагаются бакте-