

#### 4. Висновки

Як видно з наведених графіків, при невеликій висоті труби, що подає шлам, у верхнього краю камери за рахунок перемішування рідини спостерігається певна концентрація відходів, що перешкоджає відбору очищеного розчину солі (див. рис.3). При підвищенні глибини шламopодаючої колони, спостерігається явище неповного заповнення камери відходами, що призводить до зменшення максимальної місткості камери (див. рис.5). Таким чином, виконаний чисельний експеримент дозволяє зробити висновок про оптимальну глибину розташування шламopодаючої колони, в діапазоні  $(0.3H \dots 0.4H)$ .

**Список літератури:** 1. *Ткач Г.А., Шапоров В.П., Титов В.М.* Производство соды по малоотходной технологии.– Харьков: ХГПУ, 1998.– 429 с. 2. Декл. патент №35317 А Україна, МПК 7 B65G5/00, E21F 17/16. Спосіб закладки твердих відходів содових виробництв в підземних соляних камерах / Шестопалов О. В., Цейтлін М. А., Райко В. Ф., Надрук. 10.09.2008, Бюл. № 17. 3. *Ханпель Дж., Бреннер Г.* Гидродинамика при малых числах Рейнольдса // М.:Изд. Мир, – 1976 – 630 с. 4. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. — Издание 4-е, стереотипное. — М.: Наука, 1988. — Т. VI. Гидродинамика. — 736 с.

5. *Р.И. Нигматулин.* Динамика многофазных сред, тт. 1,2. - М.: Наука, 1987

*Поступила до редколегії 29.11.2009*

**УДК: 628**

**Г.В.СЛЕПЦОВ**, к.т.н., с.н.с. (ГК «Экополимер»)

**И.Ю.БОЙКО**, инженер (ГК «Экополимер»)

**Е.С. ЛИСОГОР**, к.т.н., доцент (НТУ «ХПИ»)

#### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

Стічні води м'ясопереробних заводів характеризуються різкими коливаннями складу та високим вмістом зважених речовин, жирів, ХПК і БПК. В роботі наведено результати дослідження кінетики фізико-хімічної очистки СВ м'ясопереробного заводу реагентною напорною флотацією.

Waste water of meat-processing plants is characterized by fluctuation of its analysis and high level of suspended solids, fats, COD and BOD content. In this research work is given research results of physicochemical treatment kinetics of meat-processing plants waste water by chemical agent pressure flotation.

Исследования показателей качества сточных вод (СВ) мясоперерабатывающего завода по производству пищевых полуфабрикатов свидетельствуют о значительных колебаниях состава (табл. 1).

Полную очистку СВ мясоперерабатывающего производства предусмотрено проводить последовательно физико-химическим и биологическим методом. Физико-химическая очистка включает механическую очистку от грубодисперсных примесей, реагентную обработку и напорную флотацию. В данной статье приведены результаты исследования реагентной напорной флотации на примере промышленной станции флотации производительностью 40 м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 1. – Показатели качества СВ мясоперерабатывающего завода

Показатели качества	Пробы СВ				
	№1	№2	№3	№4	№5
Взвешенные вещества, мг/л	3505	662	64	685	474
Жиры и масла, мг/л	670	198	1,2	14,8	8,3
ХПК, мг/л	1700	2900	1610	2700	1340
Азот общий, мг/л	7,3	-	7,0	14,7	-
АПАВ	0,79	0,11	0,27	-	0,23
БПК <sub>5</sub> , мг/л	990	740	96	41	550
Хлориды, мг/л	-	294	67	390	400
Сульфаты, мг/л	-	4,0	47	-	13,9
pH	-	6,6	7,2	6,9	7,5

После процеживания и усреднения СВ насосом постоянным расходом подают вначале во флокулятор, где ее обрабатывают коагулянтom – полиалюминийхлоридом, и синтетическим органическим катионным флокулянтom, при одновременном регулировании величины pH. Затем воду подают в напорный флотатор, снабженный отстойной и флотационной камерами.

В таблице 2 приведены данные очистки по таким показателям, как содержание взвешенных веществ, ХПК и содержание жиров до (1) и после (2) очистки реагентной напорной флотацией.

Таблица 2. – Показатели качества СВ до и после очистки

Проба	Показатели качества				
	Взвешенные вещества, мг/л	Жиры и масла, мг/л	ХПК общ, мг/л	ХПК взв., мг/л	ХПК раств., мг/л
№1 до очистки	3505	670	1700	844	856
№1 после очистки	16,6	3,3	860	4	852
$\alpha$ очистки, %	99	99	49	99	0,5
№2 до очистки	662	198	2900	1591	1309
№2 после очистки	21,2	13,4	1360	51	1258
$\alpha$ очистки, %	97	93	53	97	4
№3 до очистки	685	14,8	2700	1405	1295
№3 после очистки	7,2	<0,5	1310	15	1280
$\alpha$ очистки, %	99	97	51	99	1
№4 до очистки	474	8,3	1340	1332	17
№4 после очистки	27,7	3,1	94	77	17
$\alpha$ очистки, %	96	63	93	94	0

Можно записать, что  $XPK_{CB}^o$  равно сумме  $XPK_{взв}^o$  взвешенных веществ и  $XPK_{раств}^o$  растворенных веществ:

$$XPK_{CB}^o = XPK_{взв}^o + XPK_{раств}^o, \quad (1)$$

Величина ХПК взвешенных веществ после флотации будет равна

$$XPK_{взв}^{фл} = \alpha_{взв} \times XPK_{взв}^o, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{взв}}$  - степень очистки от взвешенных веществ,

$$\alpha_{\text{взв}} = (C_{\text{взв}}^o - C_{\text{взв}}^{\text{фл}}) / C_{\text{взв}}^o, \quad (3)$$

$C_{\text{взв}}^o$ ,  $C_{\text{взв}}^{\text{фл}}$  - содержание взвешенных веществ в исходной СВ и после очистки, соответственно.

С учетом (2) ХПК СВ после флотационной очистки равно

$$\text{ХПК}_{\text{СВ}}^{\text{фл}} = \text{ХПК}_{\text{взв}}^o + \text{ХПК}_{\text{раств}}^{\text{фл}} - \alpha_{\text{взв}} \times \text{ХПК}_{\text{взв}}^o. \quad (4)$$

Примем, что содержание растворенных веществ практически не меняется в результате флотации, то есть  $\text{ХПК}_{\text{раств}}^o \approx \text{ХПК}_{\text{раств}}^{\text{фл}}$ , а эффективность реагентной напорной флотации по удалению взвешенных веществ высокая. Тогда, вычтя уравнение (4) из (1), получим

$$\text{ХПК}_{\text{взв}}^o = (\text{ХПК}_{\text{СВ}}^o - \text{ХПК}_{\text{СВ}}^{\text{фл}}) / \alpha. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью уравнений (1), (3) и (5) с использованием данных физико-химического анализа СВ до и после флотационной очистки можно количественно оценить содержание в СВ растворимых и нерастворимых органических веществ.

Результаты расчетов приведены в таблице 2. Данные расчета свидетельствуют о существенном колебании соотношения  $\text{ХПК}_{\text{взв}}^o / \text{ХПК}_{\text{раств}}^o$ . А т.к. напорная флотация эффективна только при очистке от взвешенных веществ, то нагрузка на стадию биологической доочистки СВ будет также переменной. Это обстоятельство следует учитывать при проектировании участка биологической доочистки СВ мясокомбинатов.

Флотацию можно представить, как аналог химического процесса взаимодействия пузырьков воздуха с дисперсными примесями [1]. Скорость флотации можно описать с помощью математического аппарата формальной химической кинетики, используя уравнение второго порядка [2]:

$$dN/dt = k_{\text{fl}} \times C_s^{n_1} \times C_g^{n_2}, \quad (6)$$

где,  $k_{\text{fl}}$  - константа скорости флотации,

$C_s$  - концентрация флотируемых частиц примеси в единице объема,

$C_g$  - концентрация пузырьков в единице объема.

$n_1$  - кинетический порядок процесса флотации по флотируемым частицам,

$n_2$  - кинетический порядок процесса флотации по пузырькам.

Учитывая, что число пузырьков в единице объема  $C_g$ , как правило, поддерживается постоянным (при заданных расходах жидкости и газа, а также давлении газа), уравнение (4) упростим до уравнения первого порядка

$$dC/dt = k_{\text{fl},np} \times C_s^{n_1} \quad (7)$$

и тогда константу скорости можно вычислить по уравнению

$$-(\Delta \ln C_{\text{fl}}) / \Delta t = k_{\text{fl},np}. \quad (8)$$

где  $k_{\text{fl},np}$  - приведенная константа скорости флотации, [время<sup>-1</sup>].

Экспериментально подтверждено, что процесс напорной флотации имеет первый порядок по взвешенным веществам  $n_I=1$ . Зависимости  $\ln C - \ln(dC/dt)$  прямолинейны и имеют тангенс угла наклона (соответствующий  $n_I$ ), равный 1.

Константы скорости вычисляли по методу «длинных интервалов» (с использованием начального и конечного значения  $XPK$ ) и по методу «коротких интервалов» (с использованием промежуточных значений  $XPK$ ).

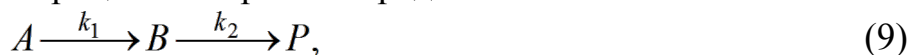
Таблица 3. – Константы скорости очистки СВ от взвешенных и растворенных веществ, рассчитанные по методу длинных ( $k_{fl,взв}^d$ ) и коротких ( $k_{fl,взв}^k$ ) интервалов

Проба	$k_{fl,взв}^d$	$k_{fl,взв}^k$	$k_{fl,раств}$
№1	0,2621	0,2646	0,0002
№2	0,1699	0,1757	0,0020
№3	0,2250	0,2205	0,0006
№4	0,1402	0,1860	0,0000
Средние значения	$0,1999 \pm 0,0017^*$	$0,2117 \pm 0,001$	$0,0007 \pm 2,39 \times 10^{-5}$

\* Примечание: константы рассчитаны при уровне значимости, равном 0,95.

Флокулятор и флотатор расположены последовательно так, что в начале во флокуляторе происходят процессы смешения реагентов с СВ, коагуляция и флокуляция примесей, а затем, во флотаторе – частичное осаждение крупных и флотационное извлечение мелкодисперсных примесей.

Схему реагентной напорной флотации, таким образом, можно представить последовательностью двух процессов первого порядка



где  $A$ - удаляемые примеси,  $B$ - коагулюм,  $P$ - удаляемые продукты флотации – пена и осадок,  $k_1$  и  $k_2$  - константы скорости процессов, протекающих, соответственно, во флокуляторе и флотаторе.

Так как экспериментально невозможно определить отдельно значения  $XPK$ , достигаемые в процессах коагуляции и флотации, то для вычисления констант воспользовались программой, приведенной в [3]. Расчет проведен с учетом того, что флокулятор является моделью идеального смесителя, а флотатор - моделью идеального реактора-вытеснителя, а процессы, как во флокуляторе, так и флотаторе имеют кинетический порядок, равный единице. Константа скорости процессов во флокуляторе равна 0,2278, а во флотаторе - - 0,0105 мин<sup>-1</sup> (отрицательный знак свидетельствует о том, что вещество удаляется из СВ).

Суммарная константа скорости удаления взвешенных веществ, вычисленная по экспериментальным данным с использованием уравнения (8) с достаточной точностью ( $\pm 4\%$ ) совпадает с суммой констант отдельных процессов  $k_{fl,взв} \approx k_1 + k_2 = 0,2175$ . Среднее значение константы скорости удаления взвешенных веществ напорной реагентной флотацией, рассчитанные различными способами – длинных и коротких интервалов и отдельно, равно 0,2095 мин<sup>-1</sup>.

Рассчитанные по экспериментальным данным константы скорости очистки СВ от взвешенных и растворенных органических веществ (табл. 3), подтверждают, что эффективность флотационной очистки от взвешенных веществ значительно

выше, чем от растворенных органических веществ. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что  $k_{fl,взв}/k_{fl,раств}=290$ . Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании системы очистки СВ мясоперерабатывающих заводов.

Таким образом, исследована физико-химическая очистка – напорная реагентная флотация, СВ мясоперерабатывающих заводов. С помощью математического аппарата формальной химической кинетики определены константы скорости флотационной очистки СВ от взвешенных и растворенных веществ, а также от взвешенных веществ отдельно во флотаторе и флокуляторе.

**Список литературы:** 1. Слепцов Г.В., Собина М.А., Ионенко В.И. Про кінетику електрофлотокоагуляції синтетичного латексу. – Доповіді АН УРСР, Серія Б. – 1974, с.560-563. 2. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. – 4-е изд. – М.: Высш.шк., 1984. – 463 с. 3. Мариничев А.Н., Турбович М.Л., Зенкевич И.Г. Физико-химические расчеты на микро-ЭВМ: Справ. Изд. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.

*Поступила в редколлегию 29.11.2009*

**УДК 661.961.1**

**Н. Н. ЗИПУННИКОВ**, аспирант, НТУ «ХПИ»

**Б. А. ТРОШЕНЬКИН**, д.т.н., проф., ИПМаш НАНУ

## **ЗАВИСИМОСТЬ ПОЛНОТЫ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ОТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА**

У роботі наведені результати дослідів по одержанню водню з води за допомогою сплавів ферросилікоалюмінію у кінетичному реакторі. Виконано статистичну обробку експериментальних даних. Установлено основні параметри виділення водню, що впливають на процес.

The data of experiments on reception of hydrogen from water using ferro/aluminium/silicic alloys in a kinetic reactor are given. Statistical processing of experimental data are executed. Key parameters influencing on process of hydrogen obtaining are established.

### **Введение**

При решении ряда задач усложненных процессов прибегают к экспериментально-статистическим методам. Используя при обработке опытных данных принципы регрессионного и корреляционного анализа, удается найти зависимость между переменными и условиями оптимума [1]. Целью исследования является поиск математического описания зависимости полноты реакции получения водорода от основных параметров процесса.

### **Методы исследования**

В данной работе рассмотрены сплавы ферросилікоалюмінія (ФСА) следующего химического состава (масс. %): ФСА 25 (Fe - 10, Si - 65, Al - 25); ФСА 30 (Fe - 10.3, Si - 59.9, Al - 29.8).

Опыты проведены в кинетическом реакторе объемом ( $V_p = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ). Исследована реакция взаимодействия сплавов с водным раствором NaOH. Концентрация щелочи изменяется от 10 до 13,3 %, температура реакции варьировалась от 90 до