

Список использованных источников

1. Дорожко С.В., Бубнов В.П., Пустовит В.Т. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Учеб.пособие в 3-х частях, ч.3. Радиационная безопасность, Мн., 2003.
2. Здоровоохранение в Республике Беларусь: офиц. стат. сб. за 2003г./ Мин-во здравоохранения РБ. - Мн., ГУ РНМБ, 2004.
3. Ковчур С. Г. Радиационная безопасность : учеб, пособие / С. Г. Ковчур, О. А. Щигельский, В. Н. Потоцкий. - Витебск : УО «ВГТУ», 2006 -173.
4. Кудрявцев, А. Великие катастрофы XX века / А. Кудрявцев - М.: Мартин, 2002. - 463 с.
5. Хлопцев А. Ф. Радиационная безопасность : учеб, пособие / А. Ф. Хлопцев, О. А. Щигельский. - Витебск: УО «ВГУ им. П.М.Машерова», 2003. - 96 с.
6. Кондратьев М. Ю., Николаева С. С., Потоцкий В. Н., Щигельский О. А. Анализ постчернобыльского оздоровления населения Республики Беларусь, Мн., МГЭУ им. А.Д.Сахарова, 2006 – с.41-43

SUMMARY

Clause is devoted Problems of national improvement, which are connected to a very uneasy demographic situation in Republic of Belarus, is especial in postchernobl period.

The convincing data showing as far as are given the national demographic situation for last 20-th year after failure on Chernobl NPS and was complicated as this planetary accident was reflected on health of the population of Belarus.

The achievement of domestic public health services on overcoming consequences of negative influence of postchernobl of the factors on health of the people living in Republic of Belarus are shown. The installation on realization of a healthy image of life of all Byelorussian people, especially student's youth and new growing up generation is made.

УДК 667.633

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ОСВЕТЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ

А.В. Гречаников

Химическое осветление сточных вод обычно включает следующие стадии: коагуляцию, флокуляцию, отстаивание и фильтрацию. Осаждение коагулированных взвешенных веществ происходит в отстойниках, которые в системе водоочистки ТЭЦ называются осветлителями химического цеха.

В работе исследуется процесс осаждения взвешенных частиц, происходящий в осветлителях цеха химводоподготовки при использовании различных коагулянтов. Предположим, что в момент времени t в жидкости, заполняющей объём $V_{ж}$, содержится смесь массой m . В каждом литре раствора содержится жидкость и

смесь частиц массой $\frac{m}{V_{ж}}$, а в объёме V_c , который поступает в жидкость,

содержится раствор коагулянта массой $V_c \cdot \frac{m}{V_{ж}} = \frac{m_0 \cdot m}{\rho_c \cdot V_{ж}}$. Обозначим

$K_m = \frac{m_0}{\rho_c \cdot V_{ж}}$. Тогда получаем массу смеси $K_m \cdot m$. Если бы в течение единицы

времени, начиная с момента времени t , концентрация раствора оставалась неизменной, какой она была в момент времени t , то количество раствора в сосуде за эту единицу времени уменьшилось бы на величину $K_m \cdot m$. Величина $K_m \cdot m$ является скоростью оседания частиц в сосуде для момента времени t . С другой

стороны, производная $\frac{dm}{dt}$ равна скорости прироста массы смеси в момент t ,

поэтому скорость оседания частиц в сосуде в момент времени t равна $-\frac{dm}{dt}$.

Приходим к дифференциальному уравнению оседания частиц:

$$-\frac{dm}{dt} = K_m \cdot m. \quad (1)$$

Разделяя переменные, получаем

$$\frac{dm}{m} = -K_m \cdot dt. \quad (2)$$

Интегрируем обе части уравнения, получаем

$$\int \frac{dm}{m} = -K_m \cdot \int dt + \ln C, \quad \ln m = -K_m \cdot t + \ln C, \quad (3)$$

$$\ln m - \ln C = -K_m \cdot t, \quad \ln \frac{m}{C} = -K_m \cdot t, \quad \frac{m}{C} = e^{-K_m \cdot t}, \quad m = C \cdot e^{-K_m \cdot t}. \quad (4)$$

Используя начальные условия, находим постоянную C . В начальный момент времени $t = 0$ масса взвешенных частиц в смеси равна m_0 : $m_0 = C \cdot e^{-K_m \cdot 0} = C$.

Следовательно, зависимость осаждения взвешенных частиц от времени имеет вид

$$m = m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t}. \quad (5)$$

Экспериментальную проверку полученной зависимости проводили на примере осветления промышленных вод Витебской ТЭЦ и ТЭЦ «Южная» Витебского телезавода. Эффективность флокулянта оценивали по количеству взвешенных частиц в осветленном слое воды весовым и фотоколориметрическим методами. В качестве флокулянта использовали хлоридполивинилбензилтриметиламмония *CIP*. Концентрация *CIP* составила 30 мг/л. Результаты исследований приведены на рисунке 1.

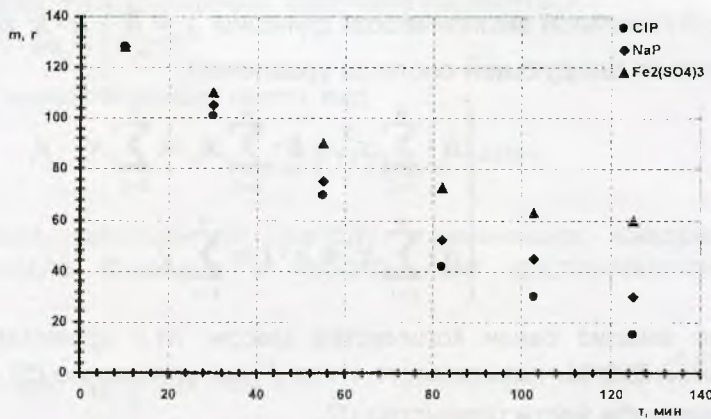


Рисунок 1 - Экспериментальные данные зависимости массы частиц, находящихся во взвешенном состоянии в воде от времени осаждения

Проведём анализ полученных экспериментальных данных. Предположим, что между m и t существует зависимость (5): $m = m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t}$, где m_0 и K_m некоторые постоянные коэффициенты (параметры), которые необходимо определить.

Представим уравнение (5) в виде

$$m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t} - m = 0. \quad (6)$$

Так как точки $M_k (x_k, y_k)$ только приблизительно лежат на искомой линии, описывающей уравнение (5), то, подставляя x_k и y_k ($k = 1, n$) в уравнение (6), получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t_1} - m_1 = \varepsilon_1 \\ m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t_2} - m_2 = \varepsilon_2 \\ \dots \\ m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t_n} - m_n = \varepsilon_n \end{cases} \quad (7)$$

По методу наименьших квадратов подбираем неизвестные параметры m_0 и K_m таким образом, чтобы полученная величина $U = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \geq 0$ была наименьшей.

Если эта сумма будет минимальной, то будут минимальны и сами отклонения.

С учётом уравнения (7) получаем

$$U = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (m_0 \cdot e^{-K_m \cdot t_i} - m_i)^2. \quad (8)$$

Переменная величина и является функцией двух переменных m_0 и K_m . Чтобы $U = f(m_0, K_m)$ принимала наименьшие значения при выбранных m_0 и K_m , необходимо выполнение следующего условия:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial m_0} = 0 \\ \frac{\partial U}{\partial K_m} = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Известно, что для линейной эмпирической функции $y = b + a \cdot x$ коэффициенты a и b определяются из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} a \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \\ a \cdot \sum_{i=1}^n x_i + b \cdot n = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (10)$$

В нашем случае анализ связи количества массы m и времени t привёл к выбору показательной формы зависимости m от t (см. уравнение (5)).

Прологарифмируем обе части равенства (5):

$$\ln m = \ln(m_0 \cdot e^{-K_m t});$$

$$\ln m = \ln m_0 + \ln e^{-K_m t}$$

или

$$\ln m = \ln m_0 - K_m \cdot t. \quad (11)$$

Сравнивая полученное уравнение (8) с линейной зависимостью можно сделать вывод о том, что переменные $\ln m$ и t связаны линейной зависимостью с параметрами $\ln m_0$ и $(-K_m)$.

Для определения этих параметров используем описанную выше нормальную систему уравнений (9), в которой заменяем коэффициенты a и b на $(-K_m)$ и $\ln m_0$ соответственно, а y_i на $\ln m_i$. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} -K_m \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 + \ln m_0 \cdot \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i \\ -K_m \cdot \sum_{i=1}^n t_i + n \cdot \ln m_0 = \sum_{i=1}^n m_i \end{cases} \quad (12)$$

При использовании в качестве коагулянта полиэлектролита *CIP* для получения линии регрессии по полученным экспериментальным данным для решения системы уравнений (12) составляем таблицу исходных данных (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные

	t_i	m_i	t_i^2	$\ln m_i$	$t_i \cdot \ln m_i$
	10	12,8	100	2,5494	25,494
	30	10,1	900	2,3125	69,3761
	55	7	3025	1,9459	107,0251
	82	4,2	6724	1,4351	117,6769
	103	3	10609	1,0986	113,1571
	125	1,5	15625	0,4055	50,6831
Сумма	405		36983	9,7470	483,4123

Получаем систему уравнений

$$\begin{cases} -36983 \cdot K_m + 405 \cdot \ln m_0 = 483,4123 \\ -405 \cdot K_m + 6 \cdot \ln m_0 = 9,747 \end{cases} \quad (13)$$

Решая систему этих уравнений, получаем параметры

$$K_m = 0,0181, m_0 = 17,215.$$

Уравнение линии регрессии имеет вид

$$m = 17,215 \cdot e^{-0,0181t}$$

По исходным данным по методу наименьших квадратов определяем аппроксимирующую функцию и коэффициент достоверности аппроксимации (рисунок 2).

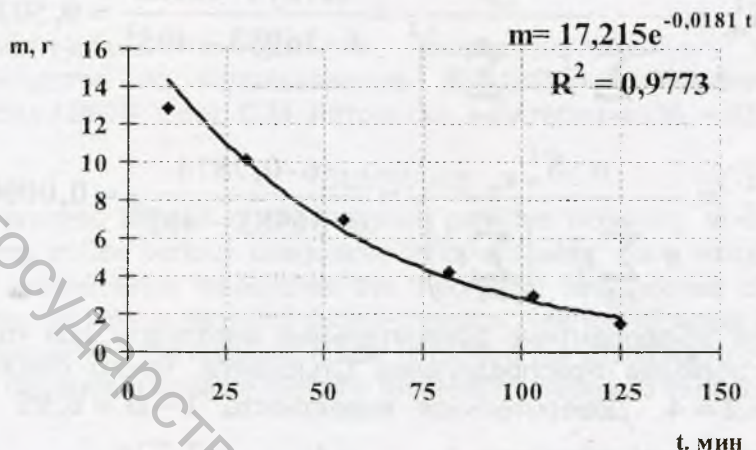


Рисунок 2 - Аппроксимирующая функция

В результате получаем эмпирическую формулу $m = 17,215 \cdot e^{-0,0181t}$. Коэффициент достоверности $R^2=0,9773$ близок к единице, следовательно, полученная эмпирическая модель хорошо отражает результаты эксперимента.

Проводим проверку адекватности полученной модели. Находим средние квадратичные ошибки коэффициентов найденного эмпирического уравнения регрессии. Для нахождения средних квадратических ошибок S_{m_0} и S_{K_m} , характеризующих точность полученных коэффициентов m_0 и K_m эмпирического уравнения регрессии, рассчитываем среднюю квадратическую ошибку, которая характеризует рассеивание эмпирических точек вокруг линии регрессии (см. рис. 2).

Для этого производим оценку значений зависимой переменной по формуле $m = 17,215 \cdot e^{-0,0181t}$ и рассчитываем отклонение $e_i = y_i - 17,215 \cdot e^{-0,0181t_i}$.

Сводим результаты математической обработки эксперимента, необходимые для исследования, в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты математической обработки

	t_i	m_i	$t_i m_i$	t_i^2	m_i^2	$m = 17,215e^{-0,0181t}$	$e_i = m_i - m$	e_i^2
1	10	12,8	128	100	163,84	14,3648	-1,5648	2,4486
2	30	10,1	303	900	102,01	10,0020	0,0980	0,0096
3	55	7	385	3025	49	6,3616	0,6384	0,4075
4	82	4,2	344,4	6724	17,64	3,9024	0,2976	0,0886
5	103	3	309	10609	9	2,6684	0,3316	0,1100
6	125	1,5	187,5	15625	2,25	1,7919	-0,2919	0,0852
Сумма	405	38,6	1656,9	36983	343,74			3,1495

Определяем несмещённую оценку дисперсии зависимой переменной массы m , очищенной от влияния переменной t , по формуле

$$S_{m \cdot K_m}^2 = S_{m \cdot K_m}^2 = \frac{1}{i-2} \cdot \sum_{i=1}^n (m_i - m)^2 = \frac{3,1495}{2} = 0,7874.$$

Затем вычисляем эмпирические дисперсии точечных оценок коэффициентов регрессии.

$$S_{m_0}^2 = \frac{S_{m \cdot K_m}^2 \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2} = \frac{0,7874 \cdot 36983}{6 \cdot 36983 - 405^2} = 0,5032.$$

$$S_{K_m}^2 = \frac{n \cdot S_{m \cdot K_m}^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2} = \frac{6 \cdot 0,7874}{6 \cdot 36983 - 405^2} = 0,00008.$$

Рассчитываем 95-процентные доверительные интервалы для коэффициентов регрессии по таблицам t -распределения Стьюдента. Число степеней свободы $\nu = n - 2 = 6 - 2 = 4$. Доверительная вероятность $1 - \alpha = 0,95$. Критическое значение статистической обработки $t_{\alpha/2; n-2} = t_{0,025; 4} = 2,776$.

Находим доверительный интервал для коэффициента m_0 :

$$m_0 \pm t_{0,025; 4} \cdot S_{m_0} = 17,215 \pm 2,776 \cdot 0,5032 = 17,215 \pm 1,3969.$$

Следовательно, $15,8181 < m_0 < 18,6119$.

Поступая аналогичным образом, находим 95-процентный доверительный интервал для коэффициента K_m :

$$K_m \pm t_{0,025; 4} \cdot S_{K_m} = 0,0181 \pm 2,776 \cdot 0,00008 = 0,0181 \pm 0,0002.$$

Следовательно, $0,0179 < K_m < 0,0183$.

Рассчитываем коэффициенты корреляции R и детерминации R^2 :

Коэффициент корреляции

$$R = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot t_i - \sum_{i=1}^n m_i \cdot \sum_{i=1}^n t_i}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2}}$$

$$R = \frac{6 \cdot 1656,9 - 38,6 \cdot 405}{\sqrt{6 \cdot 36983 - 405^2} \cdot \sqrt{6 \cdot 343,74 - 38,6^2}} = -0,9888.$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,9778$.

Полученный результат означает, что 97,78 % рассеивания зависимой переменной объясняется теоретически полученной экспоненциальной моделью, а 2,22 % остаются необъяснимыми. На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы: получена теоретическая зависимость массы осажденных частиц от времени в процессе химического осветления сточных вод; проведена экспериментальная проверка

полученной зависимости для флокулянта СІР; проведена проверка адекватности полученной модели, которая показала, что 97,78 % рассеивания зависимой переменной объясняется теоретически полученной экспоненциальной моделью.

Список использованных источников

1. Матвеев, Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений : Учеб. пособие / Н.М. Матвеев. – Москва : Высшая школа, 1963. – 546 с.
2. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении: [Справ. пособие] / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский – Мн.: Выш. шк., 1985. – 286 с., ил.
3. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «Statistika for windows»): Учебное пособие / ВГТУ; Сост. С.М. Литовский. – Витебск, 1996. – 63 с.

SUMMARY

In work the process deposit of the weighed particles occurring in clearing of shop chemical cleaning at use various coagulants is investigated. As a result of carried out theoretical and experimental researches the theoretical dependence of weight of the besieged particles on time is received during chemical cleaning of waste water, and also the check of adequacy to the received model is carried out which has shown, that 97,78 % of dispersion dependent variable explains theoretically received exhibitor model.

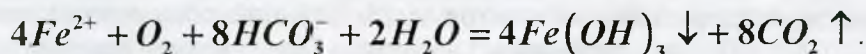
УДК 628.1.033+628.5

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ТЭЦ

А.П. Платонов, С.Г. Ковчур

Подземные воды большинства регионов Беларуси характеризуются повышенным содержанием железа. Например, на водозаборе № 4 г. Витебска вода, подающаяся на станцию обезжелезивания, содержит 3,5 мг/л ионов железа.

Преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при наличии значительных количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода [1]. Наряду с этим железо встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II). Гидроксид железа может присутствовать в воде в коллоидном состоянии, которое является одной из основных форм его существования. Выпадению гидроксида железа из коллоидного состояния в осадок способствует наличие противоположно заряженных золь кремниевой кислоты. При значениях pH < 4,5 железо находится в воде в виде ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} , $[Fe(OH)_2]^{2+}$. Повышение значения pH приводит к окислению ионов железа (II) в ионы железа (III). Окисление ионов железа (II) кислородом воздуха происходит по реакции



Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществлять лишь реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

На водозаборе № 4 г. Витебска для обезжелезивания воды применяется метод фильтрования на каркасных фильтрах на установках производительностью до 1000 м³/сутки. Сущность этого метода заключается в том, что ионы железа (II) после окисления переходят в осаждающиеся ионы железа (III). Гидроксид железа,