

УДК 628.16

Эпоян С.М., Сизова Н.Д., Душкин С.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
АКТИВИРОВАННОГО РАСТВОРА КОАГУЛЯНТА**

Постановка проблемы и ее актуальность. В процессах водоподготовки при очистке природных и сточных вод распространены реагентные методы обработки воды, масштабы которых, судя по прогнозам, будут увеличиваться. Недостатками реагентных методов водоподготовки являются значительные габаритные размеры реагентного хозяйства, большой расход реагентов, необходимых для очистки воды до требуемых норм, неудовлетворительное протекание процесса коагуляции при осветлении и обесцвечивании воды при низких температурах, недостаточная щелочность и высокая цветность воды [1-4].

Существующие методы, интенсифицирующие процесс коагуляции, предусматривают создание эффективных условий для быстрого и полного разделения гетерогенной системы, которой являются природные воды, что в практике водоочистки сводится к получению легкооседающих крупных хлопьев с сильно развитой поверхностью и к сокращению времени формирования их [5-7].

Целью данной работы является разработка математической модели, позволяющей прогнозировать эффективность очистки маломутных цветных вод и воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и с низкой цветностью при использовании активированного раствора коагулянта сульфата алюминия [8].

Основные материалы. В работе моделирование проводили на двух уровнях с варьированием трех факторов - 2³ [9,10].

В качестве основных факторов, влияющих на осветление воды при использовании активированного раствора коагулянта приняты следующие:

1. Маломутные цветные воды

– цветность, Ц, град;

– доза вводимого реагента, Д, мг/дм³;

– температура воды, Т, °С.

2. Вода с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью

- содержание взвешенных веществ, М, мг/дм³;
- доза вводимого реагента, Д, мг/дм³;
- температура воды, Т, °С.

Функциональные зависимости эффекта очистки природных вод при эффективных режимах активации раствора коагулянта имеют вид:

1. Маломутные цветные воды

$$\mathcal{E} = f(C, D, T) \text{ или } Y = f(X_1, X_2, X_3) \quad (1)$$

2. Вода с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью

$$\mathcal{E} = f(M, D, T) \text{ или } Y = f(X_1, X_2, X_3) \quad (2)$$

В общем виде функциональная зависимость, описанная уравнениями (1 и 2), имеет вид

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (3)$$

где b₀, b₁, b₂, b₃, b₁₂, b₁₃, b₂₃, b₁₂₃ – коэффициенты регрессии.

Степень точности математической модели определи диапазоном изменения факторов: для каждого i-го фактора устанавливается X_{i0} – основной уровень фактора; X_{i max}, X_{i min} – верхний и нижний уровни i-го фактора, которые принимаются во время исследований; ΔX_i – интервал варьирования равный

$$\Delta X_i = \frac{X_{i \max} - X_{i \min}}{2}, i = 1 \dots k \quad (4)$$

При проведении эксперимента использовали кодированные значения уровней факторов. При этом основной уровень принимали равным нулю, верхний - +1, а нижний - -1. Кодирование осуществляется по формуле

$$\bar{X}_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, i = 1 \dots k \quad (5)$$

Условия планирования эксперимента

для маломутных цветных вод представлены в табл. 1, а воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью – в табл. 2.

Таблица 1 - Условия планирования эксперимента для маломутных цветных вод

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Наименование	Кодовый вид	-1	0	+1	
Коагулянт – сульфат алюминия					
Цветность, град	X ₁	35	65	95	30
Доза реагента, мг/дм ³ ;	X ₂	25	50	75	25
Температура воды, °С	X ₃	3	12	21	9

Таблица 2 - Условия планирования эксперимента для воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Наименование	Кодовый вид	-1	0	+1	
Коагулянт – сульфат алюминия					
Взвешенные вещества, мг/дм ³	X ₁	70	105	140	35
Доза реагента, мг/дм ³ ;	X ₂	25	50	75	25
Температура воды, °С	X ₃	3	12	21	9

Таблица 3 - Эффективность очистки маломутных цветных вод при применении активированного раствора коагулянта сульфата алюминия

№ эксперимента	Исходное содержание цветности, град;	Количество параллельных опытов	Цветность в осветленной воде, град	Эффект очистки, %	Среднее значение эффекта очистки, %
1	95	3	17	82,30	83,10
				82,20	
				84,80	
2	95	3	19	80,20	80,00
				79,70	
				80,10	
3	92	3	18	81,1	80,43
				79,49	
				80,73	
4	89	3	20	76,53	77,52
				77,21	
				78,83	
5	92	3	19	79,42	80,35
				80,16	
				81,46	
6	94	3	20	77,68	78,77
				78,72	
				79,91	
7	83	3	17	81,48	80,68
				79,68	
				80,88	
8	89	3	18	78,37	79,77
				78,15	
				82,80	

Для прогнозирования эффекта осветления воды при применении активированного раствора сульфата алюминия была прове-

дена серия опытов, были определены значения цветности до и после лабораторной установки. Результаты экспериментов приведены в табл. 3, 4.

Таблица 4 - Эффективность очистки мутноцветных вод при применении активированного раствора коагулянта сульфата алюминия

№ эксперимента	Исходное содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	Количество параллельных опытов	Содержание взвешенных веществ в осветленной воде, мг/дм ³	Эффект очистки, %	Среднее значение эффекта очистки, %
1	105	3	1,8	96,15	96,79
				97,15	
				97,08	
2	95	3	1,4	97,55	97,79
				98,13	
				97,69	
3	102	3	1,8	96,65	95,93
				96,12	
				95,01	
4	95	3	1,5	97,45	97,68
				98,54	
				97,04	
5	99	3	1,2	98,55	98,41
				97,85	
				98,84	
6	97	3	1,4	97,45	97,93
				98,79	
				97,55	
7	106	3	1,6	97,01	97,08
				96,58	
				97,66	
8	105	3	1,9	97,89	97,23
				97,68	
				96,13	

Решение уравнений позволило получить следующие функциональные зависимости:

- эффект очистки маломутных цветных вод

$$\mathcal{E} = 80,96 + 0,58 \cdot \mathcal{C} + 0,879 \cdot T + 0,709 \cdot D \cdot T \quad (6)$$

- эффект очистки воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью.

$$\mathcal{E} = 97,36 - 0,303 \cdot M + 0,448 \cdot D + 0,348 \cdot M \cdot T \quad (7)$$

где \mathcal{E} – эффективность очистки воды, %; \mathcal{C} – цветность осветляемой воды, град. ПКШ; M – мутность осветленной воды, мг/дм³; D –

доза коагулянта сульфата алюминия, мг/дм³; T – температура осветляемой воды, °С.

На рис. 1 приведено сопоставление данных об эффекте очистки маломутных цветных вод при применении активированного раствора коагулянта сульфата алюминия опытным путем (экспериментальным) и расчетным (математическая модель), анализ которых позволяет сделать вывод, что функциональная зависимость достоверно описывает исследуемый процесс очистки маломутных цветных вод.

Аналогичные результаты получены при

сопоставлении экспериментальных и расчетных данных при определении эффекта осветления воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью

при применении активированного раствора сульфата алюминия.

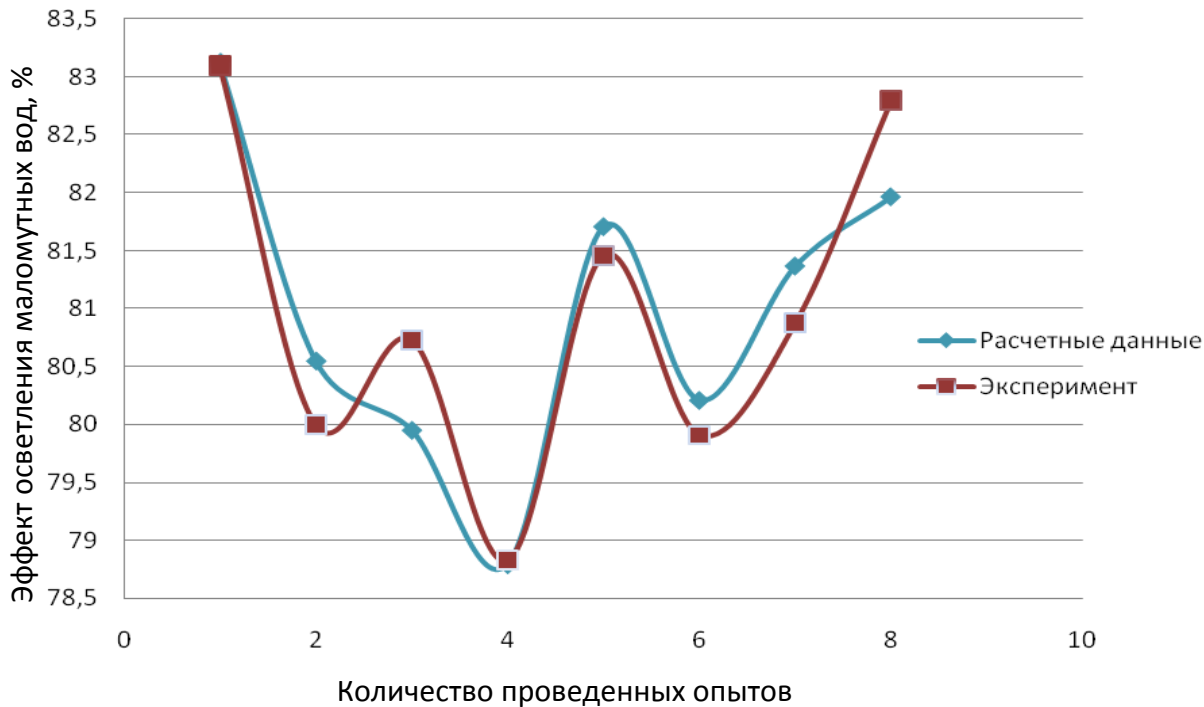


Рис. 1 – Сопоставление экспериментальных и расчетных данных при определении эффекта осветления маломутных цветных вод при применении активированного раствора сульфата алюминия

Вывод. Полученная математическая зависимость эффекта осветления маломутных цветных вод и воды с повышенным содержанием взвешенных веществ и низкой цветностью при применении активированного раствора сульфата алюминия достаточно полно описывает исследуемый процесс, что позволяет сделать вывод о возможности использования полученной зависимости в технологических расчетах работы очистных сооружений и обосновании применения активированного раствора коагулянта для интенсификации процесса осветления воды на очистных сооружениях водопровода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тугай А.М. Водопостачання: Підручник / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л.А. Кульский. – К.: Наук. Думка, 1980. – 564 с.
3. Валкина Е. Использование методов водоочистки

в новейших энергосберегающих технологиях / Е. Валкина, С. Вернези, И. Николаенко, П. Богуцкий // MOTROL. – 2010. - № 12С. – С. 114-120.

4. Василенко А.А. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: Учебное пособие / А.А. Василенко, П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина и др. – Киев – Одесса: КНУСА, ОГАСА, 2007. – 307 с.
5. Гончарук В.В. Современные технологии подготовки питьевой воды / В.В. Гончарук, Н.А. Клименко, Л.А. Савчина и др. // Химия и технология воды. – 2006. – Т.28. – №1. – С. 3-10.
6. Эпоян С.М. Анализ существующих методов повышения эффективности работы для подготовки воды / С.М. Эпоян, С.С. Душкин, В.А. Сташук // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА. ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 67. – С. 261–265.
7. Душкин С.С. Технологические испытания активаторов реагентов / С.С. Душкин // Программа и тезисы докладов 36 научно-технической конференции. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 111–112.
8. Эпоян С.М. Теория и практика использования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия для интенсификации работы очистных

сооружений водопровода / С.М. Эпоян, С.С. Душкин // Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов. Матер. междунар. научн.-практ. конф., проведенной в ПГУПС 23 апреля 2013 г. – СПб.: «Издательство ОМ-Пресс», 2013. – С. 72-75.

9. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техника, 1975. –168с.
10. Баутнер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Баутнер, М.Е. Позин. – Л.: Химия, 1968. – 823 с.

УДК 504:628.336

Горбань Н.С., Фомина И.Г.

НИО «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»

Эпоян С.М., Фомин С.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

САНИТАРНО -БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ И САНИТАРНО-ПАЗИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Осадки сточных вод (далее - ОСВ) являются продуктом очистки стоков хозяйственно - бытовой, промышленной и сельскохозяйственной деятельности, имеют неприятный запах и опасные в санитарном отношении, так как содержат огромное количество бактерий (в том числе патогенных) и возбудителей кишечных паразитов (яйца гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших и т.д.). Если рассматривать небольшие города, то одним из источников загрязнения сточных вод и их осадков являются сельскохозяйственные и домашние животные. Их фекалии, попадая в почву, осеменяют ее паразитами и, в дальнейшем, с поверхностным стоком поступают в очистные сооружения. По данным [1] в процессе очистки сточных вод от 75 до 88 % паразитов переходят в осадок. При этом концентрация их увеличивается, что делает ОСВ еще более опасными в эпидемиологическом отношении. Это же относится и к патогенным бактериям, которые содержатся в сыром осадке. Уплотнение ОСВ только повышает концентрацию бактерий. Поэтому применение ОСВ в сельском хозяйстве может способствовать обсеменению возбудителями паразитов и патогенной микрофлорой почвы, сельскохозяйственных культур, риску заражения населения. В табл. 1 приведены данные относительно загрязнения возбудителями паразитов ОСВ [1].

Опасными факторами заражения ОСВ являются биогельминты и геогельминты.

Биогельминты - это кишечные паразиты, которые нуждаются в переносчиках. Яйца таких гельминтов поступают вместе с экскрементами человека и животных в канализационные стоки.

Таблица 1 - Интенсивность обсемененности возбудителями паразитов осадков различных видов сточных вод

Виды осадков сточных вод	Содержание в 1м ³ жизнеспособных яиц гельминтов (экз.)
Хозяйственно-бытовых	1560-1810
Городских	800-1300
Животноводческих хозяйств	5200-9800
Инфекционных и детских больниц	2300-3800
Поверхностно-ливневые	1300-2200

Геогельминты имеют высокую жизнеспособность в почве, оптимальными параметрами для их развития является температура среды - 14-15 ° С и влажность - 60-80%. Очень часто при отрицательных гидротермических условиях, эти гельминты хранятся в осадке или почве в состоянии покоя до года и более и могут передаваться путем прямого контакта через почву.

Патогенные микроорганизмы, загрязняющие ОСВ и почва представлены бактериями, вирусами, плесневыми грибами, акти-