

«старт/стоп» и двухрежимная арматура сливного механизма, позволяющая сливать как весь объем воды в бачке (обычный режим), так и его половину (режим экономии). В таких бачках кнопка (клавиша) слива разделена на две части (реже устанавливаются две отдельные клавиши). Кроме того, в последние годы на рынке сантехники появились бачки с поворотной ручкой для регуляции объема смыываемой воды.

**Выводы.** Учет и экономия воды – это не только экологическая необходимость, но и экономически выгодное решение. Внедряя простые правила и используя современные технологии, мы можем значительно снизить потребление воды, сэкономить деньги и внести свой вклад в сохранение этого ценного ресурса для будущих поколений. Бережное отношение к воде – это наша общая ответственность!

### Список литературы

- 1 Алексеев, В. С. Экономика водопользования в промышленности / В. С. Алексеев // Научно-техническая фирма «Стройиздат». – 2010. – С. 48–52
- 2 Научно-технические и экологические проблемы природопользования : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 18–20 апр. 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брестский гос. техн. ун-т ; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест, 2012. – 208 с.

УДК 628.32

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕАГЕНТОВ НА УРОВЕНЬ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УПЛОТНЕННОГО АКТИВНОГО ИЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

*A. A. ЮДИН*

*Академия строительства и архитектуры Самарский государственный  
технический университет (АСА СамГТУ), Российская Федерация  
alex.udin1996@mail.ru*

**Актуальность.** Ключевым свойством осадка, определяющим его способность к влагоотдаче, является коэффициент удельного сопротивления  $g \cdot 10^{-10}$  см/г. Определение этого показателя представляет собой трудоемкий процесс, зависящий от места образования осадка, его состава и вида используемых реагентов [1].

**Цель работы** – изучение поведения удельного сопротивления уплотненного активного ила (ИАИ) доз флокулянта и коагулянта, выбор наилучшего реагента для обезвоживания, а также получение математических моделей исследуемых процессов в виде уравнений  $Y_i = f(X_1, X_2)$  в неявном виде

и удобных для инженерных и технологических расчетов уравнений  $r = f(\Delta_k, \Delta_\phi)$  в явном виде или в виде изолиний.

Все эксперименты проводились при одинаковых условиях. Время контакта реагента с осадком равнялось 10 мин, перемешивание происходило на механической мешалке. Осадок профильтровывался под давлением 500 мм рт. ст. Получаемые данные записывались через каждые 15–30 с (в зависимости от скорости фильтрования). Опыт заканчивался после появления трещин на осадке в воронке Бюхнера или прекращения поступления фильтрата в колбу Бунзена [1].

Для сокращения продолжительности исследований использовался метод математического планирования экспериментов (планы первого порядка) [2–4]. Было проведено три серии опытов. Основные характеристики плана эксперимента представлены в таблице 1, а усредненные экспериментальные и расчетные данные – в таблице 2.

Таблица 1 – Основные характеристики плана эксперимента

Характеристика	$\Delta_k$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\Delta_\phi$ , мг/дм <sup>3</sup>
Основной уровень	100	100
Интервал варьирования	100	100
Верхний уровень	200	200
Нижний уровень	0	0

Таблица 2 – Матрицы планирования эксперимента № 1, опытные и расчетные данные

Доза реагентов, мг/дм <sup>3</sup>		Аква-Аурат-30		
		$\Delta_k$	$\Delta_\phi$	
200	200	19,3	118,0	26,0
0	200	10,5	68,2	11,0
200	0	759,1	759,1	1212,1
0	0	1479,2	1479,2	2265,0
$b_0$		567,03	606,14	878,55
$b_1$		–177,84	–167,59	–259,45
$b_2$		–552,13	–513,03	–860,01
$b_{12}$		182,21	192,46	266,96
$ b_2/b_1 $		3,10	3,06	3,31

Порядок проведения опытов в матрицах планирования рандомизировался по таблице случайных чисел. Результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики при уровне значимости  $q = 0,05$  по методике, изложенной в работе [4, с. 136]. Для получения математических моделей процессов обезвоживания активного ила использовалась методика, приведенная в работе [4, с. 154–162]. Последовательность проверки

воспроизводимости опытов, расчета коэффициентов регрессии, определения их значимости и адекватности полученных математических моделей рассмотрены в [2, с. 58].

**Основные результаты.** В процессе обработки данных были получены коэффициенты уравнений математических моделей, описывающих процессы влагоотдачи в зависимости от вида вводимых реагентов, представленные в таблицах 3 и 4.

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показал, что в области изменения их концентрации вводимого в сырой осадок флокулянта от 0 до 200 мг/дм<sup>3</sup> значения удельного сопротивления осадка находились в обратно пропорциональной зависимости от дозы флокулянта и в прямо пропорциональной зависимости от дозы коагулянта *для всех видов флокулянта*.

Степень влияния флокулянта на процесс изменения удельного сопротивления, уплотненного ИАИ, была больше, чем степень влияния коагулянтов для всех сочетаний флокулянтов Аква-Аурат-30. Например, для сочетаний «ПАА / Аква-Аурат-30» она больше примерно в 3,1 раза; для «Аквафлок 2500 / Аква-Аурат-30» – в 3,06 раза; для «Besfloc K6729 / Аква-Аурат-30» – в 3,32 раза (таблица 2 строка  $|b_2 / b_1|$ ). Сравнение второй и третьей строк матрицы планирования № 1 показывает, что остаточная величина удельного сопротивления обработанного реагентами осадка (УСО) была меньше при соотношении  $\Delta_k / \Delta_\phi = 0 / 200$ , чем при соотношении 200 / 0 для всех исследованных коагулянтов.

**Таблица 3 – Характеристика процессов снижения удельного сопротивления осадка реагентами (неявный вид)**

Аква-Аурат-30 + флокулянт	Номер формулы	Математические модели процессов в неявном виде
1	2	3
ПАА	1	$r = 567,03 - 177,84X_1 - 552,13X_2 + 182,21X_1X_2$
Аквафлок 2500	2	$r = 606,14 - 167,59X_1 - 513,03X_2 + 192,46X_1X_2$
Besfloc K6729	3	$r = 878,55 - 259,45X_1 - 860,01X_2 + 266,96X_1X_2$

**Таблица 4 – Характеристика процессов снижения удельного сопротивления осадка реагентами (явный вид)**

Аква-Аурат-30 + флокулянт	Номер формулы	Расчетная формула в явном виде
1	2	3
ПАА	4	$r = 1478,21 - 3,5905\Delta_k - 7,3334\Delta_\phi - 0,018121\Delta_k\Delta_\phi$
Аквафлок 2500	5	$r = 1479,22 - 3,6005\Delta_k - 7,0549\Delta_\phi + 0,019246\Delta_k\Delta_\phi$
Besfloc K6729	6	$r = 2264,94 - 5,2638\Delta_k - 11,269\Delta_\phi + 0,026693\Delta_k\Delta_\phi$

Значимость коэффициентов  $b_{12}$  при взаимодействующих факторах всех сочетаний «коагулянт + ПАА» указывает на то, что функция отклика исследуемых математических моделей  $Y = f(\Delta_k, \Delta_\phi)$  адекватно описывается не плоскостью, а полуквадратичной формой (сферой), у которой значение коэффициента  $b_0$  не соответствует фактическому значению функции отклика в центре плана эксперимента. Анализ осредненных экспериментальных данных таблицы 2 показал, что минимальное значение удельного сопротивления уплотнённого ИАИ  $r = (10,5 \dots 11,0) \cdot 10^{-10}$  см/г имело место при обработке ПАА дозой  $\Delta_\phi = 200$  мг/дм<sup>3</sup> или Besfloc K6729 дозой  $\Delta_\phi = 200$  мг/дм<sup>3</sup>.

В третьей графе таблицы 3 приведены уравнения (1)–(3), которые описывают математические модели исследуемых процессов, представленные в *неявном виде*. Для практических технологических расчетов эти уравнения были переведены в *явный вид* (таблица 4). По уравнениям (4)–(6) в явном виде были построены зависимости  $r = f(\Delta_k, \Delta_\phi)$  в виде изолиний (рисунки 1–3).

$X_1 (\Delta_k, \text{мг/дм}^3)$

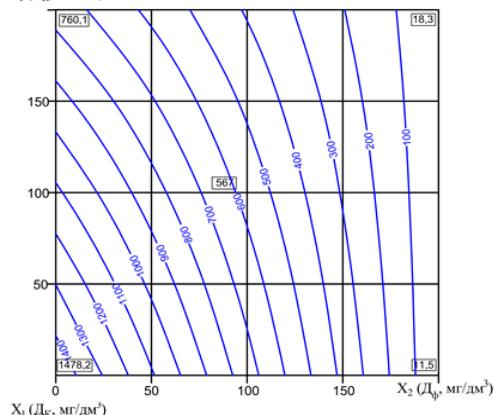


Рисунок 1 – Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка  $r \cdot 10^{-10}$ , см/г, от  $\Delta_\phi = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup> (ПАА) и  $\Delta_k = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup>  
(Аква-Аурат-30)

$X_1 (\Delta_k, \text{мг/дм}^3)$

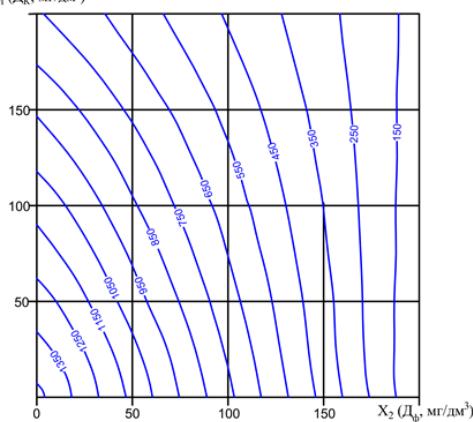
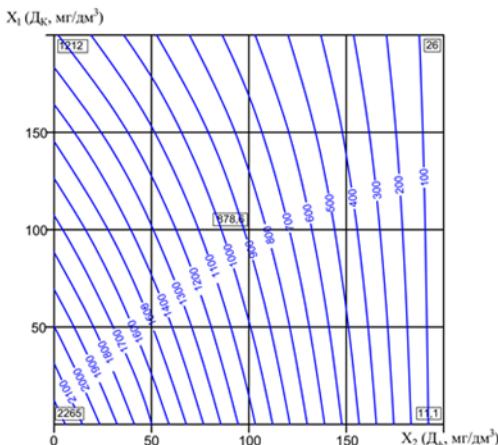


Рисунок 2 – Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка  $r \cdot 10^{-10}$ , см/г, от  $\Delta_\phi = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup> (Аквадлок 2500) и  $\Delta_k = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup>  
(Аква-Аурат-30)

Рисунок 3 – Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка  $\text{г} \cdot 10^{-10}$ , см/г, от  $\Delta\Phi = 0 \dots 200 \text{ мг/дм}^3$  (Besfloc K6729) и  $\Delta\kappa = 0 \dots 200 \text{ мг/дм}^3$  (Аква-Аурат-30)



Представленные графики подтверждают, что максимальное снижение удельного сопротивления уплотнённого ИАИ достигается с помощью флокулянтов ПАА, Besfloc K6729 дозой 200 мг/дм<sup>3</sup>.

**Выводы.** В статье представлены результаты исследования изменения удельного сопротивления осадка от доз трёх видов флокулянтов ( $D_\phi$ ) и одного коагулянта ( $D_k$ ). Изучено изменение удельного сопротивления сырого осадка от доз коагулянта и флокулянта. Получены математические модели процесса обезвоживания СО в виде уравнений  $r = f(D_k, D_\phi)$  в *неявном виде* или в виде уравнений и изолиний в *явном виде*. Установлено, что степень влияния флокулянтов на удельное сопротивление сырого осадка было больше, чем влияние коагулянта Аква-Аурат-30, в 3,06–3,31 раза. Доказано, что в зоне доз реагентов от 0 до 200 мг/дм<sup>3</sup> минимальное значение удельного сопротивления сырого осадка (10,5…11,0) · 10<sup>-10</sup> см/г имело место при обработке ИАИ флокулянтами ПАА и «Besfloc K6729» дозой 200 мг/дм<sup>3</sup>.

## Список литературы

- 1 **Кичигин, В. И.** Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод : учеб. пособие / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин. – Самара : Самарск. гос. архит.-строит. ун-т, 2008. – 204 с.

2 **Бондарь, А. Г.** Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи) / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – Киев : Вища школа, 1976. – 183 с.

3 **Саутин, С. А.** Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С. А. Саутин. – Л. : Химия, 1975. – 48 с.

4 **Кичигин, В. И.** Моделирование процессов очистки воды / В. И. Кичигин. – М. : АСВ, 2003 – 203 с.