

«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 смываемой 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

А. А. 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  $\gamma \cdot 10^{-10}$  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  $r = f(D_k, D_f)$  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	$D_k$ , мг/дм <sup>3</sup>	$D_f$ , 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		
$D_k$	$D_f$	ПАА	Аквафлок 2500	Besfloc K6729
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  $D_k / D_\phi = 0 / 200$ , чем при соотношении  $200 / 0$  для всех исследованных коагулянтов.

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

Аква-Аурат-30 + флокулянт	Номер формулы	Математические модели процессов в невяном 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	$r = 878,55 - 259,45X_1 - 860,01X_2 + 266,96X_1X_2$

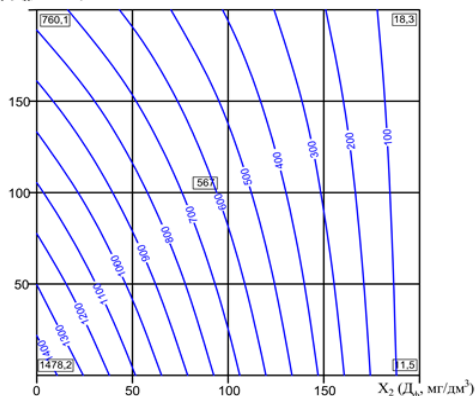
**Таблица 4 – Характеристика процессов снижения удельного сопротивления осадка реагентами (вяный вид)**

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

Значимость коэффициентов  $b_{12}$  при взаимодействующих факторах всех сочетаний «коагулянт + ПАА» указывает на то, что функция отклика исследуемых математических моделей  $Y = f(D_k, D_{\phi})$  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  $D_{\phi} = 200$  мг/дм<sup>3</sup> или Besfloc K6729 дозой  $D_{\phi} = 200$  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  $r = f(D_k, D_{\phi})$  в виде изолиний (рисунки 1–3).

$X_1$  ( $D_k$ , мг/дм<sup>3</sup>)



$X_1$  ( $D_k$ , мг/дм<sup>3</sup>)

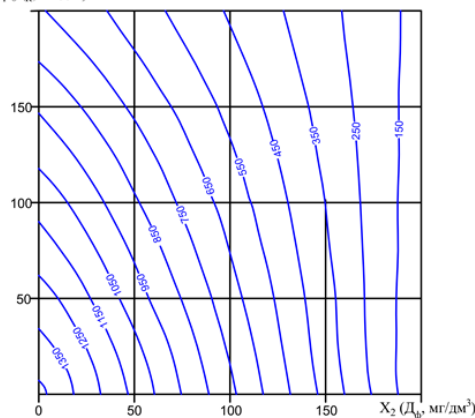
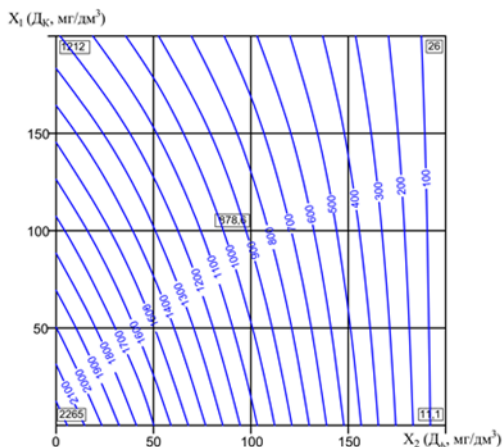


Рисунок 3 – Зависимость изменения удельного сопротивления исследуемого осадка  $r \cdot 10^{-10}$ , см/г, от  $D_{\text{ф}} = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup> (Besfloc K6729) и  $D_{\text{к}} = 0 \dots 200$  мг/дм<sup>3</sup> (Аква-Аурат-30)



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 ( $D_{\text{ф}}$ ) и одного коагулянтов ( $D_{\text{к}}$ ). Изучено изменение удельного сопротивления сырого осадка от доз коагулянта и флокулянта. Получены математические модели процесса обезвоживания СО в виде уравнений  $r = f(D_{\text{к}}, D_{\text{ф}})$  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  $(10,5 \dots 11,0) \cdot 10^{-10}$  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.