

*АНУШКО Р.А.<sup>1</sup>, ЗЫГМАНТ А.В.<sup>2</sup>, ГРИНШПАН Д. Д.<sup>2</sup>*

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ И КОМПОЗИЦИОННЫМИ РЕАГЕНТАМИ НА ИХ ОСНОВЕ**

*<sup>1</sup>ООО «АМИС-Техно», ran@amis-t.by*

*<sup>2</sup>БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск, Республика Беларусь*

**Актуальность тематики.** Реагентная коагуляция в настоящий момент является самой распространенной стадией водоочистки и водоподготовки [1, 2]. Для увеличения эффективности очистки воды в ходе коагуляции могут применяться различные дополнительные реагенты: регуляторы pH, флокулянты, сорбенты, дезинфектанты. Исследование процесса коагуляции и разработка композиционных реагентов на основе распространенных коагулянтов, например, солей алюминия и железа, позволяет не только увеличить эффективность процесса, но и упрощает стадию их введения в очищаемую воду [3].

**Цель работы.** В настоящей работе исследовалось влияние вида подщелачивающего реагента на характеристики процесса коагуляции и эффективность действия композиционных реагентов.

**Методика выполнения.** В качестве объектов были использованы алюминийсодержащие коагулянты с различными значениями относительной основности: сульфат алюминия ( $B = 0 \%$ ), «Аква-Аурат 30» ( $B = 33 \%$ ). С помощью лазерного анализатора дисперсности MasterSizer 3000 (Malvern Ltd., Великобритания) для указанных коагулянтов были получены зависимости от времени  $t$  среднего диаметра коагуляционных агрегатов  $\langle d \rangle$ . В качестве регуляторов pH использовались гидроксид натрия NaOH и гидрокарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$  в количествах, необходимых для достижения конечного pH, равного 8,5–9,0. По завершению коагуляции были произведены расчеты скоростей седиментации  $u$  и средней плотности частиц  $\rho_c$ , образовавшихся в результате гидролиза коагулянта.

Также была проведена пробная коагуляция с использованием композиционных реагентов на основе коагулянта АА30 и флокулянта. Для выявления влияния регулятора pH на эффективность очистки были использованы два типа композиционных реагентов, отличающихся наличием либо отсутствием регулятора pH в составе.

**Основные результаты.** Из приведенных на рисунке 1 зависимостей следует, что использование в качестве подщелачивающего реагента гидроксида натрия позволяет получить агрегаты значительно большего размера за тот же

промежуток времени, чем в его отсутствие. При этом для низкоосновного сульфата алюминия (СА) наблюдается увеличение конечного размера коагуляционных агрегатов в 2 раза, а для обладающего более высокой основностью «Аква-Аурата 30» (АА30) – в 1,4 раза.

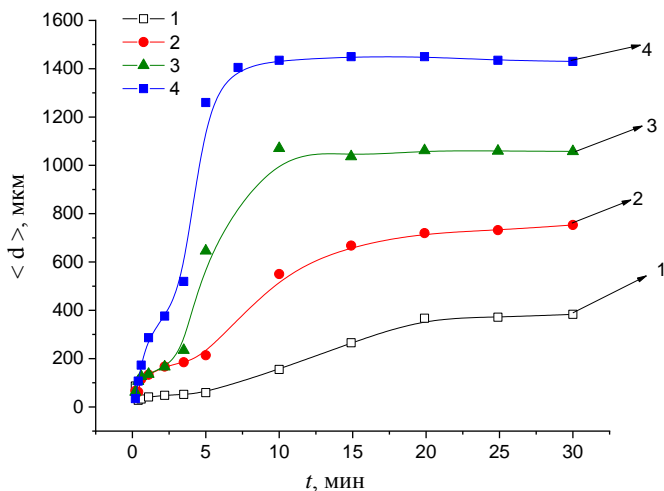


Рисунок 1 – Кинетика роста размеров коагуляционных агрегатов, полученных из СА при введении  $\text{NaHCO}_3$  (1) и  $\text{NaOH}$  (2); полученных из АА30 при введении  $\text{NaHCO}_3$  (3) и  $\text{NaOH}$  (4)

В таблице 1 представлены результаты определения основных параметров полученных дисперсий СА и АА30. Так, для сульфата алюминия наблюдается значительное увеличение скорости седиментации, несмотря на снижение плотности коагуляционных агрегатов. При этом для «Аква-Аурата 30» также наблюдается рост скорости седиментации при снижении их плотности, в 1,6 раза и в 1,5 раза соответственно.

Таблица 1 – Характеристики коагуляционных агрегатов

Вид коагулянта	Вид регулятора рН	$\langle d \rangle$ , мкм	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$u \cdot 10^3$ , м/с
СА	$\text{NaHCO}_3$	$380 \pm 40$	$1036 \pm 1$	$3,0 \pm 0,5$
	$\text{NaOH}$	$750 \pm 70$	$1013 \pm 1$	$4,5 \pm 0,6$
АА30	$\text{NaHCO}_3$	$1060 \pm 50$	$1007 \pm 1$	$5,3 \pm 0,4$
	$\text{NaOH}$	$1430 \pm 70$	$1006 \pm 1$	$8,5 \pm 0,6$

В таблице 2 представлены результаты очистки природных поверхностных вод Минско-Вилейской системы. Согласно данным таблицы 2, введение в состав композиционного реагента регулятора рН позволило

снизить содержание остаточного алюминия в очищенной воде, в то время как применение композиционного реагента на основе коагулянта АА30 без регулятора рН не позволило достигнуть требуемого СанПиН 10-124 РБ 99 содержания остаточного алюминия [4].

Таблица 2 – Влияние регулятора рН в составе композиционного реагента на степень очистки

Параметр	Исходная вода	Очищенная вода		Предельно допустимые величины в соответствии с СанПиН 10-124 РБ 99
		Композиционный реагент с регулятором рН	Композиционный реагент без регулятора рН	
рН	8,0	7,9	7,9	6–9
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	1,2	0,2	0,5	1,5
Цветность, град	33	11	12	20
Перманганатная окисляемость, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,5	2,9	3,6	5
Остаточный алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	–	0,3	0,6	0,5

**Выводы.** Применение в качестве подщелачивающего реагента гидроксида натрия позволяет получать коагуляционные агрегаты с большими конечными размерами, образующимися при использовании гидрокарбоната натрия. При этом наиболее сильно данный эффект проявляется для более низкоосновного коагулянта, чем для более высокоосновного.

Установлено, что увеличение размеров коагуляционных агрегатов при переходе от гидрокарбоната натрия к гидроксиду вызывает значительное увеличение скорости седиментации как у низко-, так и у более высокоосновного коагулянта.

Таким образом, при использовании как индивидуальных алюминий содержащих коагулянтов, так и композиционных реагентов на их основе для очистки природных поверхностных вод добавление регулятора рН позволяет повысить эффективность процесс коагуляции и значительно улучшить качество очищенной воды.

#### Список литературы

1 Mikola, M. Preparation and coagulation performance of solid aluminium formate / M. Mikola, J. Tanskanen // Journal of Water Process Engineering. – 2015. – Vol. 5. – P. 1–5.

2 Comparison of a novel polytitanium chloride coagulant with polyaluminium chloride: Coagulation performance and floc characteristics / Y.X. Zhao [et al.] // Journal of Environmental Management. – 2015. – Vol. 147. – P. 194–202.

3 Фрог, Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : Издательство МГУ, 1996. – С. 59–106.

4 Композиционные реагенты для очистки воды / Д.Д. Гриншпан [и др.] // Свиридовские чтения : сб. ст. – 2017. – Вып. 13. – С. 60–82.

УДК 004.942

*БОЙЦОВ В.*

## **ОБЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*ООО «ГеоЦентрГрупп»*

*г. Минск, Республика Беларусь, boytsov@geocentre.by*

Мировой опыт показывает, что для решения задач, связанных с повышением надежности системы водоснабжения города, качеством оказываемых услуг, снижением удельных энергозатрат требуется создание системы мониторинга и анализа работы коммуникаций и оборудования. Эффективным инструментом контроля и управления работой системы является цифровой двойник [1].

Цифровой двойник водоснабжения города – это такая сложная комплексная вещь, которая должна внедряться этапами. Двойник начинает собирать информацию об объекте, накапливать эту информацию. Дальше к цифровому двойнику прибавляется интеллект, прибавляются различные сервисы, и он растет, развивается до целевой модели, когда уже полностью повторяет физический объект и на его основе уже можно производить анализ, мониторинг и управление. Обобщенная структура цифрового двойника представлена на рисунке 1.

Важное свойство цифрового двойника заключается в том, что он должен быть постоянно обновляемым представлением реального физического процесса. Цифровой двойник – это динамическая, а не статическая модель реального объекта. При его эксплуатации информация с датчиков (мобильные, стационарные контрольные точки мониторинга манометрического давления и расхода), отчеты от пользователей и другие данные непрерывно передаются цифровому двойнику. Ответом из виртуального пространства в реальное становятся различные прогнозы и оценки, которые могут использоваться для улучшения работы и обслуживания реального объекта [2].

Дополнительно к цифровому двойнику эффективным решением является создание контроля за утечками по зонам DMA (Demand Metering Area).

На рисунке 2 представлено графическое обоснование инвестиций ООО «ГеоЦентрГрупп» по делению системы водоснабжения г. Рогачева на 9 счетных зон DMA с помощью 29 автономных пунктов учета воды, на базе расходомеров Siemens MAG8000.