

УДК 628.161

## КОАГУЛЯЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

канд. техн. наук, доц. Д.П. КОМАРОВСКИЙ;  
канд. техн. наук, доц. В.Д. ЮЩЕНКО; Т.М. МОНЯК  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассматривается коагуляционная обработка воды как начальный этап водоподготовки, от эффективности которой зависит весь дальнейший ход подготовки воды. Представлены результаты пробного коагулирования воды реки Западная Двина, проведенные в разные фазы гидрологического режима реки. В качестве коагулянтов приняты сернокислый алюминий и полиоксихлорид алюминия. Установлена их оптимальная доза, что являлось задачей данного исследования. Выбраны диктующие показатели, по которым определялась оптимальная доза коагулянта, – цветность и перманганатная окисляемость.*

Река Западная Двина является источником промышленного водоснабжения крупных предприятий Полоцкого региона, а именно: ОАО «Нафтан», нефтехимический завод «Полимир», ОАО «Полоцк-Стекловолокно» и ТЭЦ города Новополоцка. Основные показатели качества воды в реке Западная Двина (по данным лаборатории завода «Полимир») представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества воды в реке Западная Двина

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения
Водородный показатель, рН	ед.	7...8,5
Перманганатная окисляемость	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4...50
Цветность	град.	50...250
Железо	мг/дм <sup>3</sup>	0,2...3
Щелочность	мг-экв/дм <sup>3</sup>	1...3
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	3...9
Сульфаты	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,1...0,4
Хлориды	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,15...0,3

Вода в реке Западная Двина относится к маломутным водам средней, а в отдельные периоды года и высокой цветности [1]. Для снижения цветности и органических загрязнений, характеризующихся перманганатной окисляемостью, на станциях водоподготовки применяют коагуляционную обработку воды [2–5]. Эффективность проведения коагуляционного процесса зависит от многих факторов [2; 3; 6; 7], таких как:

- температура и рН воды;
- наличие необходимого щелочного резерва;
- количество взвешенных и коллоидных частиц;
- концентрация органических соединений в воде;
- правильный выбор дозы коагулянта и интенсивность его смешения с водой;
- наличие предварительного окисления исходной воды.

Сегодня многие промышленные предприятия в коагуляционном процессе в качестве реагента используют сульфат алюминия (СА), однако в паводковый период и в холодное время года очистные сооружения, работающие с использованием данного коагулянта, в большинстве случаев не могут обеспечить необходимое качество очищенной воды, в особенности по перманганатной окисляемости. Для улучшения процесса коагуляции согласно [3–5; 8; 9] применяют высокоэффективные реагенты, например, полиоксихлориды алюминия (ПОХА) – неорганические полимеры, содержащие гидроокись хлорида алюминия. Этот вид коагулянта обладает рядом преимуществ по сравнению с другими реагентами: более широкая область применения в интервале рН; возможность использования при низких температурах; уменьшение дозы вводимого реагента; поставка в готовом рабочем растворе, позволяющая отказаться от процесса растворения коагулянта.

В данной работе приводятся результаты пробного коагулирования воды из Западной Двины коагулянтами – сульфатом алюминия и полиоксихлоридом алюминия. Определение оптимальной их дозы при коагулировании и являлось задачей проводимого исследования. Цветность и перманганатная окисляемость – основные показатели, по которым определялась оптимальная доза коагулянта.

**Исследовательская часть.** В качестве коагулянтов использовали:

- 1) сернокислый алюминий 2 сорта с массовой долей оксида алюминия 16%;
- 2) полиоксихлорид алюминия АКВА-АУРАТ™10 с массовой долей оксида алюминия 10,4% и плотностью 1,26 г/см<sup>3</sup>.

Для проведения пробного коагулирования готовился рабочий раствор коагулянтов с концентрацией активной части по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, равной 0,1%.

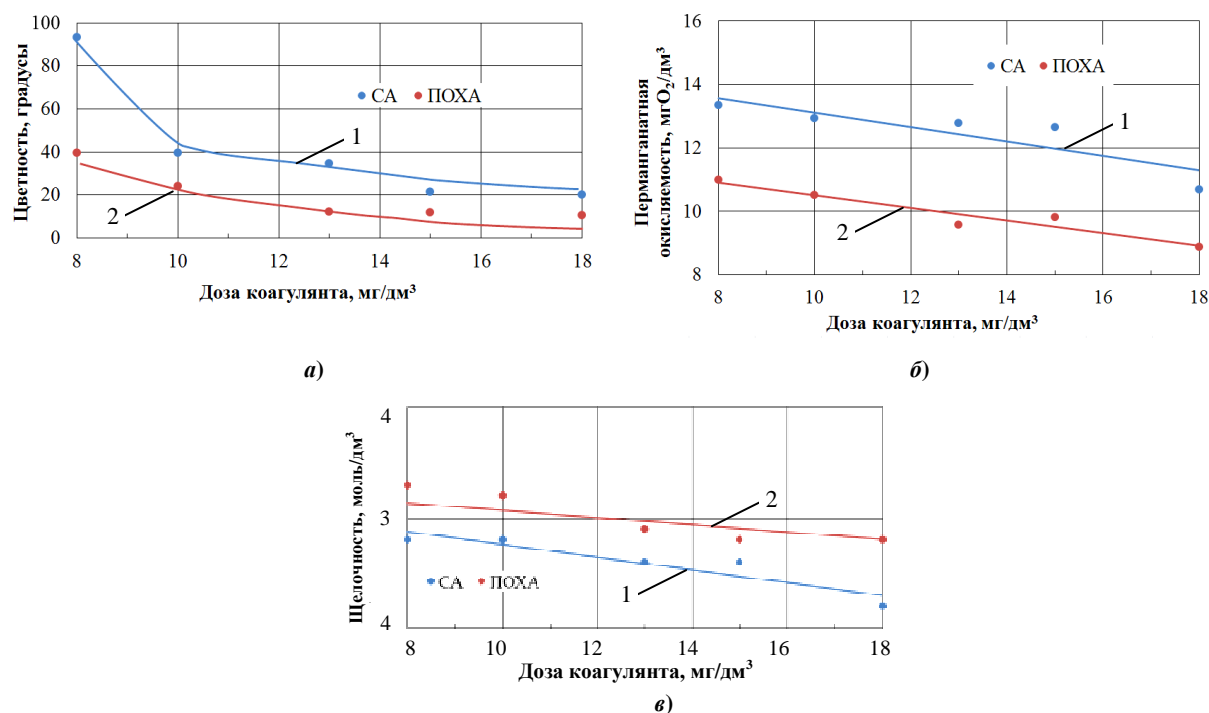
Цветность, перманганатную окисляемость и щелочность воды определяли согласно принятым методикам [10–12]. Мерные цилиндры заполняли исследуемой водой объемом 1000 мл. Назначали 5 доз коагулянта с интервалом 2...5 мг/дм<sup>3</sup>. В 1, 2, ... 5-й мерные цилиндры вводили назначенные дозы коагулянта. Далее стеклянной палочкой осуществляли легкое перемешивание в течение 15 минут, затем – отстаивание в течение 90 минут, визуально наблюдая за процессом осаждения образующейся взвеси. По истечении времени отстаивания из верхней части цилиндров отбирали пробы, фильтровали через бумажный фильтр «белая лента» и проводили определение цветности, перманганатной окисляемости и щелочности.

Речная вода для проведения пробного коагулирования отбиралась из водопровода сырой воды, поступающей на фильтровальную станцию завода «Полимир» ОАО «Нафтан». Отбор воды производился в характерные периоды года: зимнюю межень, весеннее половодье, летне-осеннюю межень. Качество исходной воды приведено в таблице 2. Результаты пробного коагулирования представлены на рисунках 1–3.

**Таблица 2 – Качество исходной воды реки Западная Двина**

Наименование показателей	Дата отбора воды и значения показателей воды		
	13.02.2015	10.04.2015	19.11.2015
рН, ед.	7,5	7,1	7,9
Цветность, град	146,8	295,13	63
Перманганатная окисляемость, гО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	14,87	28,16	10,7
Щелочность, ммоль/дм <sup>3</sup>	3,4	1,6	4,4

На рисунке 1 представлены результаты пробного коагулирования (1 – СА; 2 – ПОХА), проведенного в период зимней межени (13.02.2015).



**а – цветность; б – перманганатная окисляемость; в – щелочность**

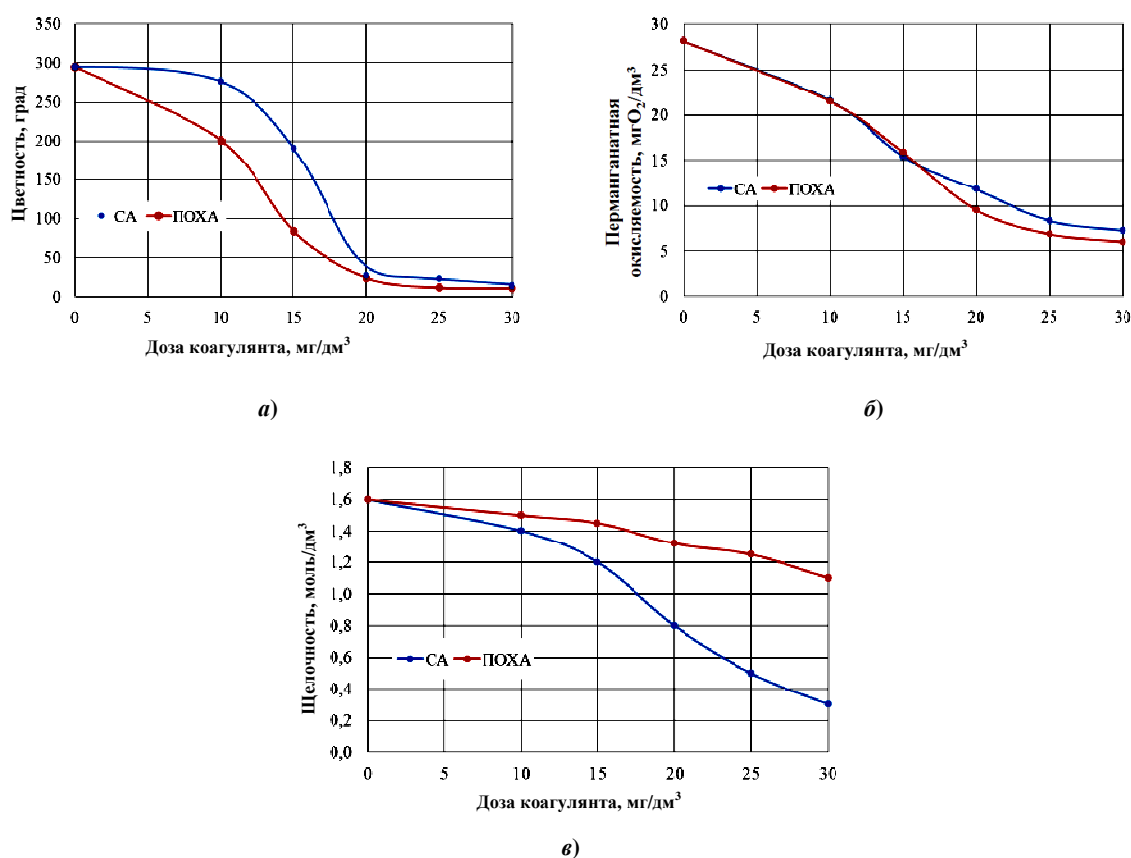
**Рисунок 1 – Зависимость показателей качества воды от дозы коагулянта**

Значения определяемых физико-химических показателей исходной воды представлены в таблице 2. Для снижения цветности оптимальную дозу коагулянтов ПОХА и СА можно принять равной  $10 \text{ мг/дм}^3$ . При этом эффективность применения ПОХА составила 84%, а СА – 73%.

Изменение перманганатной окисляемости в изучаемом диапазоне доз коагулянтов носит линейный характер. Эффективность снижения перманганатной окисляемости при дозе коагулянта  $10 \text{ мг/дм}^3$  составляет для ПОХА – 29%, для СА – 13%; при дозе коагулянта  $18 \text{ мг/дм}^3$  для ПОХА составляет 40%, а для СА – 28%.

Положительным моментом для коагулянта ПОХА можно отметить тот факт, что при его применении щелочность воды снижается в меньшей степени, чем при СА.

На рисунке 2 проиллюстрированы результаты пробного коагулирования воды, отобранной в период весеннего половодья на реке Западная Двина (10.04.2015). Физико-химические показатели исходной воды представлены в таблице 2.



а – цветность; б – перманганатная окисляемость; в – щелочность

Рисунок 2 – Зависимость показателей качества воды от дозы коагулянта

Из анализа коагуляционных кривых изменения цветности воды от дозы коагулянта (рис. 2, а) следует, что оптимальной дозой для коагулянтов СА и ПОХА является доза  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Полученная доза в 2 раза больше принятой при коагулировании воды в зимний период, что связано с большей загрязненностью воды в этот период (см. табл. 2). Эффективность применения рассматриваемых коагулянтов при дозе  $20 \text{ мг/дм}^3$  практически одинаковая и составляет для ПОХА – 92%, а для СА – 91%.

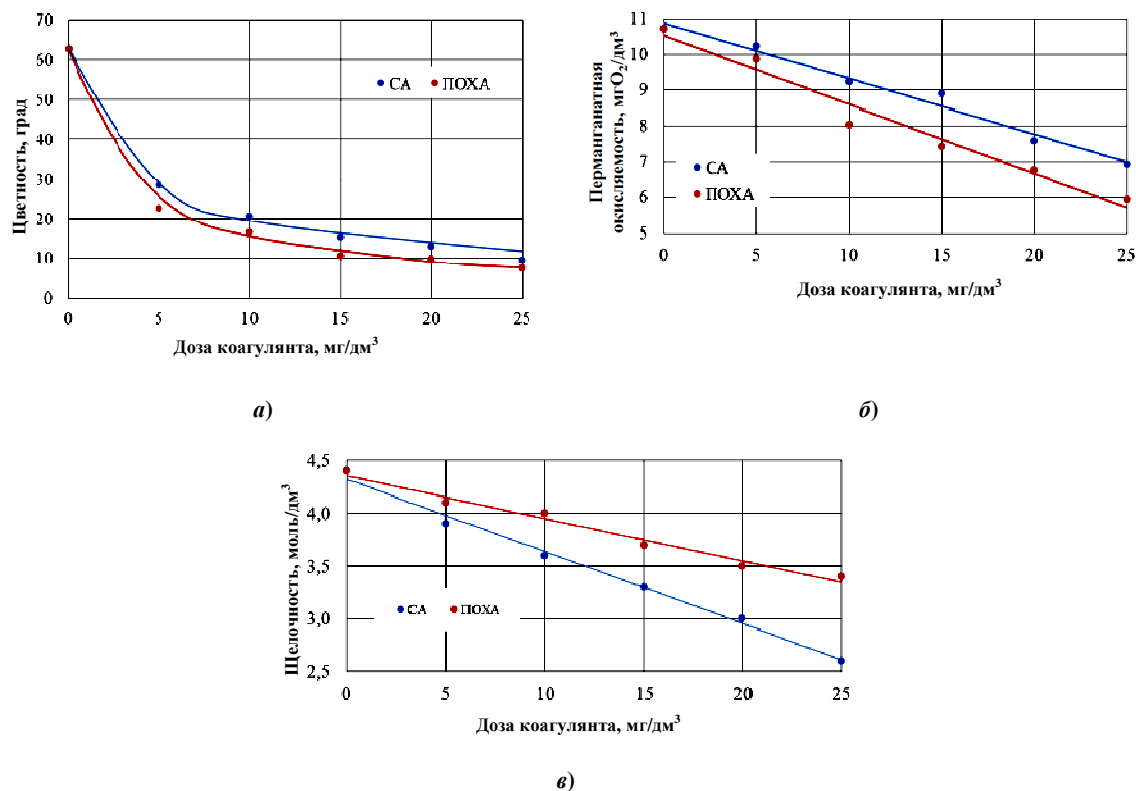
Для снижения перманганатной окисляемости оптимальную дозу коагулянтов можно также принять  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Эффективность снижения данного показателя составляет для ПОХА – 66%, для СА – 58%.

Необходимо отметить резкое снижение щелочности воды при применении коагулянта СА до значений  $0,8 \text{ ммоль/дм}^3$ , что может свидетельствовать о необходимости ввода подщелачивающего реагента.

В период осенней межени отбор воды из реки Западная Двина проводился 19.11.2015.

Значения определяемых физико-химических показателей исходной воды показаны в таблице 2.

На рисунке 3 представлены результаты пробного коагулирования воды.



*a* – цветность; *б* – перманганатная окисляемость; *в* – щелочность

Рисунок 3 – Зависимость показателей качества воды от дозы коагулянта

Применение коагулянтов СА и ПОХА показало практически одинаковую интенсивность снижения цветности (см. рис. 3, *a*). Оптимальная доза коагулянтов для снижения цветности составила 5 мг/дм<sup>3</sup>, эффективность при этой дозе для ПОХА – 64%, для СА – 55%.

Снижение перманганатной окисляемости имеет линейный характер на всем диапазоне изменения дозы коагулянтов (см. рис. 3, *б*). Применение рассматриваемых коагулянтов не показало их высокую эффективность снижения перманганатной окисляемости. При максимальной дозе 25 мг/дм<sup>3</sup> эффективность ПОХА составила – 45%, СА – 35%. По-прежнему щелочность коагулированной воды ниже при использовании СА, чем при ПОХА, но остается достаточной, чтобы воду не подщелачивать.

**Заключение.** Пробное коагулирование воды реки Западная Двина в периоды зимней межени, весеннего половодья и осенней межени с применением коагулянтов ПОХА и СА показало:

- 1) оптимальные дозы применения коагулянтов составляют: в период зимней межени – 10 мг/дм<sup>3</sup>; весеннего половодья – 20 мг/дм<sup>3</sup>; осенней межени – 5 мг/дм<sup>3</sup>.
- 2) коагулянт ПОХА обладает большей эффективностью по снижению цветности на 7...11% и по снижению перманганатной окисляемости на 2...16% по сравнению с СА. Применение коагулянтов дает больший эффект по снижению цветности воды, чем перманганатной окисляемости;
- 3) снижение щелочности воды меньше при применении ПОХА, особенно в период весеннего половодья, что не требует подщелачивания воды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы и правила: ТКП 45-4.01-31-2009. – Утв. и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 6 июля 2009 г. № 216.
2. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев. – М., 2005. – 576 с.
3. Потапов, В.В. Улучшение качества очистки природных вод с применением реагентов нового поколения / Б.Н. Потапов, А.Е. Бровкин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 7. – С. 15–21.

4. Гетманцев, С.В. Коагуляционная водообработка на Таманском групповом водопроводе / С.В. Гетманцев, С.Н. Линевич, Л.С. Казанок // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 9. – С. 30–33.
5. Исследование процессов коагуляции и обеззараживания при очистке воды поверхностных источников / И.Н. Мясников [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 9. – С. 13–15.
6. Сомов, М.А. Водоснабжение: учебник / М.А. Сомов, Л.А. Квитка. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 278 с.
7. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
8. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды / С.М. Эпоян [и др.] Харьков: ХНАГХ, 2013. – 190 с.
9. Эффективность использования полиоксихлоридов алюминия при очистке природных вод / А.К. Кинебас [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – № 2013. – № 9. – С. 52–56.
10. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости: ГОСТ Р 55684-2013. – Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2013 г. № 1320-ст.
11. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности: ГОСТ 3351-74. – Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 1 июля 1975 г. № 1309-ст.
12. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов: ГОСТ Р 52963-2008. – Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 сентября 2008 г. № 224-ст.

Поступила 08.12.2015

## COAGULATION WATER TREATMENT OF THE RIVER WESTERN DVINA

**D. KOMAROVSKY, V. USCHENKO, T. MONYAK**

*Coagulation treatment of water occurs at the initial stage of the water treatment and its effectiveness influences on the entire future course of water treatment. The article presents the results of a test of water coagulation of the river Western Dvina which was conducted in different phases of the hydrological regime of the river. Aluminum sulfate and aluminum polyoxochloride were taken as a coagulant. The objective of the work was to determine the optimal dose of coagulant. Color and permanganate oxidation were chosen as dictating indicators which help to determine the optimal dose of coagulant.*