

УДК 628.16

А.М. Байбородин, К.Б. Воронцов, Н.И. Богданович

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Байбородин Артем Михайлович родился в 1985 г., окончил Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 20 печатных работ в области очистки производственных сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности.
E-mail: bajartyom@yandex.ru



Воронцов Константин Борисович родился в 1979 г., окончил Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 40 печатных работ в области очистки производственных сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности.
E-mail: kvork@mail.ru



Богданович Николай Иванович родился в 1943 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесохимических производств Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет более 350 печатных трудов в области изучения пиролиза древесины и отходов ее химической и механической переработки с получением адсорбентов для очистки сточных вод и газовых выбросов, а также адсорбционных методов очистки сточных вод и переработки осадков.
E-mail: lesochim@agtu.ru



КОАГУЛЯЦИОННАЯ ОЧИСТКА СИЛЬНОЗАГРЯЗНЕННОГО СТОКА ДПЦ-3 ОАО «АРХАНГЕЛЬСКИЙ ЦБК»

Показана возможность очистки сильнозагрязненного стока древесно-подготовительного цеха ОАО «Архангельский ЦБК» методом коагуляции.

Ключевые слова: коагулянт, флокулянт, коагуляция, сточные воды, целлюлозно-бумажные предприятия.

Важной задачей производства целлюлозы является сохранение благоприятной экологической обстановки на территории, где непосредственно расположено предприятие, и в регионе в целом. Актуальность данной задачи объясняется тем, что работа предприятий ЦБП сопровождается большим количеством вредных выбросов как в воздушную, так и в водную среду. Известно [6], что ЦБП занимает одно из лидирующих мест среди всех отраслей промышленности по объемам водопотребления и водоотведения. Сточные воды ЦБП характеризуются довольно сложным качественным и количественным

составом и содержат много биологически трудно окисляемых веществ. При этом традиционным и самым распространенным методом их обезвреживания до сих пор остается именно биологическая очистка. В результате ущерб, наносимый окружающей среде, при условии отсутствия других эффективных методов очистки сточных вод может быть значительным [5].

Одним из решений вышеуказанной задачи является разработка и внедрение промышленно приемлемых способов локальной очистки с использованием методов коагуляции для удаления биологически трудно окисляемых загрязнений сточных вод ЦБП, к которым относятся сточные воды древесно-подготовительного цеха (ДПЦ) и, в какой-то мере, условно чистые воды (УЧВ). Локальная их очистка (без смешения с другими стоками предприятия) с использованием современных коагулянтов и флокулянтов позволит повысить эффективность биологической очистки и снизить негативное влияние на окружающую среду [1].

Имеются данные о результатах очистки сточных вод различных отраслей промышленности коагулянтами, флокулянтами, их смесями и композициями [2], практическом исследовании коагуляционной очистки лигнинсодержащих стоков ЦБП [4]. Однако исследования по коагуляционной очистке сточных вод ДПЦ до сих пор не проводились.

Объектом настоящих исследований являлась сточная вода ДПЦ-3 ОАО АЦБК, которая представляет собой мутный раствор темно-коричневого цвета со специфическим запахом и содержит большое количество взвешенных веществ (ВВ). В качестве реагентов использовали коагулянты: сульфат алюминия (СА), оксихлорид алюминия (ОХА), алюмокалиевые квасцы (АКК), сульфат железа Ш(СЖ Ш). Для улучшения седиментационных свойств образующегося при коагуляции осадка применяли катионный флокулянт фирмы «Налко». Концентрации растворов коагулянтов составляли 1 % по активному веществу, флокулянта – 0,03 %.

Образцы сточных вод хранили при пониженной температуре, перед началом эксперимента их выдерживали в термостате при температуре 20 °С. Предварительно отделяли крупнодисперсную взвесь отстаиванием в течение 10 мин с последующим декантированием. Обработку проводили следующим образом. В стакан вместимостью 250 мл наливали 200 мл исследуемой сточной воды, в которую при постоянном перемешивании вносили определенный объем раствора коагулянта. Пробу перемешивали в течение 2 мин, после чего, продолжая перемешивать, вносили определенный объем раствора флокулянта и снова перемешивали 2 мин. По окончании процесса смесь отстаивали в течение 30 мин, после чего в надосадочной жидкости определяли рН, химическое потребление кислорода (ХПК) и содержание ВВ без дополнительного фильтрования, а также цветность после фильтрования пробы. По разности показателей до и после очистки рассчитывали ее эффективность [3]. В экспериментах варьировали дозировки исследуемых коагулянтов при постоянной дозировке флокулянта 1 мг/л. Значение рН исходной воды находилось в интервале 6,97...7,15.

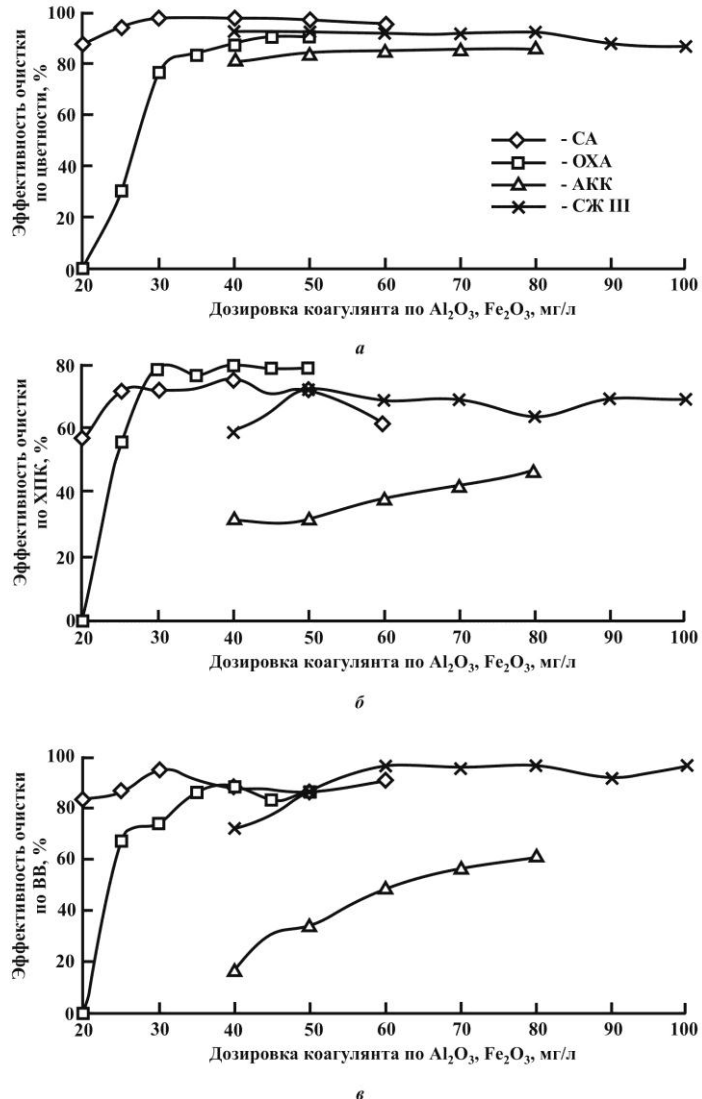


Рис. 1. Влияние дозировки коагулянтов на эффективность очистки ДПЦ по цветности (а), ХПК (б) и ВВ (в)

Из полученных экспериментальных данных следует, что максимальная эффективность очистки по цветности (98 %) достигнута при использовании СА в количестве 30 мг/л (рис. 1, а). При этом приемлемая степень очистки достигается уже при 20 мг/л. Применяя ОХА, удалось очистить сточную воду на 90 %, при этом дозировка в 1,5 раза выше по сравнению с СА. Степень очистки по цветности с помощью СЖ III находится примерно на том же уровне, что и при использовании ОХА, дозировка – 40 мг/л. Наименьшую эф-

фективность очистки по цветности (80...85 %) из всех опробованных коагулянтов имеют АКК при дозировке 40...70 мг/л.

Максимальный эффект очистки сточной воды по ХПК составил 80 % при использовании ОХА и дозировке коагулянта 30 мг/л (рис. 1, б). Применение СА приводит к несколько меньшему эффекту – 70...75 % при дозировках коагулянта от 25 мг/л. Обработка стока ДПЦ с помощью СЖ III также позволяет удалить до 70 % загрязнений по ХПК, но при несколько больших по сравнению с СА и ОХА дозировках – от 50 мг/л. Относительно невысокий эффект достигается при использовании АКК – максимальная степень очистки составляет 48 % в исследованном интервале дозировок от 40 до 80 мг/л.

Похожая картина наблюдается и с эффективностью удаления ВВ (рис. 1, в): АКК проявляет наименьший эффект, остальные коагулянты удаляют до 90...95 % ВВ, однако при различных дозировках. По минимальной дозировке, при которой достигается указанный выше эффект, коагулянты можно расположить в следующий ряд: СА – ОХА – СЖ III – АКК.

Из вышеизложенного следует, что АКК использовать для очистки сточной воды ДПЦ нецелесообразно ввиду низкой эффективности и больших дозировок реагента. Применение СЖ III также требует повышенных по сравнению с СА и ОХА дозировок. Таким образом наиболее эффективными являются алюмосодержащие реагенты: сульфат и оксихлорид алюминия, причем первый – по показателю цветности, а второй – по ХПК.

Исследованные пробы сточной воды ДПЦ отличались рН, значения которого стохастически менялись от 4,5 до 7,2. Данный показатель влияет на эффективность очистки по всем исследуемым параметрам: обработка стоков, рН_{исх} которых ниже 7,0, малоэффективна (табл. 1). При введении коагулянта происходит снижение рН до 3... 4, в то время как большинство реагентов работают в интервале 5 ... 7.

Таблица 1

Изменение эффективности очистки в зависимости от рН_{исх} стока

Коагулянт	Дозировка по Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , мг/л	Исходный рН	Эффективность очистки, %		
			по цветности	по ХПК	по ВВ
СА	60	4,56	0	36,0	85,4
		4,90	0	46,0	88,6
		5,58	31,3	44,4	90,9
		7,15	95,1	61,1	90,0
ОХА	50	4,56	39,4	46,4	91,9
		5,72	60,0	49,7	78,1
		7,15	90,1	78,6	85,3
АКК	70	4,97	0	12,1	82,3
		5,72	0	39,5	70,7
		6,97	84,8	42,1	55,3
СЖ III	70	4,97	0	56,7	94,5
		6,97	91,1	68,7	94,5

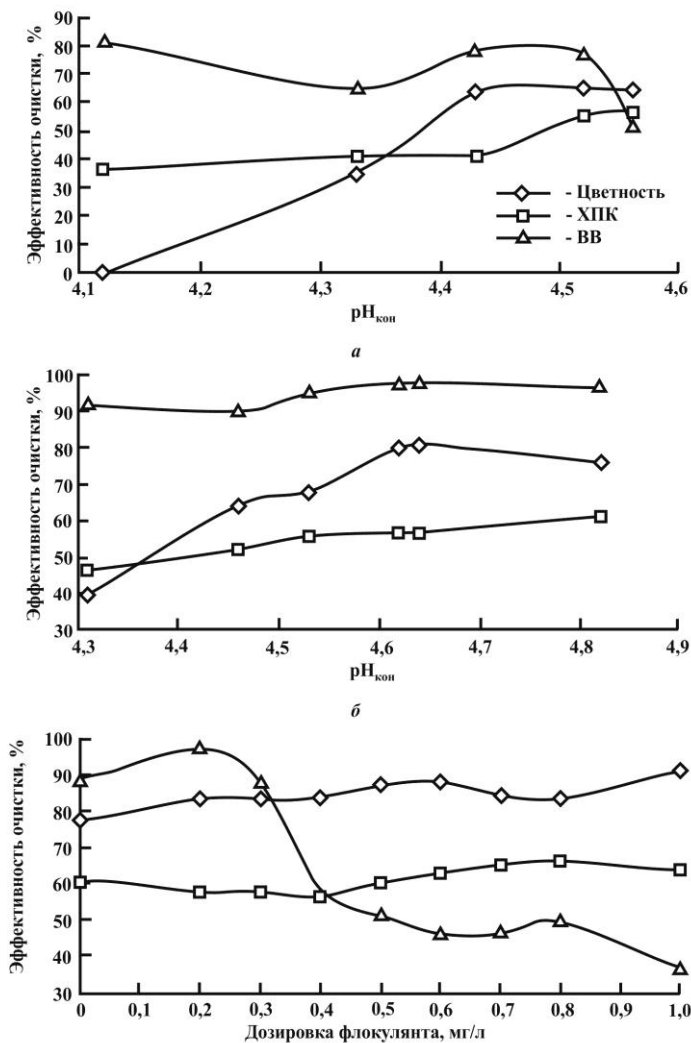


Рис. 2. Влияние $pH_{кон}$ (а, б) и дозировки флокулянта (в) на эффективность очистки ДПЦ сульфатом (а) и оксихлоридом (б, в) алюминия

Поэтому дополнительно была проведена корректировка pH раствором гидроксида натрия, который вводили в пробу воды после обработки коагулянтом, так как ранее было выявлено, что введение щелочного агента (до или после коагулянта) не оказывает на степень очистки заметного влияния. При этом pH контролировали после обработки щелочным реагентом – $pH_{кон}$ (рис. 2, а, б).

Как видно из представленных на рис. 2, а, данных, при очистке сульфатом алюминия эффективность очистки по цветности и ХПК возрастает с по-

Таблица 2

Влияние исходной загрязненности сточной воды на показатели очистки по ХПК и цветности

Исходная загрязненность	Удельный расход коагулянта, мг Al ₂ O ₃ /ед. ХПК (или цветности)	Эффективность очистки, %
По ХПК, мг/л:		
1426	0,069/0,045	61,1/78,6
2375	0,057/0,049	44,4/42,8
2782	0,046/0,035	47,0/51,3
4346	0,038/0,025	36,4/46,4
по цветности, °ПКШ:		
1420	90,0/60,6	0,042/0,035
1620	4,9/9,9	0,037/0,031
2620	68,7/74,4	0,023/0,019

Примечания. 1. В числителе приведены данные для СА, в знаменателе – для ОХА. 2. Удельный расход коагулянта – в мг/ед. ХПК или в мг/ед. цветности.

вышением рН_{кон}. При этом первый показатель сильно зависит от рН (в интервале от 4,1 до 4,4 увеличивается от 0 до 60 %), второй в меньшей степени (небольшой рост эффективности (на 15 %) наблюдается при рН > 4,5). Степень очистки по ВВ находится на уровне 65...80 %, а при рН > 4,5 снижается от 80 до 50 %.

Эффективность очистки при использовании ОХА (рис. 2, б) по ХПК в исследованном интервале рН меняется незначительно – от 50 до 60 %. Степень очистки по цветности зависит от рН_{кон} в гораздо большей степени – эффективность очистки увеличивается от 40 до 80 %. Степень удаления ВВ во всем интервале рН находится на высоком (90...98 %) уровне.

Таким образом, из всех определяемых показателей от рН_{кон} наиболее зависит эффективность очистки сточной воды по цветности.

Исследованные пробы сточной воды довольно сильно отличались по исходным показателям (табл. 2), в том числе и по ХПК, которое менялось от 970 до 4346 мгО₂/л. Влияние исходной загрязненной сточной воды на показатели очистки по ХПК и цветности приведены в табл. 2.

Максимальный эффект очистки по цветности с использованием СА выше, чем с ОХА, а по ХПК – наоборот. При этом эффективность очистки зависит не только от дозировки коагулянта, но и от исходной загрязненности как по цветности, так и по ХПК. Во всех случаях удельный расход коагулянта тем меньше, чем выше исходная загрязненность пробы воды.

Для эффективной очистки стока ДПЦ при использовании большинства из исследуемых коагулянтов требуется введение флокулянта в качестве второй ступени обработки воды. В противном случае результативность очистки уменьшается вследствие снижения эффективности процесса образования осадка и ухудшения его седиментационных свойств. Из всех представленных в данной работе коагулянтов только ОХА можно использовать в качестве действенного реагента в системе локальной очистки стока ДПЦ (рис. 2, в).

Выводы

1. Эффективность очистки по всем показателям максимальна при использовании СА и ОХА: 90...98 % по цветности, 70...80 % по ХПК, 90...95 % по ВВ. При этом СА эффективнее очищает сточную воду по цветности, а ОХА – по ХПК. Применение остальных коагулянтов нецелесообразно в связи с меньшей их эффективностью.

2. Обработка сточной воды, у которой $pH_{исх} < 7,0$, малоэффективна. Для повышения степени очистки требуется корректировка до pH 6,5...7,0, однако получить такой же эффект, как при обработке проб с $pH_{исх}$, близким к нейтральному, не удалось.

3. Только с использованием ОХА можно эффективно вести процесс очистки без дополнительного введения в сточную воду флокулянта. При этом получен примерно такой же эффект, как и при использовании других коагулянтов, но совместно с флокулянтом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байбородин А.М., Воронцов К.Б., Богданович Н.И. Локальная очистка сильнозагрязненных сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности коагулянтами // Материалы Всеросс. науч.-техн. интернет-конф. «Экология и безопасность техносферы». Орел, 2009. С. 71–73.

2. Гетманцев С.В. Нечаев И.А., Гандурина Л.П. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. М.: Изд-во АСВ, 2008. 272 с.

3. Лурье Ю.Ю. Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 1974. 336 с.

4. Максимов В.Ф., Вольф И.В., Винокуров Т.А. Очистка и рекуперация промышленных выбросов: учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 416 с.

5. Соболева Т.В. Приоритетные показатели эколого-аналитического контроля состава сточных вод в технологическом нормировании деятельности предприятий ЦБП: дисс. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2007. 128 с.

6. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2009 г. / Отв. ред. Л.Г. Доморощенова. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 2010. 297 с.

Поступила 22.06.11

A.M. Baiborodin, K.B. Vorontsov, N.I. Bogdanovich

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Coagulation Treatment of Heavily Polluted Effluents of the Woodroom-3 of JSC “Arkhangelsk Pulp and Paper Mill”

The possibility of treatment of heavily polluted effluents of the woodroom-3 of JSC “Arkhangelsk Pulp and Paper Mill” using coagulation method is demonstrated.

Key words: coagulant, flocculant, coagulation, effluents, pulp and paper mills.