С. С. Дрябина, А. В. Навроцкий, Ж. Н. Малышева, И. А. Новаков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ НА ОСНОВЕ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: s_dryabina@vstu.ru

Исследованы процессы обезвоживания активного ила с применением катионных флокулянтов и их бинарных смесей, разработаны рекомендации по совершенствованию технологии обезвоживания осадков. Представлены результаты испытаний по выявлению оптимальных соотношений компонентов в смеси при уплотнении и обезвоживании осадка активного ила, определен концентрационный интервал. Показано, что использование бинарных смесей катионных флокулянтов позволяет снизить влажность осадка и сократить содержание взвешенных веществ в фильтрате при одновременном уменьшении дозы полиэлектролитов.

Ключевые слова: активный ил, обезвоживание, катионные полиэлектролиты, флокуляция

Введение

Интерпретация флокулирующего действия полимерными полиэлектролитами даже на уровне модельных систем вызывает определенные трудности [1–6], связанные с одновременным проявлением ряда различных по природе факторов. При переходе к реальным дисперсиям изучение их устойчивости значительно усложняется [7–10].

Одной из важнейших областей практического применения катионных полиэлектролитов является обезвоживание осадков биологических очистных сооружений. Биологическая очистка применяется для обезвреживания сточных вод хозбытового и промышленного происхождения. Огромные преимущества биологической очистки связаны, прежде всего, с универсальностью этого метода, которая обеспечивается широким разнообразием существующих

видов микроорганизмов. Кроме того, биологическая очистка позволяет эффективно ассимилировать загрязнения в виде продуктов перера-Технология биологической очистки предполагает непрерывный или периодический вывод части активного ила, так как масса последнего постоянно возрастает. Основной задачей переработки избыточного активного ила является отделение дисперсионной среды (воды) с возвратом ее в технологический цикл от дисперсной фазы с последующей ее утилизацией. Эффективное разделение фаз при переработке избыточного ила возможно методом фильтрования с использованием барабанных вакуум-фильтров или ленточных фильтр-прессов. Во всех случаях для формирования устойчивых флокул, выделения связанной воды, интенсификации фильтрования и обезвоживания необходимо введение катионных флокулянтов.

[©] Дрябина С. С., Навроцкий А. В., Малышева Ж. Н., Новаков И. А., 2020.

В связи с этим в данной работе приведены результаты комплексного изучения активности катионных флокулянтов и их бинарных смесей при обезвоживании дисперсии активного ила (АИ), образующегося на очистных сооружениях сточных вод г. Волгограда. При этом важными анализируемыми параметрами служили: сокращение времени разделения фаз и подбор концентрации полиэлектролита и состава смеси полиэлектролитов, при которых достигается максимальная степень обезвоживания осадков.

Экспериментальная часть

Испытания флокулирующего действия катионных полиэлектролитов, проводили в условиях реальной дисперсной системы — суспензии активного ила, образующегося на очистных сооружениях сточных вод. С физико-химической точки зрения, активный ил представляет собой суспензию, содержащую 0,2–1 % сухого вещества. В лабораторных исследованиях активный ил (различной исходной влажности) объемом 100–500 мл заливали в стакан, добавляли расчетное количество флокулянта, полученную полимерсодержащую систему переме-

шивали путем 10-кратного переливания содержимого одного стакана в другой. Затем дисперсия отстаивалась в течение 30 с, фильтрат выпаривали и гравиметрически определяли количество взвешенных веществ (ВВ).

Влажность осадка (W, %) определяли гравиметрическим методом с использованием анализатора влажности «Элвиз-2». Исследования флокулирующей активности катионных полиэлектролитов и их смесей проводили методом оптической микроскопии с определением основных дисперсионных характеристик [11]: среднечисленного, среднеповерхностного и среднемассового размеров частиц (R_n , R_s , R_m), соответствующих степеней агрегации (α) и коэффициента полидисперсности (k_n).

В качестве флокулянтов использовали образцы катионных полиэлектролитов на основе поли-1,2-диметил-5-винилпиридинйметилсульфата с ММ [1,5-2] 10^6 (A, A-1), поли-N,N,-диметил-N,N,-диаллиламмоний хлорида с ММ ([200–500] 10^3 (В) и поли-триметил-оксиэтилметакрилоиламмоний метилсульфата с ММ ([5–6] 10^6 (С). Характеристика катионных полиэлектролитов приведена в табл. 1.

Таблица 1 Характеристика катионных полиэлектролитов

Обозна- чение	Формула	[η], дл·г ⁻¹	η _{пр} , дл·г ⁻¹	$lpha_\eta$
A	$ \begin{array}{c} -\left[H_{2}C - CH\right]_{n}^{\perp} \\ -\left[H_{2}C - CH\right]_{n}^{\perp} \\ -\left[H_{3}C - C$	3.21	73.3	2.84
A-1	$\begin{array}{c c} -H_2C - CH \\ \hline -H_2C - CH \\ \hline N \\ \hline N \\ \hline O \\ \hline N_2 \\ \hline O \\ \hline O \\ \hline N_2 \\ \hline O \\ O \\$	1,47	39,7	3,0
В	$ \begin{array}{c c} -\left[H_{2}C - CH - HC - CH_{2} \right]_{n} \\ CH_{2} CH_{2} \\ H_{3}C \\ \end{array} $	0.27	13.8	3.71
С	$\begin{bmatrix} -H_{2}C - C & \\ -C $	2.54	128.2	3.24

ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ 67

Оконачние табл. 1

Обозна- чение	Формула	[η], дл·г ⁻¹	η _{пр} , дл·г ⁻¹	$lpha_\eta$
Praestol-650	$\begin{bmatrix} -H_{2}C - CH - \\ O = C \\ H_{2}N \end{bmatrix}_{n} \begin{bmatrix} -H_{2}C - CH - \\ O = C \\ HN - C - C - C - N & CH_{3} \\ HN - C - C - C - N & CH_{3} \\ H_{2}H_{2} & 1 \\ CH_{3} & CH_{3} \end{bmatrix}$	6.01	72.0	2.29
Zetag 7664	$\begin{bmatrix} -H_{2}C - CH - \\ O = C \\ H_{2}N \end{bmatrix}_{n} \begin{bmatrix} -H_{2}C - CH_{3} \\ O = C \\ -CH_{3} \end{bmatrix}_{m} CH_{3}$ $O - C - C - N + CH_{3}$ $O - C - C - N + CH_{3}$ $CH_{3} + CH_{3}$	-	-	2,63

[η] – характеристическая вязкость, в 2M растворе NaCl, t = 30 °C,

$$\alpha_{\eta} = \sqrt[3]{\frac{\eta_{np}}{|\eta|}} -$$
 коэффициент набухания макромолекулярного клубка.

Кроме того, применяли катионные флокулянты широко известных марок *Praestol* и *Zetag*. Бинарные смеси из образцов катионных полиэлектролитов составляли в различных соотношениях компонентов. Выбор объектов обусловлен многочисленными исследованиями авторов и подтвержден эффективностью в процессах регулирования устойчивости модельных водных дисперсных систем.

Образцы полимеров предварительно очищали от низкомолекулярных примесей диализом. Для экспериментальных исследований растворы полиэлектролитов готовили за сутки. Для приготовления смесей флокулянтов растворы индивидуальных полиэлектролитов смешивали в различных соотношениях.

Обсуждение результатов

Несомненный научный и практический интерес при изучении процессов флокуляции АИ представляет исследование дисперсионных характеристик такой системы — размеров и формы образующихся флокул, а также их плотности. Исследования флокулирующей активности катионных полиэлектролитов и определенные гранулометрические характеристики дисперсии активного ила представлены в табл. 2 [7, 9, 12].

Необходимо отметить, что в условиях суспензии активного ила требуются более высокие оптимальные концентрации флокулянтов по сравнению с модельными суспензиями. В присутствии всех флокулянтов степень агрегации достигает максимального значения при концентрации полиэлектролитов 3-4 г/кг. Так же как и в условиях модельной каолиновой суспензии, в случае активного ила агрегация частиц в присутствии сополимера (А-1) оказывается выше, что можно объяснить величиной коэффициента набухания (табл. 1), который для сополимера равен трем, т. е. конформация макромолекулярного клубка имеет более развернутое состояние, что обеспечивает адсорбцию активных центров сополимера на большем числе частиц и образование достаточно прочных мостичных связей. При использовании *Pr-650* и *Zetag-7664* высокие степени агрегации очевидны, поскольку эти полимеры обладают большой молекулярной массой, но вместе с тем, как было показано в работе [1], такие флокулы достаточно рыхлые и менее прочные.

При моделировании технологического процесса флокуляции в случае обезвоживания активного ила на фильтр-прессах очень важно учитывать прочность образующихся флокул и их устойчивость к раскалыванию при перемешивании и фильтровании. В связи с этим были изучены зависимости прочности образующихся флокул от режима перемешивания в присутствии различных флокулянтов.

 $[\]eta_{np}$ – приведенная вязкость (0,01 %-ный водный раствор полимера)

Гранулометрические характеристики суспензии активного ила в присутствии флокулянтов различной природы

Суспензия	$C_{\varphi}, \Gamma/K\Gamma$	R _n 10 ⁵ , м	$R_{s} 10^{5}$, m	R _m 10 ⁵ , м	$k_{\scriptscriptstyle \Pi}$	α_n	$\alpha_{\rm s}$	α_{m}
АИ (влажность 99,51%)	0	4,9	12,6	14,9	3,0	1	1	1
	2	13,0	57,9	69,3	5,3	2,6	4,6	4,7
АИ+ флокулянт А	3	17,4	80,4	88,3	5,0	3,6	6,4	5,9
флокулинт 11	4	25,1	80,1	86,1	3,5	5,1	6,4	5,8
	2	19,4	105,6	111,9	5,9	4,5	9,3	9,0
АИ+ флокулянт А-1	3	17,8	105,4	111,1	6,3	4,1	9,3	8,9
флокулинг и	4	23,8	111,3	201,7	5,0	5,5	9,8	16,1
АИ+ Флокулянт Pr-650	2	11,5	86,9	101,2	9,1	2,4	6,9	6,8
	3	18,2	102,8	109,7	5,9	3,7	8,2	7,4
	4	26,9	102,5	109,4	4,0	5,9	8,1	7,3
АИ+ флокулянт Zetag 7664	2	22,2	107,4	114,0	5,3	4,5	8,5	7,7
	3	19,8	103,7	110,7	5,6	4,0	8,2	7,4
	4	15,4	11,2	117,6	7,7	3,1	0,9	7,9

На рис. 1 и 2 приводятся зависимости некоторых гранулометрических параметров от режима перемешивания.

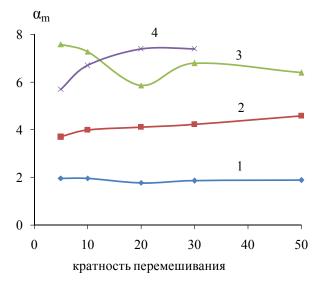


Рис. 1. Влияние времени перемешивания на среднемассовую степень агрегации $\alpha_{\rm m}$ частиц дисперсии АИ в присутствии флокулянтов: I-A-1; 2-A; 3-Pr-650; 4-Zetag-7664

Из рис. 1 видно, что при введении винилпиридиниевых полиэлектролитов (A, кривая 2) и (A-1, кривая I) величины среднемассовой степени агрегации $\alpha_{\rm m}$ остаются практически неизменными, а для промышленных марок флокулянтов акриламидной природы (Pr-650 и Zetag-7664) агрегация меняется незначительно, но и значения $\alpha_{\rm m}$ выше (кривые 3, 4), чем для ви-

нилпиридиниевых. Однако, анализируя вклад фракции мелких частиц, нужно отметить, что в присутствии винилпиридиниевых полиэлектролитов практически отсутствует содержание высокодисперсной фракции частиц, коэффициент полидисперсности k_n для различных режимов перемешивания мало меняется и составляет 5–10 (рис. 2, кривые 1, 2). Для флокулянтов Pr-650 и Zetag-7664 наблюдается резкое увеличение вклада мелких частиц в распределение по размерам (рис. 2, кривые 3 и 4), увеличение k_n от 10-15 до 20-25 соответственно.

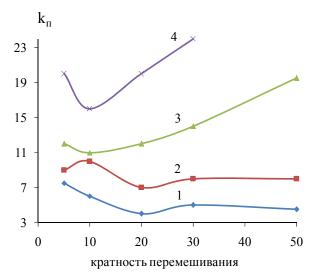


Рис. 2. Влияние времени перемешивания на коэффициент полидисперсности k_n суспензии АИ в присутствии флокулянтов:

ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ 69

Это свидетельствует о повышении фракции мелких частиц в процессе перемешивания при флокуляции образцами промышленных марок *Praestol* и *Zetag*, что, с технологической точки зрения, при фильтровании является нежелательным.

При оценке практически важных параметров при обезвоживании избыточного активного ила и, сопоставляя флокулянты винилпиридиниевой

природы с промышленными флокулянтами акриламидного типа, нужно отметить, что в присутствии флокулянта (А) влажность осадка снижается до 87,4 % при концентрации флокулянта 1,5 г/кг, что в 2 раза меньше, чем для *Praestol-650* (табл. 3). При использовании сополимера винилпиридиниевой природы (А-1) влажность осадка также можно значительно снизить, но при этом надо увеличить концентрацию до 3–6 г/кг.

Таблица 3

Сравнительный анализ активности катионных флокулянтов
по обезвоживанию АИ

Флокулянт	Концентрация, г/кг	Влажность осадка, W, %	Содержание взвешенных веществ BB, мг/л
A	1,5	87,4	28
A-1	6,0	88,6	29
Praestol-650	3,0	87,6	15
Zetag-7664	2,4	92,2	12

Флокуляция ила с образованием стабильных флокул наблюдается в интервале доз 1,5–6 мг/г, что характерно для высокомолекулярных катионных флокулянтов. Повышение значения характеристической вязкости, а, следовательно, и молекулярной массы, повышает эффективность обезвоживания. В интервале доз 2–4 г/кг осадок достаточно легко отделяется от фильтра. За пределами указанного интервала происходит забивка пор фильтрующего полотна, поверхность фильтра остается загрязненной осадком после отделения навески ила.

Перспективным и эффективным способом проведения флокуляции при обезвоживании активного ила явилось применение бинарных сме-

сей катионных флокулянтов. Установлено, что в присутствии бинарных смесей в количестве 1—4 г/кг происходит активное увеличение размеров частиц. Так, например, для смеси катионных флокулянтов (А-В) наблюдается формирование стабильных флокул с достаточной степенью агрегации и низкой полидисперсностью (табл. 4).

Как уже было отмечено, при интенсификации процесса обезвоживания наиболее важным параметром является уровень влажности, образующегося осадка, поэтому основной задачей исследования флокулирующей активности, является подбор оптимального соотношения компонентов во флокулирующей смеси, обеспечивающей максимальную степень обезвоживания.

Таблица 4
Дисперсионные характеристики суспензии активного ила в присутствии флокулянтов различной природы

Флокулянт	C_{φ} , г/кг	$R_n 10^5$, м	$R_{s}10^{5}$, M	$R_{\rm m}10^5$, M	k_{π}	$\alpha_{\rm n}$	α_{m}
Нет (W _{AИ} = 99,51 %)	0	4,3	12,6	12,5	2,9	1,0	1,0
	2	13,0	57,9	69,3	5,3	3,0	5,5
флокулянт А	3	17,4	80,4	88,3	5,1	4,0	7,1
	4	25,1	80,1	86,1	3,4	5,8	6,9
	2	8,5	27,6	86,9	10,0	2,0	6,9
флокулянт В	3	11,3	35,6	102,8	9,1	2,7	8,2
	4	17,4	41,0	102,5	5,9	4,1	8,2
Смесь флокулянтов А-В (состав 0,5-0,5)	2	8,3	25,5	31,5	3,3	1,9	2,5

В табл. 5 представлены результаты исследований по обезвоживанию избыточного активного ила в присутствии бинарных смесей, а также для сравнения указаны параметры по

обезвоживанию промышленными марками флокулянтов *Praestol-650* и *Zetag-7692* в их оптимальных дозировках [13].

	Таблица 5
Параметры обезвоживания активного ила в присутствии флокулянтов	

Флокулянт	Состав бинарной смеси	Суммарная концентрация бинарной смеси C_{φ} , г/кг	W, %	ВВ, мг/л
нет			99,45	745
A		2	87,40	70
В		2	85,88	90
С		2	86,96	50
A-B	0,6-0,4	2	82,7	30
D.C.	0,2-0,8	2	81,82	30
B-C	0,5-0,5	2	87,2	31
A-C	0,5-0,5	2	80,09	21
	0,4-0,6	2	88,10	27
Praestol-650		3	87,60	55
Zetag-7664		3	92,20	62

Данные по флокуляции ила приведены при суммарной концентрации полимеров 2–3 г/кг. При уменьшении дозы до 1 мг/г и ниже в большинстве случаев не наблюдается флокуляция частиц ила и выделение осадка на фильтре становится невозможным. Высокие концентрации полиэлектролита (6,0 мг/г и более) обеспечивают флокулообразование, но, как было отмечено выше, для индивидуальных флокулянтов, при этом существенно возрастает адгезия осадка к фильтровальному полотну, что затрудняет отделение осадка.

В результате исследований различных бинарных смесей катионных флокулянтов в процессах обезвоживания активного ила было обнаружено увеличение флокулирующей активности по сравнению с индивидуальными компонентами (рис. 3, 4). Таким образом, можно заключить, что при использовании бинарных смесей катионных полиэлектролитов проявляет синергетический эффект – снижение влажности осадка и содержания взвешенных веществ в фильтрате при уменьшении суммарной концентрации флокулянтов. Причем в экспериментах использовали активный ил без предварительного концентрирования при малом содержании взвешенных веществ (0,3-0,7 %), что осложняет флокуляцию полимерами. Тем не менее, использование бинарных смесей флокулянтов позволяет в большей степени интенсифицировать процесс флокуляции при обезвоживании активного ила. Вероятно, при флокуляции активного ила смесью катионных полиэлектролитов большее количество частиц вовлекаются в процесс агрегации, что и обеспечивает возрастание степени осветления. Увеличение скорости оседания активного ила связано с образованием более плотных флокул в присутствии смеси полиэлектролитов по сравнению с индивидуальными компонентами.

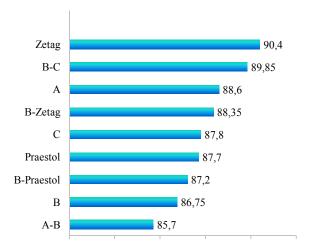


Рис. 3. Обезвоживание избыточного активного ила в рисутствии смесей флокулянтов (исходная влажность активного ила W 99,51 %)

ИЗВЕСТИЯ ВолгГТУ 71

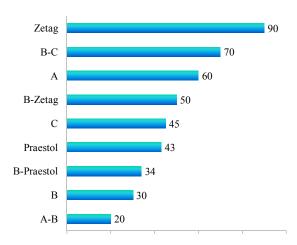


Рис. 4. Содержание взвешенных веществ (ВВ) в фильтрате (ВВ в исходной суспензии АИ, ВВ = 745 мг/л)

Выявленный синергизм флокулирующего действия имеет ту же природу, что и в случае флокуляции модельной каолиновой дисперсии [1] и связан с термодинамической несовместимостью полимеров различной природы в одной полимерсодержащей системе. При использовании двух полимеров различного химического строения в процессе флокуляции адсорбированные цепи макромолекул будут стремиться минимизировать контакты разноименных звеньев, и снижать гидрофильность поверхности коллоидных частиц. Снижение гидрофильности поверхностных слоев далее способствует повышению прочности межчастичных связей, что является причиной повышения эффективности отделения осадка при уменьшении количества взвешенных веществ в фильтрате и влажности осадка. В таком случае можно считать двухкомпонентные флокулирующие системы адаптирующимися системами с изменяемой гидрофильностью.

Заключение

Показана возможность интенсификации процессов осаждения и фильтрования дисперсии активного ила с применением катионных полиэлектролитов и их бинарных смесей. Эффективность обеспечивается значительным снижением содержания взвешенных веществ, уменьшением влажности осадка, что обеспечивается оптимальной флокуляцией за счет образования плотных флокул, устойчивых к разрушению при перемешивании и к деформации на стадии уплотнения осадка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Регулирование устойчивости водных дисперсий катионными полиэлектролитами (обзор) / С. С. Дрябина,

Ж. Н. Малышева, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // Известия ВолгГТУ: научный журнал № 12 (235) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов»). – С. 43–59

- 2. Изучение устойчивости дисперсных систем различной природы в присутствии полимерного флокулянта на основе винилпиридина / Ж. Н. Малышева, С. С. Дрябина, А. В. Навроцкий, В. А. Козловцев / Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов : межвуз. сб. науч. тр. / ВолгГТУ. Волгоград, 2000. С. 232—240.
- 3. Формирование флокул и осадков в присутствии «пиридиниевых» полиэлектролитов / А. В. Навроцкий, С. С. Дрябина, Ж. Н. Малышева, И. А. Новаков // Коллоид. журн. 2003. Т. 65, № 3. С. 368–373.
- 4. Влияние рН среды на флокуляцию дисперсий пиридиниевыми полиэлектролитами / Ж. Н. Малышева, С. С. Дрябина, А. В. Навроцкий, Ю. В. Шулевич, И. А. Новаков // Коллоидный журнал. 2003. Т. 65, № 6. С. 822–826.
- 5. The flocculation of kaolin aqueous dispersion by two cationic polyelectrolytes / С. С. Дрябина, К. М. Фотина, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2017. Vol. 515. С. Р. 12-21.
- 6. Specifics of kaolin dispersion flocculation due to a polyelectrolyte complex formation on particle surface / Dryabina S.S., Rudenko M.S., Shulevich Y.V., Navrotskii A.V., Novakov I.A.// Colloid and Polymer Science. 2020. Vol. 298, Issue 6. P. 519-533.
- 7. Технологические особенности получения поли-1,2-диметил-5-винилпиридинийметилсульфата и применение полиэлектролита в процессах обезвоживания осадков / И. А. Новаков, А. В. Навроцкий, Я. М. Старовойтова, В. А. Навроцкий, М. В. Орлянский, В. В. Орлянский, И. М. Павлов // Химическая промышленность сегодня. 2003. № 2. С. 32–38.
- 8. Технологические особенности обезвоживания осадков и очистки сточных вод с использованием катионных флокулянтов / А. В.Навроцкий, И. В. Владимцева, И. А. Новаков, М. В. Орлянский, И. М. Павлов // Химическая промышленность сегодня. 2004. № 8. C. 49–56.
- 9. Особенности процесса обезвоживания активного ила при введении смеси катионных полиэлектролитов / А. В. Навроцкий, С. С. Дрябина, С. В. Липатов, Ж. Н. Малышева // Наукоемкие химические технологии-2006: тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф., 16-20 октября 2006 г. Самар. гос. техн. ун-т и др. 2006. Т. II. С. 154—155.
- 10. Treatment of Fat-Containing Wastewater Using Binary Flocculant Mixtures Based on Chitosan and Quaternary Salt of Poly(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate / С. С. Дрябина, К. М. Фотина, Ю. В. Шулевич, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // Journal of Polymers and the Environment. 2019. Vol. 27, Issue 7. P. 1595-1601.DOI: 10.1007/s10924-019-01454-7
- 11. Изучение флокулирующего действия катионных полиэлектролитов методами дисперсионного анализа / А. В. Навроцкий, С. С. Дрябина, Ж. Н. Малышева, С. М. Макеев, Я. М. Старовойтова, И. А. Новаков // Журнал прикладной химии, 2000. Т. 73, № 12. С. 1940–1944.
- 12. Обезвоживание избыточного активного ила катионными полиэлектролитами различной природы / С. С. Дрябина, Ю. В. Шулевич, А. В. Навроцкий, Ж. Н. Малышева, И. А. Новаков // Процессы и оборудование экологических производств: Тез. докл. $VI^{oй}$ традиционной НТК стран СНГ., Волгоград, 4–6 дек. 2002г./ ВолгГТУ. Волгоград, 2002. С. 59–62.

REFERENCES

- 1. Regulating the stability of aqueous dispersions by cationic polyelectrolytes(review) // S.S. Dryabina, J.N. Malyshe-va, A.V. Navrotskiy, I.A. Novakov//Izv. VolgGTU. Ser. Khimiya i tekhnologiya ehlementoorganicheskikh monomerov i polimernykh materialov. Volgograd.- 2019. № 12 (235). C. 43-59.
- 2. Izuchenie ustojchivosti dispersnykh sistem razlichnoj prirody v prisutstvii polimernogo flokulyanta na osnove vinilpiridina / Zh.N. Malysheva, S.S. Dryabina, A.V. Navrotskij, V.A.Kozlovtsev / Khimiya i tekhnologiya ehlementoorganicheskikh monomerov i polimernykh materialov: Mezhvuz. sb. nauch. tr./ VolgGTU. Volgograd, 2000. S. 232 240.
- 3. Formation of flocules and sediments in the presence of cationic polyelectrolytes/ Navrotskii A.V., Dryabina S.S., Malysheva Zh.N., Novakov I.A. // Colloid Journal.- 2003.- T. 65, № 3.- P. 335-340.
- 4. Influence of medium ph on the flocculation of dispersions by pyridinium polyelectrolytes / A.V. Navrotskii, S.S. Dryabina, Zh.N. Malysheva, Yu.V. Shulevich, I.A. Novakov // Colloid Journal. 2003 -. T. 65, № 6.- P. 752-756.
- 5. The flocculation of kaolin aqueous dispersion by two cationic polyelectrolytes / S.S. Dryabina, K.M.Fotina, A.V. Navrotskiy, I.A. Novakov // Colloids and Surfaces A: Phy-sicochemical and Engineering Aspects. 2017. Vol. 515. C. P. 12-21.
- 6. Specifics of kaolin dispersion flocculation due to a polyelectrolyte complex formation on particle surface / Dryabina S.S., Rudenko M.S., Shulevich Y.V., Navrotskii A.V., Novakov I.A.// Colloid and Polymer Science. 2020. Vol. 298, Issue 6. P. 519-533.
- 7. Tekhnologicheskie osobennosti polucheniya poli-1-2dimetil-5-vinilpiridinijmetilsulfata i primenenie poliehlektro-

- lita v processah obezvozhivaniya osadkov / I.A. Novakov, A.V.Navrotskii, Ya.M.Starovojtova, V.A.Navrockij, M.V.Orlyanskij, V.V.Orlyanskij, I.M.Pavlov // Himicheskaya promyshlennost-segodnya.-2003.-2.-S-32-38.
- 8. Tekhnologicheskie osobennosti obezvozhivaniya osadkov i ochistki stochnyh vod s ispolzovaniem kationnyh flokulyantov / A.V.Navrotskii, I.V.Vladimtseva, I.A. Novakov, V.V.Orlyanskij, I.M.Pavlov // Himicheskaya promyshlennost segodnya.-2004.-8.-S. 49-56.
- 9. Osobennosti processa obezvozhivaniya aktivnogo ila pri vvedenii smesi kationnyh poliehlektrolitov// A.V. Navrotskii, S.S. Dryabina, S.V.Lipatov, Zh.N. Malysheva // Naukoemkie himicheskie tekhnologii 2006, tez.dokl.XI mezhdunar.nauch-tekhn. konf. (16-20-oktyabrya 2006), Samara.gos. tekhn.un-t I dr.-Samara, 2006.-T. II.-C.154-155.
- 10. Treatment of Fat-Containing Wastewater Using Binary Flocculant Mixtures Based on Chitosan and Quaternary Salt of Poly(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate / Dryabina S.S., Fotina K.M., Shulevich Y.V., Navrotskii A.V., Novakov I.A. // Journal of Polymers and the Environment. 2019. Vol. 27, Issue 7. P. 1595-1601.
- 11. A study of the flocculating action of cationic polyelectrolytes by dispersion analysis / Navrotskii A.V., Dryabina S.S., Malysheva Zh.N., Makeev S.M., Starovoitova Ya.M., Novakov I.A.//Russian Journal of Applied Chemistry. 2000. T.73. № 12. C. 2029-2032.
- 12. Obezvozhivanie izbytochnogo aktivnogo ila kationnymi poliehlektrolitami razlichnoj prirody// S.S. Dryabina, Yu.V. Shulevich, Zh.N. Malysheva, A.V. Navrotskii, I.A. Novakov // Processy I oborudovanie ehkologicheskih proizvodstv: tez.dokl.VI nauchno tekhnicheskoj konferencii stran SNG, Volgograd, 4-6 dek. 2002/ VolgGTU, Volgograd, 2002.- S.59-62.

S. S. Dryabina, J. N. Malysheva, A. V. Navrotskiy, I. A. Novakov

THE USE OF REAGENTS BASED ON CATIONIC POLYELECTROLYTES FOR ACTIVATED SLUDGE DEHYDRATION

Volgograd State Technical University

Abstract. The processes of activated sludge dewatering using cationic flocculants and their binary mixtures have been investigated, recommendations have been developed for improving the technology of sludge dewatering. The results of tests to identify the optimal ratios of flocculants in the mixture during compaction and dehydration of activated sludge sludge are given, the concentration range is determined. It is shown that the use of binary mixtures of cationic flocculants makes it possible to reduce the moisture content of the sediment and reduce the content of suspended solids in the filtrate while simultaneously reducing the dose of polyelectrolytes.

Keywords: activated sludge, polyelectrolytes, flocculation, dewatering, cationic polyelectrolyte flocculation.