

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЛОКУЛЯНТА «ВОДОКАНАЛЬНЫЙ»

Е.Ю. Шачнева, В.Я. Хентов

E-mail: evgshachneva@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

АННОТАЦИЯ: В статье представлены результаты исследований применения флокулянта «Водоканальный» для флокуляционной очистки модельных растворов сточных вод. Описан процесс флокуляции дисперсных систем полиэлектролитами. Изучено влияние природы и концентрации (поли)электролитов на скорость флокуляции на примере суспензий активированного угля БАУ и кварцевого песка. Исследованы скорости осветления суспензий в присутствии полиэлектролитов и рассчитаны величины начальных скоростей осаждения частиц. Представлены зависимости величины эффективности очистки от объема введенного вещества. Проведен сравнительный анализ применения компонента с полиакриламидными флокулянтами типа АК-631 (А-930 и А-1510).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: флокуляция, скорость осветления, очистка сточных вод.

Уровень развития современного промышленного производства оказывает несомненное влияние на состояние окружающей среды, в т. ч. и водных объектов. В современных экономических условиях решение вопросов защиты окружающих водных бассейнов от химического загрязнения становится очень актуальным. Выбор метода очистки определяется объемом производства, типом сырья, санитарными требованиями и функциональностью предлагаемых методов. К числу широко применяемых и одним из наиболее эффективных можно отнести физико-химический метод очистки промышленных сточных вод с применением высокомолекулярных флокулянтов. Его применение позволяет до 98 % очистить сточные воды от примесей – тяжелых металлов, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ и других токсиантов [1–9]. При значительном многообразии представленных на рынке веществ по-прежнему актуальной задачей является определение наиболее приемлемых как с технологических, так и с экономических позиций реагентов.

© Шачнева Е.Ю., Хентов В.Я., 2020

К флокулянтам можно отнести синтетические водорастворимые органические и природные полимеры. В России традиционно в различных областях промышленности применялся полиакриламид (ПАА) и соединения на его основе, в т. ч. и активная кремниевая кислота. Помимо российских аналогов широко использовались вещества производства компаний Японии, Германии, США, Франции, Великобритании, Финляндии и т. д. Наиболее широкое применение нашел полиакриламид (ПАА), а также полимеры на его основе, такие как АК-631. Это высокомолекулярное органическое соединение с молекулярной массой примерно $0,5 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^6$. Выбор того или иного флокулянта в процессе очистки может быть обоснован целым набором факторов: кислотность очищаемой среды, заряд скоагулированных частиц, наличие примесей. Технология флокулирования имеет ряд преимуществ, к числу которых можно отнести сокращение эксплуатационных затрат, отсутствие вторичного загрязнения воды и т. д. Помимо этого важно отметить способность химического взаимодействия с растворенными примесями сточных вод с образованием нерастворимых соединений. Весьма интересен процесс взаимодействия с широко встречающимися загрязняющими веществами, такими как тяжелые металлы, например, железо и цинк, являющимися при этом биогенными элементами. Это позволит в дальнейшем упростить технологию очистки, расширить ее предметные области, усилить эффективность применения и решить проблему обезвреживания загрязненных сточных вод [10–20].

Цель проведенного исследования – определение величины флокуляционной активности полиакриламидных флокулянтов на примере флокулянта «Водоканальный» по отношению к модельным суспензиям активированного угля БАУ и кварцевого песка, а также изучение связи значений флокуляционной активности с объемом введенного реагента и проведение анализа полученных результатов в сравнении с флокулянтами типа АК-631 (А-930 и А-1510).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение процесса флокуляции предварительно проводят на модельных системах. Наиболее часто рассматриваются суспензия каолина ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$), кварцевого песка ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$), активированного угля ($\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$), углекислого кальция ($\rho = 2,4 \text{ г/см}^3$) и т. д. В качестве объекта данного исследования выбраны суспензии кварцевого песка и активированного угля как наиболее часто применяемые и низкие по себестоимости.

Исследование устойчивости и флокуляции суспензии на практике проводится с помощью методов, позволяющих осуществлять контроль за такими макроскопическими параметрами системы, как оптическая плотность, скорость седиментации (осаждения), изменение концентрации суспензии

по высоте и во времени. Это позволяет проанализировать процесс флокуляционной очистки модельных растворов сточных вод от ионов металла (в данном случае на примере железа) с применением полиакриламидного флокулянта, а также сравнить эффективность очистки с применением различных полиакриламидных флокулянтов [21–24].

В исследовании использованы модельные растворы, приготовленные на дистиллированной воде с использованием химически чистых реактивов флокулянта типа «Водоканальный», А-631 (А-930, А-1510); активированный уголь марки БАУ; кварцевый песок; 10 % раствор сульфосалициловой кислоты (или насыщенный раствор сульфосалицината натрия); раствор аммиака (2 : 3); стандартный раствор соли Fe (1 г/дм³); раствор известкового молока; фотоколориметр ПЭ-5400в; лабораторное оборудование.

Для приготовления стандартного раствора железа растворяли 0,8634 г железоаммонийных квасцов в дистиллированной воде. К раствору добавляли 10 см³ серной кислоты ($\rho = 1,84$ г/см³) и доводили в мерной колбе на 1 дм³ до метки дистиллированной водой. Рабочий раствор готовили разбавлением стандартного раствора: 100 см³ стандартного раствора переносят в мерную колбу на 1 дм³ и доводят до метки дистиллированной водой [21]. В процессе изучения использовали 1,0 % растворы флокулянта [7, 8].

Применение полиакриламидного флокулянта «Водоканальный» для очистки модельных растворов сточных вод от ионов железа

В целом при изучении процесса флокулирующего действия полиэлектролитами необходимо учитывать такие факторы, как природу и количество добавленного полимера, его молекулярную массу и заряд, условия введения реагента, содержание в системе дисперсной фазы и электролитов. Процессы флокуляции и стабилизации дисперсий высокомолекулярными веществами взаимосвязаны. Обычно с ростом содержания полимера в растворе устойчивость коллоидной системы сначала снижается (флокуляция), а затем возрастает (стабилизация). Способ внесения полимера существенно сказывается на результатах флокуляции суспензии [21–24]. Изучение процесса флокуляции предварительно проводят на модельных системах, таких как суспензии углекислого кальция, каолина, кварцевого песка, активированного угля и т. д. Для предварительной оценки воздействия определяют размеры осаждаемых частиц, чаще всего по методу Геллера.

Для описания и оценки флокулирующего эффекта полиэлектролитами применяют относительный безразмерный параметр D – параметр флокуляции, о котором можно судить по определению следующих параметров:

– скоростей седиментации суспензии в присутствии V_s и в отсутствии добавок флокулянтов V_s^0 :

$$D = V_s / V_s^0, \quad (1)$$

– величин мутности надосадоочной жидкости в присутствии τ и в отсутствии добавок флокулянтов τ^0 :

$$D = \tau / \tau^0. \quad (2)$$

Активность флокулянта λ характеризуется отношением флокулирующего эффекта к концентрации флокулянта:

$$\lambda = D / C_\phi. \quad (3)$$

Исследование устойчивости и флокуляции суспензии на практике проводится с помощью методов, позволяющих осуществлять контроль за такими макроскопическими параметрами системы, как оптическая плотность, скорость седиментации (осаждения), изменение концентрации суспензии по высоте и во времени.

Размеры частиц в рассматриваемых системах изучены согласно методике Геллера. Для характеристики процесса применяют эмпирическое уравнение:

$$A = \kappa \cdot \lambda^{-n}, \quad (4)$$

где κ – константа, не зависящая от длины волны, A – оптическая плотность раствора, λ – длина волны падающего света.

Полученная зависимость $\lg A$ от $\lg \lambda$, согласно выражению (4), должна быть представлена в виде прямой линии, тангенс угла наклона которой равен показателю степени n с минусом. Рассчитанное значение показателя степени n численно зависит от соотношения между размером частицы и длиной волны падающего света, характеризуемого параметром Z :

$$Z = 8\pi \cdot r / \lambda, \quad (5)$$

где r – радиус частиц, λ – среднее значение длины волны падающего излучения.

Основываясь на полученной величине n , определяют соответствующее значение Z по табл. 1, далее по (5) рассчитывают средний радиус частиц исследуемой дисперсной системы.

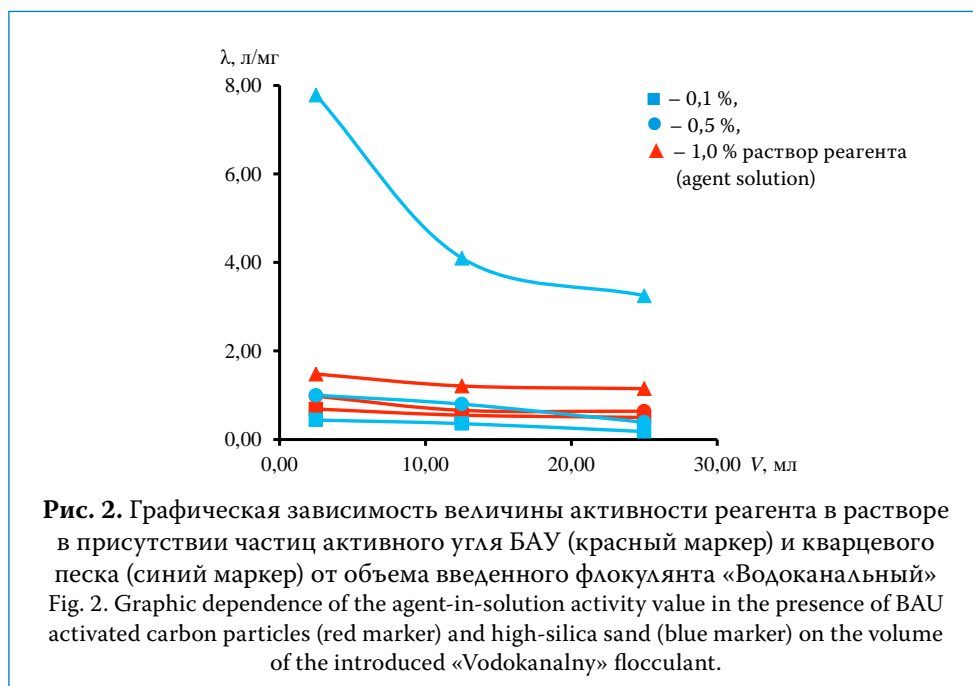
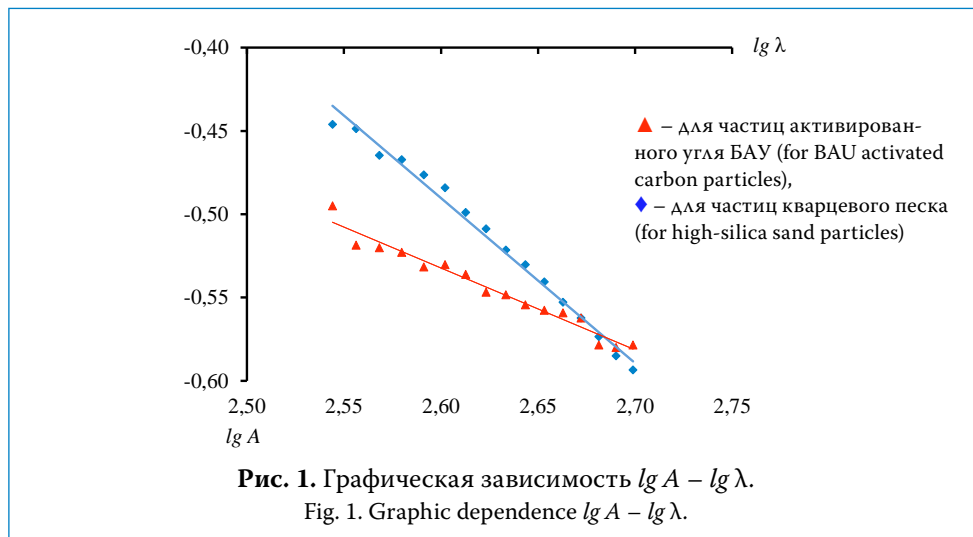
Таблица 1. Показатель степени n в уравнении Геллера в зависимости от параметра Z

Table 1. Index of power n in Geller's equation in dependence on the Z parameter

n	3,812	3,686	3,575	3,436	3,284	3,121	3,06	2,807	2,657
z	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
n	2,533	2,457	2,379	2,329	2,075	1,974	1,635	1,584	–
z	6,5	7,0	7,5	8,0	8,01	8,5	9,0	9,5	–

На основании вышеописанной методики были получены графические зависимости $\lg A - \lg \lambda$, приведенные на рис. 1.

В рамках исследования определены размеры частиц активированного угля и кварцевого песка, которые равны соответственно 54,65 и 96,45 нм.



При изучении влияния природы и концентрации (поли)электролита на скорость флокуляции суспензии активированного угля БАУ и кварцевого песка в качестве модельных дисперсных систем приготавливали 0,8 % суспензию кварцевого песка ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$) и 0,01 % суспензию активированного угля ($\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$). Помимо величин мутности (τ) и цветности в ходе исследований определены величины активности флокулянта (λ) (рис. 3–8), которые могут характеризовать величину флокулирующего эффекта к объему введенного реагента, а, следовательно, и его концентрации в смеси.

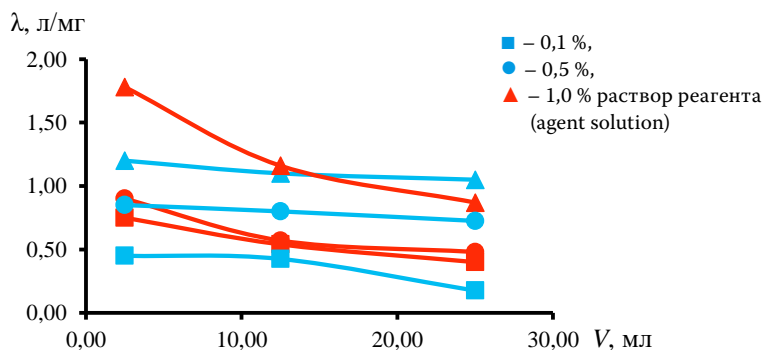


Рис. 3. Графическая зависимость величины активности реагента в растворе в присутствии частиц активного угля БАУ (красный маркер) и кварцевого песка (синий маркер) от объема введенного флокулянта А-930.

Fig. 3. Graphic dependence of the agent-in-solution activity value in the presence of BAU activated carbon particles (red marker) and high-silica sand (blue marker) on the volume of the introduced A-930 flocculant.

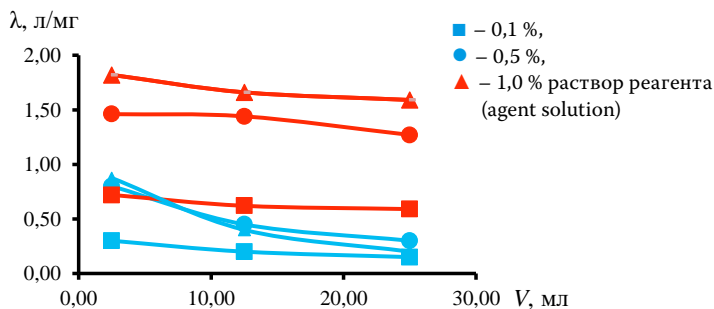


Рис. 4. Графическая зависимость величины активности реагента в растворе в присутствии частиц активного угля БАУ (красный маркер) и кварцевого песка (синий маркер) от объема введенного флокулянта А-1510.

Fig. 4. Graphic dependence of the agent-in-solution activity value in the presence of BAU activated carbon particles (red marker) and high-silica sand (blue marker) on the volume of the introduced A-1510 flocculant.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основываясь на полученных результатах можно сделать вывод о том, что при увеличении объема введенного полиэлектролита во всех трех случаях применения высокомолекулярного полиэлектролита наблюдается закономерное уменьшение величины активности вещества (в л/мг): с увеличением объема реагента, следовательно, и его концентрации, уменьшается величина оптической плотности системы, которая прямо пропорциональна величине мутности раствора и определяет величину активности системы.

В ходе дальнейших исследований на основе полученных значений величин были построены графические зависимости оптической плотности систем по времени. Согласно величине наклона начального прямолинейного участка кривых определяли начальные скорости осаждения дисперсий как $\left(-\frac{dA}{dt}\right)_{t \rightarrow 0}$.

Полученные формы кинетических кривых различны, что свидетельствует о разнообразном процессе флокуляции, но в целом процесс осветления завершался в течение полутора минут. Если говорить о влиянии концентрации на процесс осветления суспензий, наблюдается следующая зависимость: с ростом концентрации для каждого рассматриваемого флокулянта процесс осветления усиливался, соответственно увеличивалась скорость осаждения частиц. Наибольшую активность демонстрировал флокулянт «Водоканальный». Полученные данные представлены на рис. 5, 6.

В процессе исследования построены зависимости скорости осаждения дисперсии от концентраций добавляемых высокомолекулярных полиэлектролитов. Определены величины начальных скоростей осаждения взвесей активного угля БАУ и кварцевого песка в присутствии флокулянтов (табл. 2).

Таким образом, при применении флокулянтов «Водоканальный», А-930 и А-150 наибольшей величиной скорости осаждения обладают суспензии кварцевого песка в сравнении с суспензиями активного угля БАУ в присутствии рассматриваемых полиэлектролитов, снижающих оптическую плотность суспензий. Полученные значения начальной скорости осаждения частиц свидетельствуют об усилении флокуляционной активности реагентов с ростом их концентрации. При сравнении величин скоростей осаждения наибольшей величиной обладает флокулянт «Водоканальный», чуть меньшей активностью – флокулянт А-930. Наименьшую величину скорости осаждения взвеси имеет флокулянт А-1510. Предполагается, что данная закономерность может быть связана с механизмом процесса флокуляции.

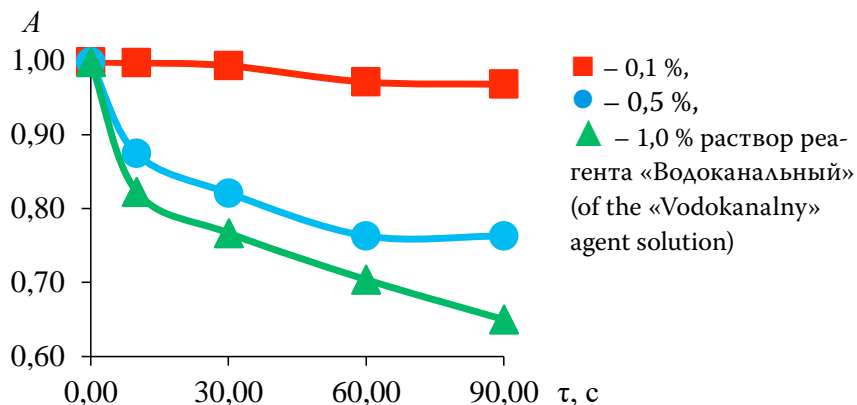


Рис. 5. Кинетические кривые осветления суспензии активированного угля БАУ при введении.

Fig. 5. Kinetic curves of the BAU activated carbon suspension clarification in case of introduction.

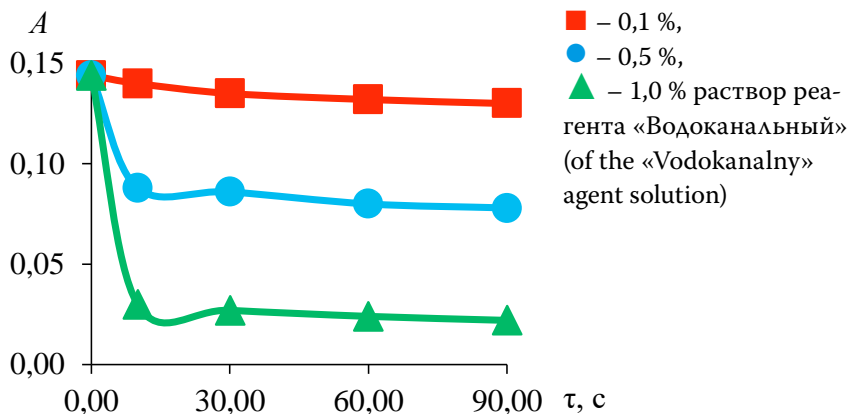


Рис. 6. Кинетические кривые осветления суспензии кварцевого песка при введении.

Fig. 6. Kinetic curves of the high-silica sand suspension clarification in case of introduction.

Таблица 2. Величины начальных скоростей осаждения $\left(-\frac{dA}{dt}\right)_{t \rightarrow 0}$ взвесей активного угля БАУ и кварцевого песка в присутствии флокулянтов «Водоканальный», А-930 и А-1510

Table 2. Values of the initial precipitation rates of $\left(-\frac{dA}{dt}\right)_{t \rightarrow 0}$ BAU activated carbon and high-silica sand suspensions in the presence of the «Vodokanalniy», A-930 and A-1510 flocculants

Система	Начальная скорость осаждения, $(-dD/dt)_{t \rightarrow 0} \cdot 10^3, c^{-1}$		
	Концентрация полиэлектролита, %		
	0,1	0,5	1,0
1	Полиэлектролит «Водоканальный»		
Модельная суспензия активного угля БАУ	0,33	2,61	3,87
Модельная суспензия кварцевого песка	0,13	1,10	4,07
2	Полиэлектролит А-930		
Модельная суспензия активного угля БАУ	0,25	1,99	3,32
Модельная суспензия кварцевого песка	2,13	2,56	3,11
3	Полиэлектролит А-150		
Модельная суспензия активного угля БАУ	0,10	0,44	0,92
Модельная суспензия кварцевого песка	2,13	2,30	2,89

Очистка воды от ионов металлов на примере железа методом пробного флокулирования

Применение флокулянтов позволяет уменьшить продолжительность процесса очистки сточных вод, дозы реагентов, повысить скорость осаждения образующихся хлопьев и подготовить осадок к обезвоживанию на различных фильтрах [21]. Железо в сточных водах может быть представлено в растворенном состоянии, в виде коллоидного раствора или комплексных соединений, а также в форме суспензии. В воде, содержащей кислород, железо (II) легко переходит в железо (III) и осаждается в виде гидроксида по схеме $Fe^{2+} + O_2 + 2H_2O = Fe(OH)_3 \downarrow$.

Модельные сточные воды помещали в четыре мерных цилиндра по 500 см³, добавляли небольшими порциями раствор известкового молока с целью достижения определенного значения рН и раствора полиэлектролита, далее рассчитывали величину эффективности очистки согласно выражению (6) [21–24]:

$$\mathcal{E} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где \mathcal{E} – эффективность очистки, %; C – остаточная концентрация, г/дм³, C_0 – исходная концентрация, г/дм³.

Результаты расчетов эффективности очистки воды от ионов железа методом пробного флокулирования приведены на рис. 7–9.

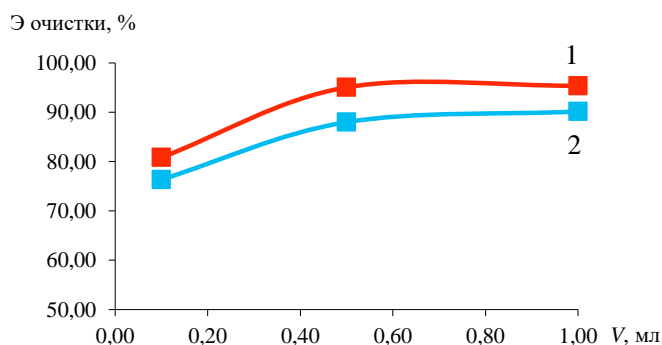


Рис. 7. Графическая зависимость величины эффективности очистки методом пробного флокулирования от объема введенного флокулянта «Водоканальный» (1 – в присутствии ионов железа, 2 – в присутствии ионов железа и цинка).

Fig. 7. Graphic dependence of the test flocculation treatment effectiveness value on the volume of the introduced «Vodokanalniy» flocculant (1 – in the presence of iron ions, 2 – in the presence of iron and zinc ions).

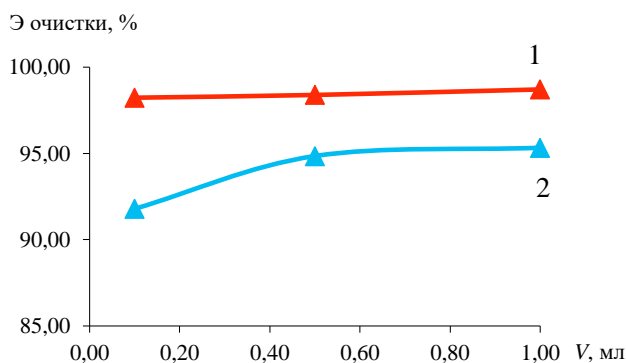


Рис. 8. Графическая зависимость величины эффективности очистки методом пробного флокулирования от объема введенного флокулянта А-930 (1 – в присутствии ионов железа, 2 – в присутствии ионов железа и цинка).

Fig. 8. Graphic dependence of the test flocculation treatment effectiveness value on the volume of the introduced А-930 flocculant (1 – in the presence of iron ions, 2 – in the presence of iron and zinc ions).

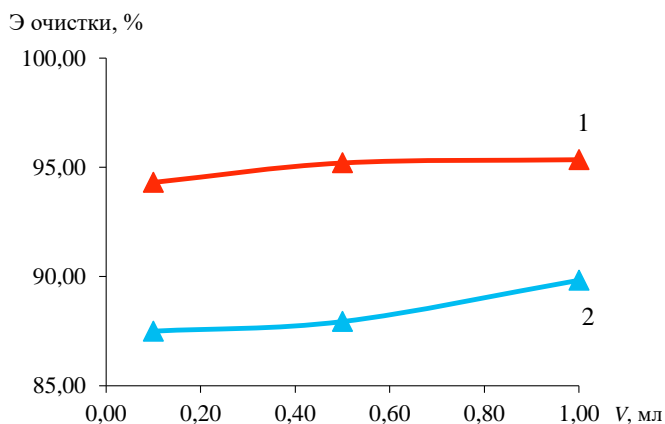


Рис. 9. Графическая зависимость величины эффективности очистки методом пробного флокулирования от объема введенного флокулянта А-1510 (1 – в присутствии ионов железа, 2 – в присутствии ионов железа и цинка)
Fig. 9. Graphic dependence of the test flocculation treatment effectiveness value on the volume of the introduced A-1510 flocculant (1 – in the presence of iron ions, 2 – in the presence of iron and zinc ions).

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что эффективность очистки с использованием флокулянта «Водоканальный» находится в пределах от 80 до 95 %, для флокулянта А-930 – в пределах значений 97 %, для компонента А-1510 – до 95 %, что говорит о несомненной эффективности рассматриваемого метода очистки сточных вод от ионов железа для всех трех флокулянтов. По полученным опытным данным можно сделать вывод о достаточной эффективности рассматриваемого метода. Дальнейшие исследования по подбору типа флокулянта позволят сократить затраты на эксплуатацию очистных сооружений предприятий различных отраслей промышленности и повысить эффективность их работы.

ВЫВОДЫ

В настоящее время наблюдается высокий, представляющий опасность для экосистем и здоровья населения, уровень загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Неблагоприятное экологическое положение складывается в регионах, где расположены крупные промышленные предприятия. В природной воде, используемой на хозяйственные и бытовые нужды, можно обнаружить широкий спектр загрязнений различного происхождения, поэтому сохранение и улучшение состояния водных ресурсов является актуальной задачей для многих регионов России.

Основываясь на результатах проведенного исследования закономерностей очистки модельных систем сточных вод с применением флокулянта «Водоканальный», а также флокулянтов А-930 и А-1510, впервые было рассмотрено влияние природы и концентрации описанных (поли)электролитов на скорость флокуляции на примере суспензий активированного угля БАУ и кварцевого песка, рассчитаны величины скорости величины начальных скоростей осаждения частиц. Проведен сравнительный анализ применения компонента с полиакриламидными флокулянтами типа АК-631 (А-930 и А-1510).

На основании полученных результатов можно сделать следующий вывод: с увеличением объема реагента «Водоканальный» уменьшаются величины мутности и цветности, которые прямо пропорциональны величине оптической плотности рассматриваемых растворов. Подобные закономерности описаны и для растворов флокулянтов А-930 и А-1510. Полученные значения оказывают влияние и на величину активности флокулянта и процента осветленной части. Необходимо отметить, что для всех растворов рассматриваемых компонентов данная величина численно увеличивается с ростом концентрации реагента. Нельзя не отметить и значение размера частиц дисперсной фазы исследуемых систем. Для данного исследования было рассмотрено поведение таких частиц дисперсной системы, как частицы кварцевого песка и активного угля. Выявлена следующая закономерность для растворов флокулянта «Водоканальный»: с ростом размера частиц дисперсной среды, скорость осаждения численно увеличивается. Аналогичные зависимости получены для растворов флокулянтов А-930 и А-1510. Помимо вышеописанных величин нельзя не отметить значения величин эффективности процесса очистки. Их высокая величина свидетельствует о том, что флокуляция положительно заряженных дисперсных систем, к которым можно отнести сточные воды, содержащие ионы металлов, возможна с применением анионных флокулянтов. Для флокуляции отрицательно заряженных дисперсных систем, к которым относятся большинство природных и сточных вод, применяют катионные флокулянты. Однако, несмотря на область использования флокулянтов, основными характеристиками их флокулирующих свойств все-таки являются эффект очистки воды и применяемая доза.

В настоящее время наибольший интерес представляют акриламидные флокулянты, которые получили широкое применение во многих промышленных технологических процессах в качестве сравнительно недорогих, доступных, эффективных регуляторов устойчивости различных по природе дисперсных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Байбородин А.М.* Локальная очистка сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий методом коагуляции: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2014. 134 с.
2. *Гандурина Л.В.* Органические флокулянты в технологии очистки природных и промышленных сточных вод и обработки осадка // Инж. обесп. объектов стро-ва: обз. инф. М.: ВНИИНТПИ, 2000. Вып. 2. 59 с.
3. *Аксенов В.И.* Использование флокулянтов в очистке производственных стоков и осадков // Экономика и экология, 2004. № 2. С. 42–44.
4. *Запольский А.К., Баран А.А.* Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Л.: Химия, 1987. 208 с.
5. *Куликов Н.И., Найманов А.Я., Омельченко Н.П., Чернышев В.Н.* Теоретические основы очистки воды / Конспект лекций. Донб. нац. акад. гр-ва и архитектуры. Макеевка, 2009. 297 с.
6. *Терехова Е.Л.* Интенсификация очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Хабаровск, 2004. 178 с.
7. *Шачнева Е.Ю.* Физико-химия адсорбции флокулянтов и синтетических поверхностно-активных веществ на сорбенте СВ-1-А: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Махачкала, 2011. 23 с.
8. *Шачнева, Е.Ю.* Физико-химия адсорбции флокулянтов и синтетических поверхностно-активных веществ на сорбенте СВ-1-А: дис. ... канд. хим. наук. Махачкала, 2011. 139 с.
9. *Шачнева Е.Ю.* Применение флокулянтов серии АК-631 для коагуляционно-флокуляционной очистки сточных вод промышленных предприятий // Вода и экология: проблемы и решение. 2017. № 4 (72). С. 62–71. DOI 10.23968/2305–3488.2017.22.4.62–71.
10. *Ахметов Н.С.* Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2001. 743 с.
11. *Спицын В.И., Мартыненко Л.И.* Неорганическая химия. М.: Изд-во МГУ, 1994. 624 с.
12. *Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л.* Химические свойства неорганических веществ / уч. пособие. М.: Химия, 2000. 480 с.
13. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. 1987. 142 с.
14. *Бандман А.А., Гудзовский Г.А., Дубейковская Л.С. и др.* Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп. Л.: Химия, 1988. 512 с.
15. *Грушко Я.М.* Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия, 1979. 160 с.

16. Основы общей промышленной токсикологии. / под ред. Н.А. Толоконцева, В.А. Филова. Л.: Медицина, 1976. 304 с.
17. Перцовская А.Ф., Паникова Е.Л., Великанов Н.Л. Влияние тяжелых металлов на биосистемы почвы в зависимости от ее pH // Гигиена и санитария. 1987. № 4. С. 14–17.
18. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения ТМ в объектах окружающей среды. М.: Пушино, 1999. 164 с.
19. Химия промышленных сточных вод / под ред. А. Рубина. М.: Химия, 1983. 360 с.
20. Шачнева Е.Ю. Воздействие тяжелых токсичных металлов на окружающую среду // Научный потенциал регионов на службу модернизации: сб. научных статей. Астрахань: АИСИ. 2012. № 2 (3). С. 127–134.
21. Основы промышленной экологии: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы промышленной экологии» / сост. М.В. Бузаева, В.В. Семенов, П.О. Осипов. Ульяновск: УЛГТУ, 2008. 31 с.
22. Методические указания к лабораторным работам № 3, 4 к практикуму по коллоидной химии / сост. С.С. Дрябина, Ю.В. Шулевич. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. 40 с.
23. Химия процессов очистки природных и сточных вод: сб. лаб. Работ. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. 92 с.
24. Шачнева Е.Ю. Особенности применения полиакриламидного флокулянта для очистки сточных вод от ионов цинка // Экологические системы и приборы. Москва. 2017. № 9. С. 3–9.

Для цитирования: Шачнева Е.Ю., Хентов В.Я., Исследование закономерностей очистки модельных систем сточных вод с применением флокулянта «Водоканальный» // Водное хозяйство России. 2020. № 4. С. 112–128.

Сведения об авторах:

Шачнева Евгения Юрьевна, канд. хим. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет», Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132; e-mail: evgshachneva@yandex.ru

Хентов Виктор Яковлевич, д-р хим. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет», Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132; e-mail: evgshachneva@yandex.ru

RESEARCH OF THE CLEANING PROCESS REGULARITIES FOR
THE MODEL WASTE WATER SYSTEMS WITH THE «VODOKANALNY»
POLYACRYLAMIDE FLOCULANT

Eugeniya Y. Shachneva, Viktor Y. Khentov

E-mail: evgshachneva@yandex.ru

South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Russia.

Abstract: The article presents for the first time the results of studies on the use of the «Vodokanalny» flocculant for flocculation purification of model wastewater solutions. The process of flocculation of dispersed systems by polyelectrolytes is described. The influence of the nature and concentration of (poly) electrolytes on the flocculation rate was studied using BAU and quartz sand suspensions as an example. Graphical dependences of the described quantities on the concentration of introduced reagents are given. The clarification rates of suspensions in the presence of polyelectrolytes were investigated. The values of the initial particle deposition rates are calculated. The dependences of the value of the cleaning efficiency on the volume of the introduced substance are presented. A comparative analysis of the use of the component with polyacrylamide flocculants of the AK-631 type (A-930 and A-1510) was carried out.

Key words: flocculation, clarification rate, purification, purification efficiency.

About the authors:

Eugeniya Y. Shancheva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, South-Russian State Polytechnic University, ul. Prosveshcheniya, 132, Novocherkassk, 346428, Russia; e-mail: evgshachneva@yandex.ru

Viktor Y. Khentov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, South-Russian State Polytechnic University, ul. Prosveshcheniya, 132, Novocherkassk, 346428, Russia; e-mail: evgshachneva@yandex.ru

For citation: *Shancheva E.Y., Khentov V.Y. Research of the Cleaning Process Regularities for the Model Waste Water Systems with the «Vodokanalny» Polyacrylamid Flocculant // Water Sector of Russia. 2020. No. 4. P. 112–128.*

REFERENCES

1. *Bayborodin A.M.* Lokalnaya ochistka stochnykh vod tsellulozno-bumazhnykh predpriyatiy metodom koagulyatsiyi [Local treatment of pulp and paper production waste waters with coagulation]: avtored. dis. ... kand. tekhn. nauk. Archangelsk. 2014. 134 p.
2. *Gandurina L.V.* Organicheskiye flokulyanty v tekhnologii ochistki prirodnykh i promyshlennykh stochnykh vod i obrabotki osadka [Organic flocculants in the technique of natural and industrial waste water treatment and the precipitates treatment] // Inzh. obesp. obyektov str-va: Obz. inf. M.: VNIINTPI. 2000. Vyp. 2. 59 p.
3. *Aksenov V.I.* Ispolzovaniye flokulyantov v ochistke proizvodstvennykh stokov i osadkov [The use of flocculants in industrial waste water and precipitates treatment] // Ekonomika i ekologiya. 2004. No. 2. Pp. 42–44.
4. *Zapolskiy A.K., Baran A.A.* Koagulyanty i flokulyanty v protsessakh ochistki vody [Coagulants and flocculants in the water treatment processes]. L.: Khimiya. 1987. 208 p.
5. *Kulikov N.I., Naymanov A.Y., Omelchenko N.P., Chernyshov V.N.* Teoreticheskiye osnovy ochistki vody [Theoretical foundations of water treatment] / Konspekt lektsiy. Donb. nats. akad. gr-va i arkhitektury. Makeyevka. 2009. 297 p.

6. *Terekhova E.L.* Intensifikatsiya ochistki stochnykh vod ot poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Intensification of waste water treatment against surface-active substances]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Khabarovsk, 2004. 178 p.
7. *Shachneva E.Y.* Fiziko-khimiya adsorbtsiyi flokulyantov i sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na sorbente SV-1-A [Physics/chemistry of flocculants and synthetic surface-active substances with SV-1-A sorbent]: avtoref. dis. ... kand. khim. nauk. Makhachkala, 2011. 23 p.
8. *Shachneva E.Y.* Fiziko-khimiya adsorbtsiyi flokulyantov i sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na sorbente SV-1-A [Physics/chemistry of flocculants and synthetic surface-active substances with SV-1-A sorbent]: dis. ... kand. khim. nauk. Makhachkala, 2011. 139 p.
9. *Shachneva E.Y.* Primeneniye flokulyantov seriyi AK-631 dlya koagulyatsionno-flokulyatsionnoy ochistki stochnykh vod promyshlennykh predpriyatiy [The use of AK-631 series flocculants for coagulation/flocculation treatment of industrial waste water] // *Voda i ekologiya: problemy i resheniye*. 2017. No. 4 (72). Pp. 62–71. DOI: 10.23968/2305–3488.2017.22.4.62–71.
10. *Akhmetov N.S.* Obshaya i neorganicheskaya khimiya [General and inorganic chemistry]. M.: Vysshaya shkola, 2001. 743 p.
11. *Spitsyn V.I., Martynenko L.I.* Neorganicheskaya khimiya [Inorganic chemistry]. M.: Izdvo MGU, 1994. 624 p.
12. *Lidin R.A., Molochko V.A., Andreyeva L.L.* Khimicheskiye svoystva neorganicheskikh veshchestv [Chemical properties of inorganic substances] / uch. posobiye. M.: Khimiya, 2000. 480 p.
13. *Alekseyev Y.V.* Tyazholiye metally v pochvakh i rasteniyakh [Heavy metals in soils and plants]. L.: Agropromizdat. 1987. 142 p.
14. *Bandman A.L., Gudzovskiy G.A., Dubeykovskaya L.S. et al.* Vredniy khimicheskiye veshchestv. Neorganicheskiye soyedineniya elementov I-IV grupp. [Adverse chemical substances. Inorganic compounds of the I–IV group elements]. L.: Khimiya, 1988. 512 p.
15. *Grushko Y.M.* Vredniye neorganicheskiye soedineniya v promyshlennykh stochnykh vodakh [Adverse inorganic compounds in industrial waste waters]. L.: Khimiya, 1979. 160 p.
16. *Osnovy obshchey promyshlennoy toksikologiyi* [Foundations of general industrial toxicology]. / pod red. N.A. Tolokontseva, V.A. Filova. L.: Meditsina. 1976. 304 p.
17. *Pertsovskaya A.F., Panikova E.L., Velikanov N.L.* Vliyaniye tyazholykh metallov na biosistemy pochvy v zavisimosti ot yeyo pH [Heavy metals impact on the soil bio/systems depending on its pH] // *Gigiyena i sanitariya*. 1987. No. 4. Pp. 14–17.
18. *Sokolov O.A., Chernikov V.A.* Atlas raspredeleniya TM v obyektakh okruzhayushchey sredy [Atlas of heavy metals distribution in environment units]. M.: Pushkina, 1999. 164 p.
19. *Khimiya promyshlennykh stochnykh vod* [Chemistry of industrial waste waters] / pod red. A. Rubina. M.: Khimiya, 1983. 360 p.
20. *Shachneva E.Y.* Vozdeystviye tyazholykh toksichnykh metallov na okruzhayushchuyu sredu [Heavy toxic metals impact on environment] // *Sb. nauchnykh statey. Nauchniy potentsial regionov na sluzhbu modernizatsiyi*. Astrakhan: AISI. 2012. No. 2 (3). Pp. 127–134.
21. *Osnovy promyshlennoy ekologiyi: metodicheskiye ukazaniya k laboratornym rabotam po distsipline «Osnovy promyshlennoy ekologiyi»* [Industrial ecology foundations: method-

- ical instructions to laboratory works on the «Foundations of industrial ecology» discipline] / sost. M.V. Buzayeva, V.V. Semenov, P.O. Osipov. Ulyanovsk: UIGTU, 2008. 31 p.
22. Metodicheskiye ukazaniya k laboratornym rabotam No 3 and 4 on colloid chemistry [Methodical instructions to colloid chemistry laboratory works No 3 and 4] / sost. S.S. Dryabina, Y.V. Shulevich. Volgograd: IUNL VolgGTU, 2013. 40 p.
 23. Khimiya protsessov ochestki prirodnykh i stochnykh vod [Chemistry of the natural and waste water treatment processes]: sb. lab. rabot. Khabarovsk: DVGUPS, 2014. 92 p.
 24. *Shachneva E.Y.* Osobennosti primeneniya poliakrilamidnogo flokulyanta dlya ochestki stochnykh vod ot ionov tsinka [Special features of the polyacrylamid flocculant use for waste water treatment against zinc ions] // *Ekologicheskiye sistemy i pribory*. Moscow, 2017. No. 9. Pp. 3–9.