

УДК: 628.355

DOI 10.33514/1694-7851-2024-4-264-273

Акматылдаева Г. А.

ага окутуучу

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

akmatyldaeva@inbox.ru

АКТИВДҮҮ ЫЛАНАЛАРДЫ ФЛОКУЛЯЦИЯЛОО ПРОЦЕССИН ЖАКШЫРТУУ

Аннотация: Бул иштин максаты активдештирилген ылайдын ар кандай катиондук флокулянттар менен флокуляция процессин изилдөө жана бул процессти жүргүзүү үчүн оптималдуу режимди тандоо болгон.

Активдештирилген ылай флокуляциясы боюнча адабияттар берилген. Активдештирилген ылайларды флокуляциялоо үчүн колдонулуучу заттардын сыпаттамасы берилген.

Берилген шламды иштетүүдө эң чоң эффект берген флокулянтты тандоого мүмкүндүк берген эксперименталдык техника сүрөттөлгөн. Активдештирилген шламды флокуляциялоо процессинин параметрлерин аныктоо боюнча эксперименттер жүргүзүлдү. Флокуляция процессин изилдөө үчүн баштапкы материал болуп саркынды сууларды тазалоочу станциянын, иштеп жаткан протеин-витаминдик заводдун активдештирилген ылайлары иштин өзгөчөлүгү болуп саналат. Сунушталган флокулянтты кайра иштетүүдө агынды сууларды активдештирилген ылайдан тазалоонун оптималдуу даражасы рН7, $T^0=35^{\circ}\text{C}$ жана коюулануу коэффициенти $K=3,25$ болгон 95%ти түздү.

Негизги сөздөр: саркынды сууларды биологиялык тазалоо, активдештирилген ылай флокуляциясы, катиондук флокулянттар, тазалоочу курулмалар, флокуляция процессинин параметрлери.

Акматылдаева Г.А.

старший преподаватель

Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева

г. Бишкек

akmatyldaeva@inbox.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОКУЛЯЦИИ АКТИВНОГО ИЛА

Аннотация: Целью данной работы явилась изучение процесса флокуляции активного ила различными катионными флокулянтами и в выборе оптимального режима при проведении данного процесса. Приводится литературный обзор флокуляции активного ила. Дано описание веществ, используемый для флокуляции активного ила. Описана методика эксперимента, позволяющего выбрать флокулянт, дающий наибольший эффект при обработке данного осадка. Были проведены эксперименты для определения параметров процесса флокуляции активного ила. Исходным материалом для исследования процесса флокуляции взят активный ил из очистного сооружения, действующего белкового витаминного завода, что является особенностью работы. При обработке рекомендованного

флокулянта была достигнута оптимальная степень очистки сточных вод от активного ила 95% при pH7, $T^0=35^0C$ и коэффициенте сгущения $K=3,25$.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, флокуляция активного ила, катионные флокулянты, очистные сооружения, параметры процесса флокуляции.

Akmatyldaeva G. A.

Senior Lecturer

Kyrgyz State University named after I.Arabaev

Bishkek c.

akmatyldaeva@inbox.ru

IMPROVING THE PROCESS OF ACTIVE SLUT FLOCCULATION

Annotation: The purpose of this work I was studying of process of a flokulation of active silt various cationic flokulyanta and in the choice of the optimum mode when carrying out this process. The literature review of activated sludge flocculation is given. The description of the substances used for activated sludge flocculation is given. An experimental technique is described that allows one to choose a flocculant that gives the greatest effect in the processing of a given sludge. Experiments were carried out to determine the parameters of the activated sludge flocculation process. The source material for the study of the flocculation process was taken from the activated sludge from the treatment plant, the operating protein vitamin plant, which is a feature of the work. When processing the recommended flocculant, the optimal degree of wastewater purification from activated sludge was achieved 95% at pH7, $T_0=350C$ and thickening factor $K=3.25$.

Key words: biological wastewater treatment, activated sludge flocculation, cationic flocculants, treatment facilities, flocculation process parameters.

В современном мире охрана окружающей среды становится актуальной. С развитием цивилизации нагрузка на природу увеличивается. Кыргызстан не является исключением в этом вопросе. В последние годы после приобретения суверенитета страна взяла курс на улучшение экологии. Учитывая особенность нашей страны как горнодобывающей, необходимы инвестиционные проекты. Эти проекты должны проводится с учетом охраны окружающей среды [1]. Внедрение промышленных предприятий в некоторых странах зачастую не обеспечиваются очистными сооружениями. Поэтому процесс очистки сточных вод до сих пор актуален.

Существует разные методы очистки сточных вод. Суть очистки сточных вод предполагает обработку воды при котором происходит отделение и вывод из нее различных примесей, отходов.

Различают следующие методы очистки сточных вод:

1. Механический метод;
2. Химический метод;
3. Физико- химический метод;
4. Физический метод;
5. Биохимический метод.

Механический метод – это отстаивание, фильтрация, микрофильтрация, очистка в гидроциклонах, центрифугование. Могут применяться следующие оборудования: дисковые фильтры (ручные фильтры, автоматические фильтры); сетчатые фильтры (ручные фильтры, полуавтоматические фильтры, автоматические фильтры); гидроциклоны.

Химический метод – это окисление, комплексообразование, осаждение, восстановление, нейтрализация. Применяются следующие оборудования: фильтры умягчители (фильтры серии Y, фильтры серии D-Y, фильтры серии C).

Физико-химический метод – это коагуляция, флокуляция; экстракция; ионообмен, сорбция; мембранный электролиз; ультра-, нанофильтрация; электролиз; дистилляция, вымораживание; флотация, электрофлотация; электро-, гальванокоагуляция. Применяются следующие оборудования: установки ультрафильтрации.

Физический метод – это вибрация, магнитная обработка, ультразвуковая обработка, ионизирующее облучение, электромагнитная обработка.

Биохимический метод – аэротенки, поля фильтрации, биофильтры, биологические пруды, окислительные каналы. Применяются следующие оборудования – системы аэрации воды; фильтры обезжелезивания (фильтры серии Y, фильтры серии C).

Для оптимизации очистки сточных вод используются отдельные системы оборудования или создаются ряд систем очистки. Достижение более качественной очистки воды, можно улучшить при использовании дополнительных фильтров и очистительных систем. Таким образом, происходит улучшенная биологическая и химическая очистки.

От состава загрязнителей сточных вод зависит какой метод очистки применять.

Если в составе сточных вод содержатся нерастворимые в воде загрязнения, то используется метод, основанный на силы гравитации.

Для веществ, образующих с водой гидрофобные и гидрофильные системы применяют методы фильтрация, отстаивание, коагуляция.

Для очистки воды от растворимых органических соединений используют нанофильтрацию, сорбцию.

Чтобы из воды удалить растворы солей, щелочей, ионов металлов применяют мембранную очистку и реагентный метод.

Если в сточных водах содержатся загрязнения органического происхождения, заключающийся в минерализации этих загрязнений вследствие жизнедеятельности микроорганизмов, то используется биохимический способ очистки сточных вод.

Но чаще невозможно, чтобы состав сточных вод был однородный. Поэтому этапы очистки сточных вод может иметь разные методы и сложные оборудования с особыми технологиями очистки воды.

Таким образом, для оптимизации процесса очистки создаются наиболее подходящие очистительные системы, отвечающие отдельному уровню загрязненности.

Рассмотрим процесс биологической очистки сточных вод. При биологической очистке сточных вод в результате своей жизнедеятельности микроорганизмы используют органические вещества в качестве питательной среды, при этом происходит деградация органики.

Чтобы качественно провести биологическую очистку сточных вод важно придерживаться следующих условий:

В очистных сооружениях температурный режим должен быть в пределах: – от +20 до +30°C;
Выдерживать оптимальную кислотность среды в пределах: – рН от 6,5 до 7,5;

Обеспечить поступления достаточного количества кислорода, что значительно улучшает процесс разложения органических веществ микроорганизмами;

Рекомендуется предварительное удаление токсичных веществ или уменьшение концентрации этих веществ, оказывающих губительное действие на микроорганизмы.

Биологическую очистку сточных вод проводят с использованием следующих методов.

1. Огороженные участки земли заполняют сточными водами, при этом вода фильтруется естественным образом проходя через почвенные поры. Органические вещества, содержащиеся в сточной воде, задерживаются почвой и подвергаются разложению микроорганизмами. А очищенная вода собирается дренажным оборудованием. Этот метод называется «поля фильтрации».

2. Особенностью метода «поля орошения», заключается возможности выращивания технических культур растений на участки земли, где орошения проводится сточными водами. Отчистка от загрязнений происходит за счет естественных процессов, происходящих в почве. Микроорганизмы разлагают органические вещества и улучшают плодородие почвы.

3. В искусственных резервуарах, называемых аэротенками, загружают сточные воды. В аэротенки подают активный ил и обеспечивают доступ кислорода. Активный ил состоит из микроорганизмов, бактерий, простейших, которые очищают сточную воду. Для того, чтобы добиться оптимальной очистки, необходимо подобрать соответствующий набор бактерий и простейших в зависимости от состава загрязняющих веществ в сточной воде. Кислорода потребляется столько, сколько нужно для окисления. Если загрязняющих веществ в виде питательных субстратов в аэротенке недостаточно, то потребление кислорода снижается. Важно подавать воздуха достаточно в аэротенк, так как при недостаточном его количестве степень очистки сточных вод снижается. А если происходит избыточная подача воздуха в аэротенк, то из аэротенка выносятся больше активного ила. Вследствие которого не будут достаточные концентрации активного ила для очистки сточных вод, в связи с чем ухудшится степень очистки.

4. Очистительные сооружения, в которых расположен специальный загрузочный материал в виде щебня, керамзита, гальки или пластмассовых изделий называется биофильтр. Сперва готовят загрузочный материал. Для этого на поверхности загрузочного материала выращивают микроорганизмы в лабораторных условиях. Вследствие которого на поверхности загрузочного материала образуется биологическая пленка. Загрязняющие вещества проходя через фильтр оседают на поверхности загрузочных материалов, где разлагаются микроорганизмами. Также в этих устройствах могут проводить аэрацию.

Основным преимуществом биологического метода очистки является получение на выходе максимально чистой воды. С помощью бактерий, простейших загрязненные вещества окисляются до простых веществ, таких как углекислый газ, вода и азот. После очистки в аэротенках необходимо отделение активного ила от жидкости. Для разделения активного ила от очищенной воды используется метод флокуляции.

Флокуляция – это процесс утраты агрегативной устойчивости коллоидной системы при добавлении к ней водорастворимых полимерных материалов, которые приводят к образованию легко оседающих флюкул коллоидного материала [6].

Процесс флокуляции проходит по различным механизмам, в зависимости от природы дисперсной системы. Рассмотрим наиболее распространенные механизмы, раскрывающие закономерности процесса флокуляции дисперсий высокомолекулярными веществами.

Флокуляция по механизму мостикообразования происходит при образовании мостиков между дисперсными частицами через молекулы (ионы) адсорбированного флокулянта. Надо отметить, что флокуляция по данному механизму будет несколько различной для случаев установившегося и неустойчившегося равновесия адсорбции высокомолекулярных соединений (ВМС) на поверхности частиц. При флокуляции, произошедшей в течение первых нескольких минут после добавления реагента, за короткий промежуток времени адсорбционное равновесие не успевает установиться, так как время адсорбции может значительно превысить время между столкновениями частиц. Поэтому флокулянтами в этом случае могут быть лишь высокомолекулярные вещества, которые, закрепляясь на поверхности малым числом контактов, слабо деформируются при адсорбции или содержат достаточно длинные петли и хвосты. Еще одним условием флокуляции по этому механизму является наличие свободной поверхности на соседних частицах, где могли бы адсорбироваться несвязанные участки макромолекул [2]. При флокуляции в условиях неустойчившегося равновесия адсорбция ВМС изменение ионной силы раствора мало сказывается на эффективности данного процесса.

Объяснение флокуляции дисперсий противоположно заряженными полиэлектролитами по мозаичному механизму заключается в снижении эффективного заряда и потенциала частиц. Снижение заряда поверхности и ϕ_1 -потенциала может наступать как за счет накопления достаточно большого числа противоположно заряженных звеньев в слое Штерна, так вследствие различного рода химических взаимодействий между функциональными группами полиэлектролита и потенциалопределяющими ионами. Флокуляция коллоидных растворов полиэлектролитами наступает в результате нейтрализации поверхностного заряда при адсорбции противоположно заряженных звеньев [3].

Следующий механизм флокуляции является агрегирование коллоидных систем во вторичном минимуме [4]. Коллоидные объекты имеют на поверхности раздела фаз адсорбированные (полимерные) и сольватные (для воды- гидратные) слои. Эти слои препятствуют подходу частиц друг к другу на расстоянии, при которых начинают действовать силы притяжения. Флокуляция полимерсодержащих частиц в первичном минимуме невероятно из-за стерического препятствия, обусловленного достаточно толстыми адсорбционными слоями. Возможна флокуляция во вторичном минимуме, учитывая, что его глубина и локализация могут быть модифицированы адсорбционным слоем высокомолекулярных соединений.

Процесс флокуляции, протекающий по механизму – гетерокоагуляции очень сложен, так как в данном случае дисперсные системы содержат разнородные частицы, отличающиеся химической природой, знаком или величиной поверхностного заряда и т.п.[5]. Необходимым условием для данного процесса должен быть, чтобы одноименные частицы имели различные значения штерновского потенциала, причем энергия отталкивания ДЭС определяется значением более низкого ϕ_1 . Электростатические силы взаимодействия разноименно заряженных поверхностей имеют знак и при всех межчастичных расстояниях становятся силами притяжения. Эти силы складываются с силами молекулярного притяжения и приводят быстрой коагуляции при любых концентрациях электролита.

Особенностью процесса флокуляции активного ила в отличие от флокуляции в химической технологии является то, объектом флокуляции являются живые клетки, обменивающиеся со средой системы (популяции микроорганизмов).

Также технологический процесс должен быть защищен от посторонней микрофлоры.

Основным направлением повышения эффективности процессов разделения сфокусированных микроорганизмов активного ила является предварительная агрегация клеток микроорганизмов. Наиболее перспективным оказалось использование для предварительной агрегации коллоидно-химических процессов: коагуляции и флокуляции полимерами активного ила более оптимистична.

Преимуществами её является высокая экономичность и эффективность процесса, незначительный расход реагентов, высокие экологические показатели, мягкое воздействие флокулянтов на микроорганизмы активного ила в процессе концентрирования.

Сточную воду, которую направляют в аэротенк, после добавления активного ила можно назвать биологической суспензией.

Биологическая суспензия – это суспензия, в которой дисперсной фазой являются клетки микроорганизмов активного ила, а дисперсионной средой – жидкость после очистки в аэротенке.

Биологическая суспензия характеризуется следующими параметрами: дисперсностью, наличием хорошо развитой межфазной поверхности, числом клеток, весом биомассы. Важное значение имеет поверхностный заряд клеток микроорганизмов при флокуляции. Вокруг клетки в водной среде образуется двойной электрический слой, который можно рассматривать состоящим из плотной и диффузной части. физико-химические теории строения двойного электрического слоя (ДЭС) не срабатывает при описании поведения биологической суспензии в электрическом поле. Скорее все это объясняется принципиальным отличием клетки от коллоидной частицы. Поверхность микроорганизмов активного ила сложна по строению и составу, также неоднородна по глубине поверхностного слоя. Микроорганизмы могут изменяться в процессе жизнедеятельности, особенно в зависимости от состава субстрата. Также через клеточную поверхность происходит пассивный и активный транспорт ионов. Микроорганизмы растут и отмирают. Отличительной особенностью поверхности клеток является поверхность клеток имеет мозаичное строение заряда из катионных и анионных групп.

Клетки микроорганизмов активного ила в биосуспензиях могут находиться как в свободно дисперсном состоянии, так и в агрегатах, размеры которых на несколько порядков превышают размеры единичных клеток.

Совершенствование стадии выделения активного ила после аэротенка является одной из важных задач при биологической очистке отходящих газов.

Использование флокулянтов может служить перспективным направлением интенсификации процесса выделения активного ила от осветлённой жидкости. Для оценки флокулирующего эффекта использован метод контроля за продвижением границы раздела частиц дисперсной фазы в мерных цилиндрах. Данный метод широко применяется в системах с небольшой полидисперсностью частиц по размерам, где возможна четкая фиксация фронтальной границы продвижения частиц.

При процессе флокуляции полимерные макромолекулы (флокулянт) закрепляются на поверхности частиц (клетки) определенными сегментами, а остальные сегменты ориентированы в раствор. Каждая адсорбированная макромолекула формирует общий мозаичный заряд чередующихся регионов положительных (флокулянт) и отрицательных (клетки) зарядов. Мозаичный заряд частиц обеспечивает их сильное электростатическое взаимодействие, приводящие к флокуции. Однако, надо учитывать сложный состав

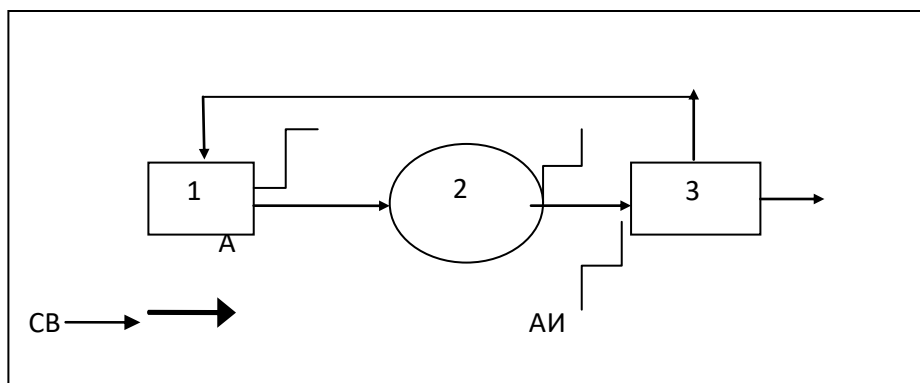
культурной жидкости. В состав среды входят ионы металлов Ca^{+2} , Mg^{+2} , и.т.д. Не исключено образование комплексов ионов кальция с адсорбированными на клетках полимером, а также других комплексов с остальными ионами металлов. Также процесс зависит и от водного режима клеток, а метоболиты культуральной жидкости, адсорбируясь на поверхности клетки, могут определять характер взаимодействия с полимером. Отсюда можно заключить, что процесс флокуляции проходит одновременно как по мозаичному механизму, благодаря заряженностью клетки, так и по механизму – гетерокоагуляции, вследствие сложного состава культуральной жидкости. Знак и величина электрического заряда клетки и флокулянта определяют, главным образом, условия их сближения. Так, при разноименном заряде флокулянта и частиц происходит нейтрализация заряда частиц, увеличивающая возможность столкновения между клетками. Сама же адсорбция флокулянта на клетках может происходить в результате действия межмолекулярных сил, химических ионных и ковалентных связей, электростатического кулоновского взаимодействия.

Для агрегации клеток микроорганизмов применяют как синтетические, так и природные флокулянты. Были проведены эксперименты для определения параметров процесса флокуляции активного ила. Исходным материалом для исследования процесса флокуляции взят активный ил действующего завода. Пробы активного ила брали в трех точках системы очистного сооружения сточных вод завода:

- 1) на выходе из аэротенка (концентрация активного ила $C_{\text{аи}}=4\div 6\text{г/л}$);
- 2) на выходе из отстойника ($C_{\text{аи}}=8\div 10\text{г/л}$);
- 3) на входе во флотатор ($C_{\text{аи}}=8\div 10\text{г/л}$).

Схема очистного сооружения показано на рисунке 1. Были использованы флокулянты КФ1 и КФ2.

Рисунок 1 – Схема очистного сооружения.



Где приняты следующие обозначения:

1-аэротенк; 2- радиальный отстойник; 3- флотатор;

СВ- подача сточной воды; В- подача воздуха в аэротенк; ОСВ- осветленная вода; АИ – активный ил.

Точки взятие пробы: А – на выходе из аэротенка; Б – на выходе из отстойника; Г- на входе во флотатор.

При проведении процесса флокуляции активного ила из аэротенка варьировались концентрации флокулянтов, рН среда и температура биосуспензии. При этом была

достигнута оптимальная степень очистки ($\eta=95\%$) при $pH7$, $T^0=35^0C$ и относительной концентрации флокулянтов $C_{отн}=0,1 \div 0,2$. Более лучшая флокуляция проходила при флокулянте КФ2, у которого был лучший коэффициент сгущения $K=3,25$.

Активный ил, взятый из отстойника и на входе во флотатор, имели концентрации $C_{ан}=8 \div 10$ г/л, в связи, с чем были увеличены концентрации флокулянтов.

При проведении процесса изменялись концентрации флокулянтов, pH среда ($3 \div 10$) и температура биосуспензии ($20^0 \div 50^0C$). Оптимальные режимы флокуляции были получены при $pH7$, $T^0=35$ и относительной концентрации флокулянтов $C_{отн}=1 \div 2$, $K=2,4$. Более низкая степень очистки была получена при $pH3$, $T^0=20^0C$, $C_{отн}=0,5$.

Наибольшей активностью обладает катионный флокулянт КФ2, несколько меньший эффект оказывает КФ1. Это можно объяснить тем, что эффективность сильноосновных катионных флокулянтов повышается с увеличением молекулярной массы полиэлектролита и при уменьшении заряда макромолекулы (молекулярная масса у КФ1 = 6×10^4 , а у КФ2 = 3×10^5).

Для экспериментальных данных опишем зависимость концентрации активного ила в осадке от времени, при котором данная концентрация стремится к максимальной, в следующем виде:

$$C_{oc}(t) = C_m \frac{t}{T\phi + t} \quad (1)$$

где C_m - максимальная концентрация активного ила в осадке.

C_m определяется из экспериментальных данных из таблицы 1. Были измерены $C_{осв.} = 0,189 \cdot 10^{-3}$ г/см³ при $t=t_k$, $V_{осв.} = 29,17$ см³, $V_{ос.} = 26,83$ см³. Все измеренные величины подставим в уравнение (2):

$$C_{ос.} = \frac{V_0 * C_0 - V_{осв.} * C_{осв.}}{V_{ос.}} \quad (2)$$

$$C_{ос.} = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$$

где примем $C_{ос.}$ при $t=t_k$, равной C_m ; где t – время флокуляции, t_k - время окончания флокуляции.

Объем осветленной части жидкости находят по формуле:

$$V_{осв.}(t) = V_0 - V_{ос.}(t) \quad (3)$$

Таблица 1 – Экспериментальные данные зависимости объема осадка от времени

№	t, сек	20	380	560	740	920	1200	1.Аэротенк	$C_{осв.} = 0,189 \cdot 10^{-3}$
		0							
1	$V_{ос.} 1 \text{ см}^3$	50,8	42,76	38,0	34,4	33,7	33,6	2. кф 1	$C_{ос.} = 8,64 \cdot 10^{-3}$
2	$V_{ос.} 2 \text{ см}^3$	47,0	37,62	32,0	29,0	28,9	27,57	3. $C_0 = 0,00424$	
3	$V_{ос.} 3 \text{ см}^3$	52,	42,0	37,4	33,6	33,0	32,7	4. $V_0 = 56$	

		1	2				3		
Ср.	Вос(ср)с м	50, 0	40,8	36,1	32,4	31,9	31,3	5.Сф=0,6	

Из материального баланса разделения по активному илу, определим концентрацию активного ила в осветленной части жидкости:

$$C_{осв}(t) = \frac{C_o V_o - C_m V_m}{V_{осв}(t)} \quad (4)$$

Затем определим эффект очистки воды от активного ила.

$$\Theta = 1 - [C_{осв}(t)/C_0] \quad (5)$$

Расчетные данные показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры процесса флокуляции активного ила

№	T, сек	C _{ос} , г/см ³	V _{ос} , см ³	C _{осв} , г/см ³	V _{осв} , см ³	
1	200	0,004547	50,98	0,001121	5,02	
2	380	0,005863	39,54	0,0003419	14,46	Θ=0,94721
3	560	0,006538	35,45	0,0002739	20,55	Tф=180 сек
4	740	0,006949	33,36	0,0002485	22,64	
5	920	0,007226	32,08	0,0002353	23,92	
6	1200	0,007513	30,85	0,0002238	25,15	

Сравнивая полученные данные можно заключить, что наиболее высокая степень очистки была достигнута при флокуляции активного ила с флокулянтom КФ2, т.е. степень очистки достигла от 0,9494 до 0,984, когда при КФ1- от 0,888 до 0,9585. Начальная концентрация активного ила была $CO = 0,00424 \text{ г/см}^3$. Также проводились эксперименты при различных концентрациях активного ила и, соответственно, варьировались концентрации активного ила была достигнута ($CO = 0,0011 \text{ г/см}^3$) хорошая степень очистки (при КФ1=0,9539 ÷ 0,9891, при КФ2=0,9932 ÷ 0,9818). Это объясняется тем, что увеличенная концентрация активного ила, способствует флокуляцию, так как сам активный ил в больших концентрациях имеет свойства биофлокуляторов.

Рассматривая вышеупомянутые результаты, можно прийти к заключению, что более высокая степень очистки воды от активного ила получается при флокуляции его с флокулянтom КФ2. Также при варьировании продолжительности флокуляции можно изменять степень очистки. Это связано с особенностью процесса флокуляции. Сам процесс флокуляции делится на два этапа – быстрая и медленная флокуляция. При быстрой

флокуляции происходит основное сцепление центров сегмента, полимера с клетками активного ила, т.е. образуются большие флокулы. Обычно они бывают неустойчивыми. А потом с течением времени происходит их разрушения с образованием средних устойчивых флокул. Можно считать, что образование больших флокул происходит за 180 сек, а вот средний устойчивый флокул за 600 сек. Именно это особенность, учтена в формуле для определения концентрации активного ила в осадке, где мы подставляем время быстрой флокуляции ТФ при различных условиях. Также оценка параметра нелинейной зависимости (1) регрессионного анализа дала положительные результаты. Для примера 1 уровни значимости получилось $p=0,95$ это доказывает, что зависимость (1) адекватны экспериментальным данным. [2] Отсюда можно заключить, что косвенный метод- измерения скорости седиментации для исследования флокуляции активного ила даёт хорошие результаты и данная формула (1) может рекомендован для практических расчетов.

Список использованной литературы

1. Акматылдаева Г.А., Чыныбаев, А.М. Управление проектом в горнодобывающей промышленности. Вестник КГУ им. И.Арабаева, журнал, 2015, выпуск 3 (ИЭТ), – Бишкек, – С. 27-33
2. Баран А.А. Автореф. Дис.д-ра хим. Наук. – Л., 1980. – С.42.
3. Баран А.А., Платонов Б.Э. Электроповерхностные характеристики полимерсодержащих дисперсных систем, журнал, Успехи химии, 1981. – т.50. – №1. – С.161
4. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. – Л.: Химия, 1987. – С.208.
5. Ефремов И.Ф. Дилатантность коллоидных структур и растворов полимеров, журнал, – Успехи химии, 1982. -Т.51, №2, – С.285-310.
6. Francois R.J. Haute A.A. The role of rapid mixing time on a flocculation process. -Wat. Sci. Tech. Vol 17. Amsterdam, pp 1091-1101. Printed in Great Britain.

Рецензент: кандидат технических наук, профессор Джурупова Б.К.