

6-7-2021

REVIEW AND ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING CONCENTRATION OF SUSPENDED SUBSTANCES AND ACTIVE Sludge DURING BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE WATER

Maxsud Maxmudov

Bukhara engineering technological institute

Siroj Nurov

Bukhara engineering technological institute, siroj.nurov@mail.ru

Zafar Qo'ziev

Bukhara engineering technological institute

Sanjar Sidiqov

Bukhara engineering technological institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>



Part of the [Electromagnetics and Photonics Commons](#), [Engineering Education Commons](#), and the [Molecular, Cellular, and Tissue Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Maxmudov, Maxsud; Nurov, Siroj; Qo'ziev, Zafar; and Sidiqov, Sanjar (2021) "REVIEW AND ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING CONCENTRATION OF SUSPENDED SUBSTANCES AND ACTIVE Sludge DURING BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE WATER," *Scientific-technical journal*: Vol. 4 : Iss. 3 , Article 4.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol4/iss3/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

REVIEW AND ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING CONCENTRATION OF SUSPENDED SUBSTANCES AND ACTIVE Sludge DURING BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTE WATER**Makhmudov M. I., Nurov S.S., Kuziev Z. E., Siddikov S. S.**Bukhara Engineering Technological Institute, nurov.siroj@gmail.com**ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И АКТИВНОГО ИЛА ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД****Махмудов М. И., Нуров С. С., Кузиев З. Э., Сиддиқов С. С.**Бухарский Инженерно-Технологический Институт, nurov.siroj@gmail.com**OQAVA SUVLARNI BIOLOGIK TOZALASH JARAYONIDA SUZIB YURUVCHI MODDALARNI VA FAOL LOYQA KONTSENTRATSIYASINI O'LCHASH USULLARINI KO'RIB CHIQISH VA TAHLIL QILISH****Maxmudov M. I., Nurov S. S., Qo'ziev Z. E., Siddiqov S. S..**Buxoro Muhandislik Texnologiya Instituti, nurov.siroj@gmail.com

Abstract: This work analyzes and compares the measuring and technical characteristics of methods for measuring and controlling the parameters of activated sludge in the processes of biological wastewater treatment. As methods for measuring the concentration of activated sludge, methods such as the optical method, the ultrasonic method and the method for measuring the nuclear density of a liquid are considered. The principles of operation of each of these methods are illustrated with graphic drawings for more clarity of the interaction of the measuring signal with the particles of the measured medium. At the end of the work, conclusions on the characteristics of the methods are given and the advantages of the optical measurement method in the infrared region of radiation relative to other methods are discussed.

Key words: activated sludge, photometry, near infrared spectroscopy (NIR), online monitoring, wastewater treatment, ultrasonic sensor, aeration tank, sump.

Аннотация. В данной работе проводится анализ и сравнения измерительных и технических характеристик методов измерения и контроля параметров активного ила в процессах биологической очистки сточных вод. В качестве методов измерения концентрации активного ила рассматриваются такие методы как - оптический метод, ультразвуковой метод и метод измерения ядерной плотности жидкости. Иллюстрируются принципы работ каждого из этих методов графическими рисунками для более наглядности взаимодействия измерительного сигнала с частицами измеряемой среды. В конце работы приводятся выводы по характеристикам методов и обсуждаются достоинства оптического метода измерения в инфракрасной области излучения относительно других методов.

Ключевые слова: Активный ил, фотометрия, ближняя инфракрасная спектроскопия (БИК), онлайн мониторинг, очистка сточных вод, ультразвуковой датчик, аэротенк, отстойник.

Annotatsiya. Ushbu maqolada biologik chiqindi suvlarni tozalash jarayonlarida faol loy parametrlarini o'lchash va nazorat qilish usullarining o'lchov va texnik xususiyatlari tahlil qilingan va taqqoslangan. Aktiv loy kontsentratsiyasini o'lchash usullari optik usul, ultratovush usuli va suyuqlikning yadro zichligini o'lchash usuli kabi usullar hisoblanadi. Ushbu usullarning har birining ishlash tamoyillari o'lchov signalining o'lchangan muhit zarralari bilan o'zaro ta'sirini

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

yanada aniqroq qilish uchun grafik chizmalar bilan tasvirlangan. Ish oxirida metodlarning xarakteristikalarini to'g'risida xulosalar berildi va nurlanishning infraqizil mintaqasida optik o'lchash usulining boshqa usullarga nisbatan afzalliklari muhokama qilindi.

Kalit so'zlar: faol loyqa, fotometriya, infraqizil spektroskopiya (NIR), onlayn monitoring, chiqindi suvlarni tozalash, ultratovush sensorlar, aeratsiya, tindirgich.

Введение. Системы активного ила вторичной биологической обработки являются одними из наиболее широко используемых на практике. Это состоит из инокуляций высоко-нитчатых и хлопьевидных бактерий, ответственных за окисление органических веществ в аэротенке. Следовательно, флокулированная биомасса отделяется благодаря своей оседающей способности от очищенного стока в отстойнике. Часть осевшей биомассы затем вернется в аэрированный резервуар, чтобы поддерживать постоянную концентрацию биомассы.

Измерения концентрации и плотности ила используются на очистных сооружениях для контроля концентрации твердых веществ в различных технологических потоках с целью оптимизации производительности системы первичной и / или вторичной очистки. Обычно удаление осадка из первичных отстойников настраивается по таймерам. Однако такая практика часто приводит к значительным колебаниям концентрации ила из-за колебаний уровня и осаждаемости ила с течением времени. Более стабильное содержание твердых веществ в осадке может быть достигнуто путем частого или непрерывного измерения концентрации ила и регулирования скорости отбора на основе измеренной концентрации. Непрерывные показания / сигнал от анализаторов концентрации / плотности ила могут быть настроены на запуск / остановку или управление скоростью насосов для откачки ила, чтобы свести к минимуму перекачку разбавленного ила в расположенные ниже по потоку сооружения для обработки твердых частиц.

Виды измерения	Точность	Заметки
Светоизлучающие (оптические) анализаторы		
Измерители плотности осадка: осадок с концентрацией твердых частиц от 0,1% до 6%.	+/- 0,5% от полной шкалы прибора	Не подходят для измерения: - Первичный активный ил с содержанием твердых частиц более 3%; - Утолщенный осадок; - Сточные воды с видимым цветом.
Турбидиметры: сточные воды с мутностью от 0,01 до 10 000 НТУ (ТСС от 1 до 3 000 мг / л).		
Ультразвуковые анализаторы		
Активный ил с концентрацией твердых частиц от 0,1 до 10% твердых частиц	+/- 5% от полной шкалы прибора	Не подходят для измерения: - МЛСС (Михед ликуор суспендед солидс) ниже 2000 мг / л.
Ядерные анализаторы		
Активный ил с концентрацией твердых частиц более 4% и менее 15%.	+/- 0,5% до 1% от полной шкалы прибора	Не подходят для измерения: - МЛСС, PAC и WAC; - Первичный ил с низкой концентрацией.

Таблица 1. Основные области применения различных технологий измерения концентрации /плотности ила.

В прошлом приборы для измерения концентрации и плотности ила находили ограниченное применение на промышленных предприятиях, в основном из-за несогласованности и неточности измерений оборудования. Проблемы с контрольно-измерительными приборами анализатора обычно были вызваны наличием пузырьков воздуха, загрязнением сенсора или изменением цвета воды. Новое поколение оборудования для измерения концентрации и плотности ила имеет встроенные средства для смягчения этих

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

проблем и может обеспечивать последовательные и точные показания. Надежные анализаторы осадка и концентрации в настоящее время коммерчески доступны и зарекомендовали себя.

Для измерения концентрации и плотности осадка используется несколько различных методов / типов оборудования, включая светоизлучающее (оптическое); ультразвуковые и ядерные анализаторы твердых тел. В таблице 1 приведены основные области применения различных технологий измерения концентрации / плотности ила.

Некоторые из имеющихся в продаже анализаторов сочетаются с датчиками уровня поверхностного слоя осадка, которые обычно усиливают преимущества автоматического мониторинга и контроля осадка.

Оптический метод (измерения в инфракрасной области излучения)

Применение спектроскопии в ближней инфракрасной области (БИО) для мониторинга промышленных процессов достигает возрастающее значение за последние двадцать лет. Фактически, возможности мониторинга в реальном времени БИО спектроскопия - очень важная функция для мониторинга, прогнозирования и контроля процесса, поскольку она позволяет быстро оценить состояние процесса. Однако применение БИК-спектроскопии в процессах очистки сточных вод еще предстоит изучить. Хотя некоторые приложения техники для мониторинга сточных вод описаны в литературе, все еще существует потребность в больше исследований, связанных с приложениями, ограничениями и преимуществами техники по сравнению с другими методами.

Работа светоизлучающих (оптических) анализаторов основана на рассеянии луча света взвешенными частицами в сточных водах/илах (рис. 1). Доля рассеянного света зависит от количества и размера частиц и, в конечном итоге, от концентрации твердых веществ. Оптические анализаторы твердых веществ — это инструменты, которые измеряют рассеянный свет, проходящий свет или оба и преобразуют эти измерения в измерение концентрации твердых веществ. Обычно оптические анализаторы состоят из источника света, который излучает свет заданной интенсивности, и фотоэлемента, который измеряет проходящий свет и снижение интенсивности рассеяния света на пути светового луча. Фактическая конфигурация источника света и фотоэлемента в измерительном приборе зависит от производителя.

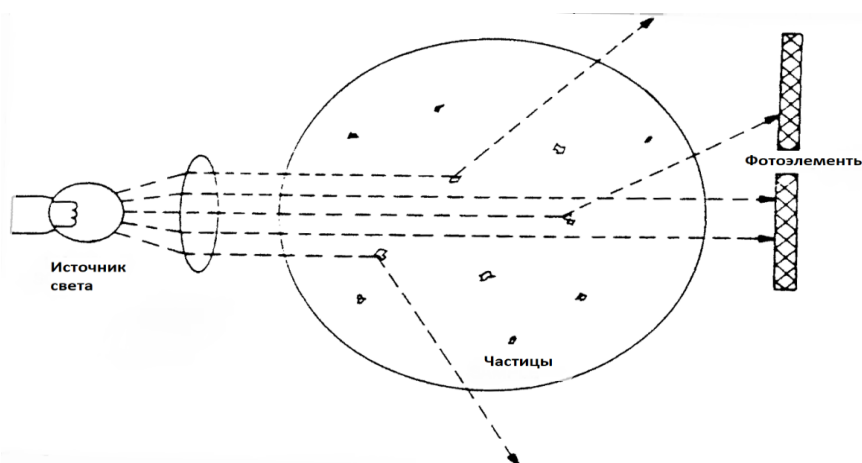


Рисунок 1. Принцип оптического измерения концентрации активного ила.

Оптические анализаторы твердых веществ можно разделить на две группы: турбидиметры, которые обычно показывают концентрации твердых веществ в нефелометрических единицах мутности (НТУ), и анализаторы концентрации взвешенных твердых частиц, которые показывают концентрацию твердых веществ в мг/л, г/л, ппм или процентах. Некоторые производители оборудования используют комбинированные анализаторы твердых частиц, которые могут измерять как мутность, так и концентрацию твердых частиц с помощью одного и того же датчика. Чтобы добиться максимальной

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

точности, производители обычно предлагают разные датчики для разных диапазонов концентраций твердых веществ и типов твердых веществ. Обычно оптические датчики концентрации взвешенных твердых частиц делятся на анализаторы с низким, средним и высоким содержанием твердых частиц.

Анализаторы твердых веществ / мутности могут быть установлены в двух конфигурациях: погружная - датчик устанавливается непосредственно в аэротенке или осветлителе; и вставлен - там, где датчик подсоединяется к трубе для транспортировки ила (обычно через фланец узла клапана, позволяющий вставлять / извлекать датчик без прерывания технологического потока). Датчики погружного типа поддерживаются монтажной арматурой поручня или погружной удлинительной трубой.

Область применения. Оптические анализаторы твердых веществ могут использоваться для измерения широкого диапазона концентраций твердых частиц как в сточных водах, так и в осадках. Оптические анализаторы турбидиметрического типа чаще всего используются для мониторинга вторичной и третичной мутности сточных вод, особенно когда сточные воды с завода используются для повторного использования воды, где мутность сточных вод является регулируемым параметром качества воды. Мутномеры могут работать в диапазоне от 0,01 НТУ до 10 000 НТУ. Оптические анализаторы взвешенных твердых частиц обычно применяются для измерения концентрации МЛСС и реже для первичного ила с низким содержанием твердых частиц. Анализаторы оптического типа могут использоваться для измерения концентраций взвешенных твердых частиц в смешанной жидкости, возвратного активного ила и отработанного активного ила. Однако они не рекомендуются для измерения ила флотации растворенным воздухом (ДАФ), сгущенного WAC с более чем 6% твердых частиц и сгущенного первичного ила с содержанием твердых частиц более 3%.

Преимущества. Оптические анализаторы являются наиболее точным прибором для измерения мутности промышленных стоков и концентрации ТСС, а также ила с низким содержанием твердых частиц (например, активного ила). Их точность обычно составляет +/- 0,5% от полной шкалы измерения. Мутномеры могут измерять очень низкие концентрации мутности: до уровня 0,01 НТУ. Стоимость турбидиметра относительно невысока, и эти устройства легко устанавливать, калибровать и обслуживать. Оптические анализаторы в настоящее время являются наиболее широко используемым оборудованием для измерения концентрации твердых веществ в активном иле.

Недостатки. Накопление твердых частиц и водорослей, а также покрытие источника света или фотоэлемента обычно являются ключевыми проблемами при работе с оптическими анализаторами твердых частиц на очистных сооружениях. Следовательно, их производительность и точность во многом зависят от частой очистки и калибровки источника света и датчиков. Большинство имеющихся в продаже оптических анализаторов нового поколения оснащены самоочищающимся узлом и имеют оптическую компоновку, которая сводит к минимуму факторы ухудшения качества, такие как засорение сенсора, от влияния на измерения концентрации твердых веществ. Оптика системы обычно защищена устойчивыми к царапинам материалами. Некоторые анализаторы содержат встроенные средства, позволяющие компенсировать ошибки измерения, вызванные пузырьками воздуха в иле или сточных водах.

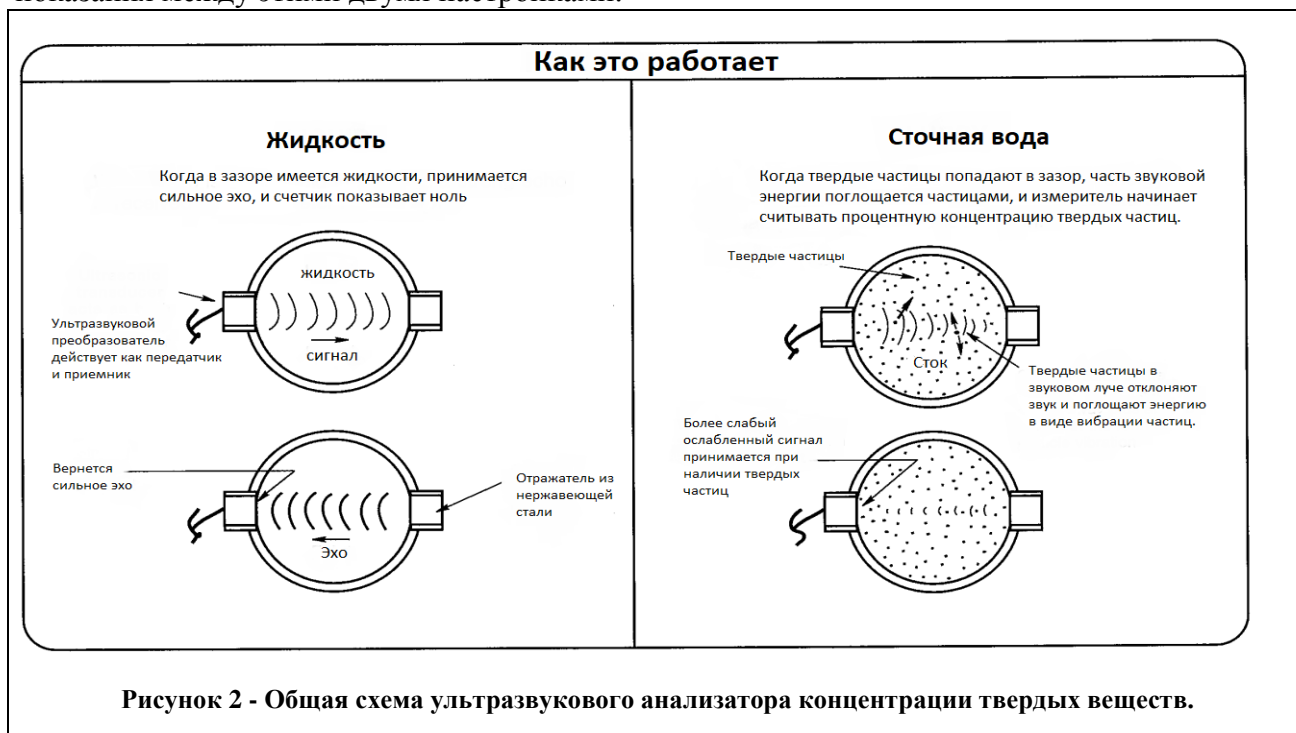
Оптические анализаторы имеют ограниченное применение для измерения твердых частиц в сточных водах с видимым цветом. Характеристики анализаторов этого типа

чувствительны к цвету сточных вод. Хотя цвет может не проявляться как твердые частицы в приложении для мониторинга взвешенных твердых частиц, оптический детектор определяет их как поглощающие энергию и сообщает как взвешенные твердые частицы. Некоторые современные оптические анализаторы твердых частиц содержат средства для компенсации влияния цвета сточных вод на показания приборов.

Ультразвуковые анализаторы. Эти типы анализаторов включают в себя источник ультразвукового сигнала и приемник (преобразователь). Переданный ультразвуковой сигнал

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

рассеивается частицами в потоке ила пропорционально их концентрации, и ослабленный сигнал принимается датчиком (рис. 2). Концентрация твердых частиц определяется на основе скорости движения звука через ил. Большинство существующих коммерчески доступных ультразвуковых анализаторов имеют упрощенные процедуры калибровки, которые позволяют устанавливать показания концентрации твердых веществ в приборе на 0,0% твердых веществ или мг / л в чистой воде, а затем выполнять калибровку по известной концентрации твердых веществ. Откалиброванный ультразвуковой измеритель дает линейные показания между этими двумя настройками.



Ультразвуковые анализаторы обычно оснащены программами самодиагностики, которые непрерывно контролируют работу анализатора на предмет неисправностей, таких как обрыв проводов, неправильное напряжение генерируемого сигнала считывания и т. Д., Которые обеспечивают раннее предупреждение в случае неисправности измерительного оборудования.

Области применения. Ультразвуковые анализаторы обычно используются для измерения концентрации осадка в диапазоне от 0,1% до 10% твердых веществ и наиболее точны для средних и высоких значений этого диапазона. Точный диапазон их действия зависит от затухания звука в конкретном иле и длины звукового пути. Типичная точность ультразвуковых анализаторов составляет +/- 5% от полной шкалы.

Ультразвуковые анализаторы наиболее широко используются для измерения первичного ила. Они не подходят для мониторинга производственных стоков, концентрации МЛСС или боковых потоков растений с концентрацией ТСС (total suspended solids) ниже 1000 мг / л. В линейных приложениях ультразвуковые анализаторы твердых частиц подходят для труб диаметром более 100 мм и менее 300 мм.

Преимущества. Ультразвуковые анализаторы твердых частиц — это относительно недорогие устройства для измерения содержания твердых частиц от среднего до высокого. В отличие от оптических анализаторов, они очень подходят для мониторинга концентрации первичного ила, но не для измерения МЛСС в аэротенке. Ключевым преимуществом ультразвуковых анализаторов по сравнению с оптическими датчиками осадка является то, что их характеристики нечувствительны к изменению цвета сточных вод и высокой концентрации пузырьков газа. Это делает ультразвуковые анализаторы предпочтительным устройством для измерения твердых частиц в системах флотации растворенного воздуха.

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Недостатки. Подобно оптическим анализаторам, ультразвуковые анализаторы твердых частиц склонны к накоплению твердых частиц и покрытию ультразвукового датчика. Их точность также ограничена для измерения шлама низкой плотности с концентрацией твердых частиц ниже 0,3% и шлама очень высокой плотности с содержанием твердых частиц выше 10%.

Измерители ядерной плотности. Датчики ядерной плотности также могут использоваться для измерения плотности жидкости в трубе. Если источник установлен на одной стороне трубы, а детектор - на другой, количество излучения, видимого на детекторе, зависит от защиты, обеспечиваемой жидкостью в трубе. Компания Трасэрсо была пионером в использовании излучения для измерения плотности в 1950-х годах и определила, что закон Бера – Ламберта применим как к излучению, так и к оптике. Датчики обычно калибруются с использованием газа и жидкости известной плотности, чтобы найти неизвестные в уравнении. После калибровки и до тех пор, пока юстировка детектора источника остается постоянной, можно рассчитать плотность жидкости в трубе. Одним из факторов является период полураспада радиоактивного источника (30 лет для ^{137}Cs), что означает, что систему необходимо регулярно калибровать. Современные системы включают поправку на распад источника.

Ключевым элементом анализаторов ядерной плотности является источник радиоактивного гамма-излучения (^{137}Cs или ^{60}Co), который обычно содержится в наполненном свинцом корпусе в стальном корпусе. Часть излучения источника гамма-излучения поглощается твердыми частицами в иле, а оставшееся излучение измеряется сцинтилляционным детектором. Радиоактивный источник и детектор расположены на противоположных сторонах трубы.

Непрерывный сфокусированный пучок излучения передается от радиоактивного источника через трубу и ил к сцинтилляционному детектору. Когда излучение достигает сцинтилляционного кристалла детектора, анализатор генерирует сигнал, который пропорционален плотности осадка, который передается в электронику оборудования для преобразования в сигнал от 4 до 20 мА или другой пригодный для использования технологический сигнал. По мере изменения плотности осадка в трубе изменяется количество излучения, достигающего детектора. Чем больше плотность / концентрация ила, тем ниже интенсивность излучения, которое достигает детектора, и наоборот.

Области применения. Анализаторы ядерной плотности подходят для загустевшего ила с высоким содержанием твердых частиц (обычно 4% или выше). Их нельзя использовать для измерения мутности сточных вод завода или концентрации ТСС, а также незатухающего первичного и вторичного ила. Эти анализаторы могут измерять плотность осадка с содержанием твердых частиц до 15%. Анализаторы ядерной плотности обычно могут быть установлены на трубах размером более 150 мм (5 дюймов) и менее 350 мм (14 дюймов). Однако некоторые производители оборудования недавно представили анализаторы ядерной плотности, которые можно использовать для труб большего диапазона размеров (от 25 мм до 1000 мм (от 1 до 42 дюймов)).

Преимущества. Ядерный анализатор - единственное устройство для измерения плотности / концентрации ила, которое не имеет прямого контакта с измеряемым илом и поэтому требует минимального обслуживания. Бесконтактная характеристика этих анализаторов делает их очень подходящими для абразивных, коррозионных, высокотемпературных и высокотемпературных применений. Это устройство не имеет движущихся частей и достаточно чувствительно к изменениям концентрации шлама. Ядерные анализаторы обычно прикрепляются ремнями к линии транспортировки ила и могут располагаться практически в любом месте на этой линии.

Недостатки. Анализаторы ядерной плотности являются относительно дорогими приборами для измерения твердых веществ по сравнению с оптическими или ультразвуковыми анализаторами и не могут измерять потоки твердых веществ с низкой концентрацией (менее 4% твердых веществ) с точностью, сравнимой с точностью двух других

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

типов анализаторов, описанных выше. Они должны устанавливаться и обслуживаться операторами, прошедшими обучение и имеющими лицензию на обращение с радиоактивными материалами (обучение обычно проводится производителями анализаторов).

Анализаторы плотности ядерных шламов могут работать должным образом только в том случае, если линия транспортировки ила заполнена. Эти анализаторы применимы для измерения плотности относительно однородного ила, температура и консистенция которого существенно не меняются с течением времени. Ядерные анализаторы не подходят для потоков твердых частиц с вовлеченными пузырьками воздуха (например, сгущенного при флотации растворенного воздуха ила) и приложений на муниципальных очистных сооружениях со значительным вкладом промышленных сточных вод в часто меняющиеся характеристики сточных вод (т. Е. Циклические выбросы большого количества масла и жира, высокотемпературные промышленные отходы или большие колебания плотности).

Анализаторы ядерной плотности являются очень точными измерительными приборами (от +/- 0,5 до 1% от полной шкалы прибора). Однако, поскольку показания концентрации твердых частиц этих приборов основаны на корреляции измеренного удельного веса и содержания твердых частиц, на их точность влияют значительные изменения удельного веса измеряемого осадка.

Выводы. Исходя из вышеизложенных материалов можно сказать, что методы измерения концентрации активного ила в сточных водах принадлежат еще более тщательному исследованию. Как и большинство биологических процессов, аэробные системы чувствительны к резким изменениям состав среды, который вызывает значительную изменчивость условия процесса. Пока что контроль над такими процессами в большинстве случаев достигается за счет ручного отбора проб с автономным анализом нескольких ключевых параметров процесса, таких как общее количество твердых веществ, летучие твердые вещества, химическая потребность кислорода (ХПК) и т.д. Такой анализ требует много времени, дорого, и может дать только временный обзор производительности системы. Поэтому быстрее, проще и недорогие методы анализа, позволяющие непрерывный и поточный мониторинг, необходимы.

В свою очередь, спектроскопия в ближней инфракрасной области предлагается в качестве более подходящего способа измерения и контроля за параметрами активного ила в стоках. Низкая отражательная и поглощающая способность в ближнем ИК-диапазоне делает его возможностью анализа сильно светорассеивающих образцов, такие как непрозрачные жидкости и суспензии. БИК-область позволяет регистрировать реакцию молекулярного связи определенных химических соединений с ИК-излучением и следовательно, порождают характерный спектр анализируемый образец.

Среди преимуществ БИК-спектроскопии, по сравнению со стандартными методами, имеются факты, что это низкая стоимость, быстрое обслуживание техники, в которой не используются реагенты, не образуются остатки и позволяет определять несколько параметров одновременно. Основными недостатками, относящиеся к технологиям БИК являются то, что он часто зависит от условий эксплуатации, таких как температура, перемешивание, аэрация, рассеянный свет и т. д. Помехи затрудняют процесс калибровки и уменьшают качество результатов для количественной оценки. Более того, получить прямую информацию

невозможно от самой техники. Фактически, из-за большого количества информация, присущая каждому спектру, методика всегда ассоциируется с хемометрическими инструментами, которые извлекают и сообщают наиболее актуальную информацию, которую можно извлечь из спектральные данные. Хемометрические инструменты позволяют

соотносить спектральные картины с вариациями физических и химических свойств анализируемого образца. Это может быть проблемой, когда нет квалифицированного персонала.

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY**References**

- [1]. Jmur, N. S. Upravlenie protsessom i kontrol rezultata ochildki stochnix vod na soorujeniyax s aerotenkami [Tekst] / N. S. Jmur. - M: Luch, 1997. -172 s. - 15VI 5-7005-0581-9.
- [2]. Janschek K. Perspektiven der Automatisierungstechnik - Sichten und Einsichten // Automatisierungstechnik. - Sichten und Einsichten// Automatisierungstechnik. - 2011. - Vol. 49, H. 9- S. 387-390.
- [3]. Liu C.C., CHen F.C. Adaptive control\ nonlinear continuous-time system using neural networks-general relative degree and MIMO cases. Int. J. Control, 1993. 58. (2), pp. 317-335.
- [4]. SHipulin Yu. G., Xolmatov U. S., Maxmudov M. I. Ispolzovanie teorii adaptivnoy identifikatsii dlya avtomatizatsii mnogosvyaznykh obektov // "Islom Karimov – O'zbekiston Respublikasining birinchi Prezidenti va buyuk davlat arbobi" mavzusidagi vazirlik miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. – Andijon, 2018. 4-11.
- [5]. Avtomatizirovannaya sistema dispetcherizatsii i upravleniya protsessom ochildki promishlennykh stokov. Grigoriy R. Sistemnaya integratsiya «Ekologiya» №1, 2012, s. 66-73.
- [6]. Vainikko G.M., Veretennikov A.J. Iterative procedure in ill-posed problems. -M.: Nauka, 1986 - 178 p. Demmel J.W. Applied numerical linear algebra. – Siam, 1997.
- [7]. Abramov H.H. Vodosnabjenie. Uchebnik dlya vuzov. Izd. 2-e, pererab. i dop. M.: Stroyizdat, 1974. - 480 s.
- [8]. Maxmudov M.I., Qo'ziev Z.E., Mirzoev N.N. Nurov S.S. "Okova suvlarni tozalashda energiya tejash", «Fan va texnologiyalar taraqqiyoti» ilmiy-texnikaviy jurnal – Buxoro, 2019. - №4. – 69-74 b.
- [9]. Maxmudov M.I., Nurov S.S., Qo'ziev Z.E., Sidiqov S.S. Optimal parameters of activated sludge in aeration tank-sump systems and methods for their measurement, «Fan va texnologiyalar taraqqiyoti» ilmiy-texnikaviy jurnal – Buxoro, 2020. - №5. – 238-244 b.
- [10]. Maxmudov M.I., Nurov S.S., Qo'ziev Z.E., Sidiqov S.S. "Optimal ratio of primary and secondary clarifier characteristics in wastewater treatment plants" CHEMical Technology, Control and Management: Vol. 2020: Iss. 4, Article 1. p.1-