

УДК 614.777:628.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ GEOTUBE®

Максимова С.В., Пешева А.В., Фомина В.В., Скаржинец С.Н., Шабарова М.А.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, e-mail: sovet@tgasu.ru

Рассмотрен способ обработки донных отложений водоемов перед обезвоживанием в геотекстильных контейнерах на примере озер юга Тюменской области, имеющих рыбохозяйственное и культурно-бытовое значение. Исследована эффективность применения различных реагентов и их композиций при отстаивании имитационных растворов смеси озерной воды с донными отложениями для получения осадка с хорошими седиментационными свойствами и стабильной структурой, не нарушаемой в процессе перекачки пульпы. Изучена кинетика отстаивания пульпы при использовании коагулирующе-флокулирующих композиций с учетом исходного качества воды и ила. Отмечено преимущество комплексных реагентов. Установлены зависимости мутности надосадочной воды от доз реагентов и времени отстаивания. Внедрение предложенной технологии при восстановлении водоемов региона позволит улучшить экологическое и санитарное состояние водных объектов.

Ключевые слова: геотуба, донные отложения, коагулянт, флокулянт.

RESEARCH OF INFLUENCE OF REAGENT TREATMENT ON THE EFFICIENCY OF PRECIPITATION OF LAKES BOTTOM SEDIMENTS WHEN USING TECHNOLOGY GEOTUBE®

Maksimova S.V., Pesheva A.V., Fomina V.V., Skarzhinets S.N., Shabarova M.A.

Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, e-mail: sovet@tgasu.ru

Processing method ponds bottom sediments is considered before deauration in geotextile containers on the example of the lakes of the Tyumen region's south, commercial fishing and cultural and everyday value. Efficiency of use of various reagents and their compositions is researched when settling imitating solutions mixture of lake water with bottom sediments to precipitate with good sedimentation properties and stability structure which is not disturbed in the process of pumping of pulp. The kinetics of pulp settling is explored by means of coagulating and flocculating compositions taking into account the initial quality of the water and sludge. Advantage of complex reagents is noted. Dependence of the turbidity of the water above the sediment from the doses of reagents and settling time is established. Implementation of the proposed technology in the rehabilitation of ponds in the region will improved the environmental and sanitary condition of water bodies.

Keywords: geotube, bottom sediments, coagulant, flocculant.

Донные отложения антропогенного и природного происхождения ухудшают экологическое и санитарное состояние водных объектов. При невозможности самоочищения замкнутых водоемов от донных отложений происходит постепенное заиливание, зарастание и формирование суши из аллювиальных отложений и отмершей биомассы при заболачивании берегов. При очистке водных объектов широкое применение нашло обезвоживание донных отложений в геотекстильных контейнерах (технология GEOTUBE®) [5], как альтернатива традиционным технологиям обезвоживания на фильтр-прессах и центрифугах, нуждающимся в индустриальной инфраструктуре и имеющим высокую стоимость [1]. Сущность метода

заключается в статическом обезвоживании, т.е. фильтрации жидкой фазы донных отложений через стенки геотекстильных контейнеров – геотуб, которые предварительно раскладываются на специально подготовленной дренажной площадке [6].

Основным сдерживающим моментом применения данной технологии является низкая скорость фильтрации, так как донный ил имеет низкую способность к обезвоживанию [5]. Эта проблема решается обработкой реагентами осадка перед подачей его в геотубы [5, 6]. По сложившейся практике для повышения эффективности фильтрации используют флокулянты [1, 6]. Исследования, проведенные на сапропелях юга Тюменской области, показали, что лучшие результаты по снижению мутности воды дает применение смешанных реагентов [4].

Объекты и методы

Выбранные для исследований водоемы: озеро Окунёво Бердюжского района, озеро Лебяжье и пруд Березовый Тюменского района являются природными биоценозами, имеют хозяйственное и рекреационное значение для населения. В настоящее время в Тюменской области ведутся проектно-изыскательские работы по восстановлению и экологической реабилитации озер.

При принятии решения о необходимости очистки водоема от донных отложений нужно учитывать социальную значимость этого мероприятия, особенно если загрязненный водоем находится в пределах городской территории [2]. Пруд Березовый, находящийся в черте города Тюмени и ранее использовавшийся в рекреационных целях, в настоящее время зарастает, в заливах сформировалась суша (рисунок 1).



Рисунок. 1. Уменьшение площади акватории пруда Березового (г. Тюмень)

Берега и дно пруда засорены бытовым мусором. Вдоль берегов растет тростник обыкновенный (*Phragmites communis*), в верхнем слое воды – ряска (*Létna*) (рисунок 2). За семь

лет площадь акватории водоема сократилась в 2 раза. Реабилитация водоема позволит использовать его для отдыха населения города или рыбохозяйственных целей.



Рисунок. 2. Пруд Березовый, 2014 год

В задачу исследования входило: определение эффективности осаждения донных отложений водоемов в безреагентном режиме; выбор наиболее эффективных реагентов для обработки донных отложений и определение оптимальных доз реагентов; исследование кинетики отстаивания донных отложений при добавлении реагентов.

Чтобы сохранить водопроницаемость геотуб, необходимо после реагентной обработки получить осадок со стабильной структурой, не нарушаемой в процессе перекачки пульпы. Размер укрупненных частиц осадка должен быть больше пор геотекстиля.

Исследовались следующие реагенты: сернокислый алюминий (СА); оксихлорид алюминия (ОХА); СТХ-41; полиакриламид (ПАА); праестол2530; FO4140SH (фирма SNFFrance) и смеси указанных реагентов. Показателем для контроля эффективности обработки вод различными реагентами была определена мутность воды в надосадочном слое и высота слоя осадка.

Предварительно с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель 105М» был определен химический состав воды и донных отложений исследуемых водоемов. По содержанию главных ионов воду озера Окунёво можно отнести к классу сульфатно-натриевых природных вод, воду пруда Березового – к классу хлоридно-кальциевых, воду озера Лебяжье – к классу гидрокарбонатно-кальциевых.

Для исследований был приготовлен модельный раствор смеси озерной воды с донным отложениями естественной влажности в соотношении 5:1 при температуре 15°C, имитирующий жидкость, которую получают при очистке дна водоема земснарядом. Перемешивание

производилось до однородного состояния полученной жидкости с помощью флокулятора «Экрос».

В ходе эксперимента к смеси озерной воды и донного ила добавлялись растворы реагентов с различными дозами. Перемешивание раствора реагента с жидкостью в цилиндре осуществлялось механическим способом. С целью определения оптимальной дозы реагента с интервалом времени от 1 до 5 минут проводилось измерение объема осадка на дне цилиндра, визуально оценивалась мутность воды над осадком, структура осадка. С помощью спектрофотометра ПЭ-5400ВИ определялось значение мутности воды над слоем осадка.

Результаты

При отстаивании без реагентов гравитационное разделение «вода-осадок» шло медленно. При добавлении реагентов, как правило, уже через 10 минут отстаивания мутность снижалась. Отдельные результаты экспериментов, проведенных на воде и донных отложениях озер юга Тюменской области, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние вида и доз реагентов на эффективность отстаивания донных осадений водоемов юга Тюменской области

Водный объект	Мутность воды при отстаивании без реагентов, мг/дм ³	Высота слоя осадка при отстаивании без реагентов, мм	Вид реагента	Мутность воды при реагентном отстаивании, мг/дм ³	Высота слоя осадка, мм
Озеро Окунёво	142,89	26	СА	8,90	63
			ОХА	20,58	21
			СА+ПАА	1,87	72
			СА+Праестол	3,38	75
			СТХ-41	4,09	54
			ОХА+ FO4140	8,86	21
Озеро Лебяжье	80,32	37	СА	4,45	58
			ОХА	7,46	35
			ОХА+ПАА	3,05	68
			ОХА+Праестол	3,89	75
			ОХА+ FO4140	5,96	44
Пруд Березовый	121,45	42	СА	92,43	38
			ОХА	18,15	26
			СА+ПАА	94,91	28
			Праестол	15,55	17
			ОХА+Праестол	6,50	22
			ОХА+ FO4140	12,91	23

Реагентная очистка воды представляет собой сложный физико-химический процесс, на эффективность протекания которого оказывают влияние многочисленные факторы и, прежде всего, рН воды, который меняется при гидролизе коагулянтов. Так, добавление реагентов к

смеси воды и донных отложений пруда Березового с исходным $\text{pH} = 7,71$ снизило pH до 6,86. Растворимость образующихся в процессе гидролиза коагулянтов гидроксида алюминия, и, следовательно, ход коагуляции, зависит от pH . В интервале $\text{pH} = 6,5 - 7,5$ гидроксид алюминия имеет наименьшую растворимость [3]. Это необходимо учитывать при выборе реагента. Пробная коагуляция, проведенная для воды озера Лебяжье, показала, что применение оксихлорида алюминия дает лучшие результаты по сравнению с серноокислым алюминием. На рисунке 3 представлена кинетика отстаивания модельных растворов, полученных из воды и донных отложений рассматриваемых водных объектов. Для воды озера Окунёво, характеризующейся более высоким значением pH , процесс опускания границы раздела фаз шел стремительно с четкой видимой границей. Худший результат был получен для воды из озера Лебяжье с $\text{pH} = 5,86$, когда в толще воды были видны мелкие хлопья, находящиеся во взвешенном состоянии.

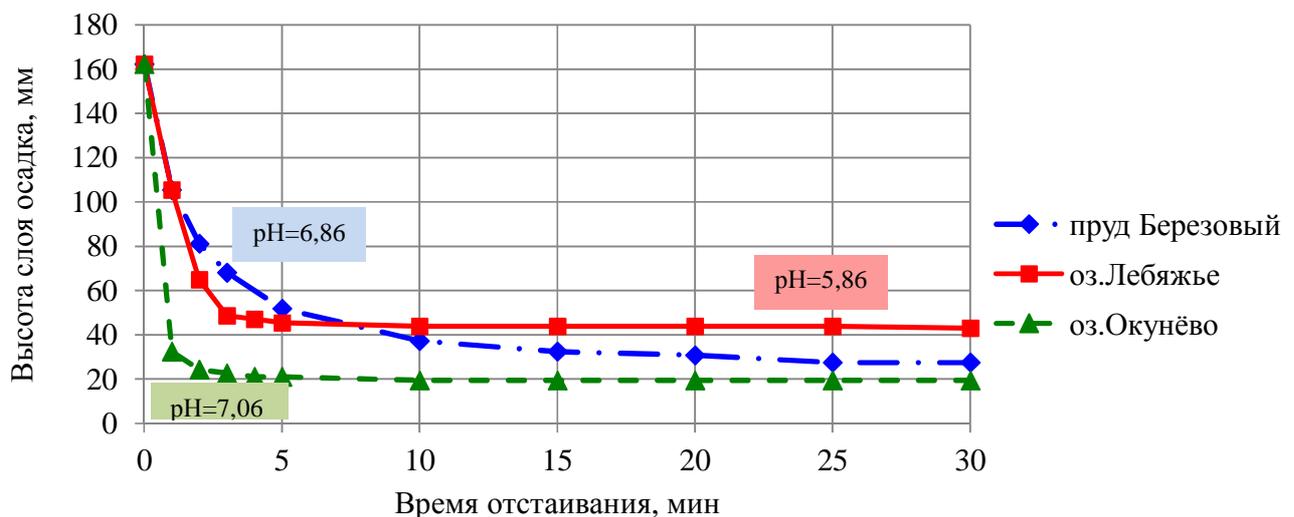


Рисунок 3. Кинетика отстаивания донных отложений при добавлении коагулянта ОХА (88 мг/дм^3) и флокулянта FO 4140SH ($0,5 \text{ мг/дм}^3$)

Использование серноокислого алюминия для водных объектов с невысокими значениями pH (пруд Березовый, озеро Лебяжье) не позволило получить плотный слой осадка. Мутность надосадочной воды была довольно высокой и находилась в пределах $110-125 \text{ мг/дм}^3$. Введение ПАА не улучшило результатов по мутности воды, но позволило получить более плотный слой осадка.

Лучшие результаты осаждения при использовании оксихлорида алюминия (ОХА) были получены при достаточно высоких дозах реагента: $100-130 \text{ мг/дм}^3$. Причем, дальнейшее

повышение дозы коагулянта вызвало увеличение мутности воды над слоем осадка за счет образования мельчайших частиц взвеси.

Использование флокулянта без коагулянта позволило сформировать плотный слой осадка на дне лабораторного цилиндра. Однако хорошие результаты по мутности надосадочной воды были получены лишь при высоких дозах реагента (рисунок 4).

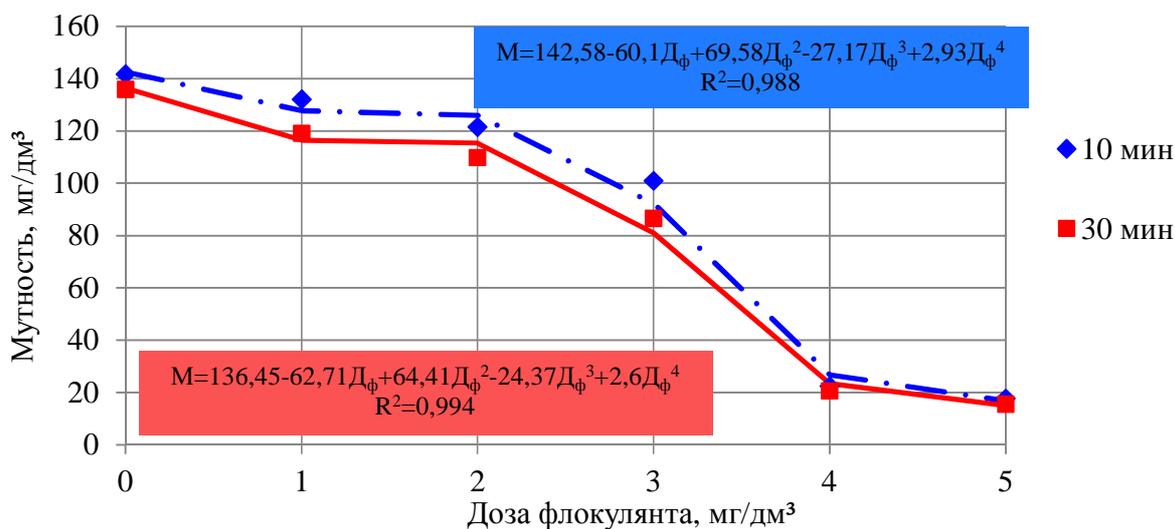


Рисунок 4. Зависимость мутности надосадочной воды от доз флокулянта Праестол2530 (пруд Березовый)

Крупные хлопья, плотный осадок и невысокую мутность воды дали флокулянт полиакриламид и его аналог праестол, введенные в обрабатываемую жидкость после коагулянта. При использовании катионных флокулянтов осветление воды происходит хуже (рисунок 5).

При реагентной обработке обязательно соблюдать последовательность введения растворов коагулянта и флокулянта с временным промежутком не менее 1–2 мин. Одновременное введение коагулянта и флокулянта делает реагентную обработку неэффективной. При проведении работ на объектах необходимо обратить внимание на то, что для приготовления раствора обязательно использование очищенной (технической) воды. Использование озерной воды исключено по причине значительного количества примесей, выпадающих в растворе реагента в осадок.

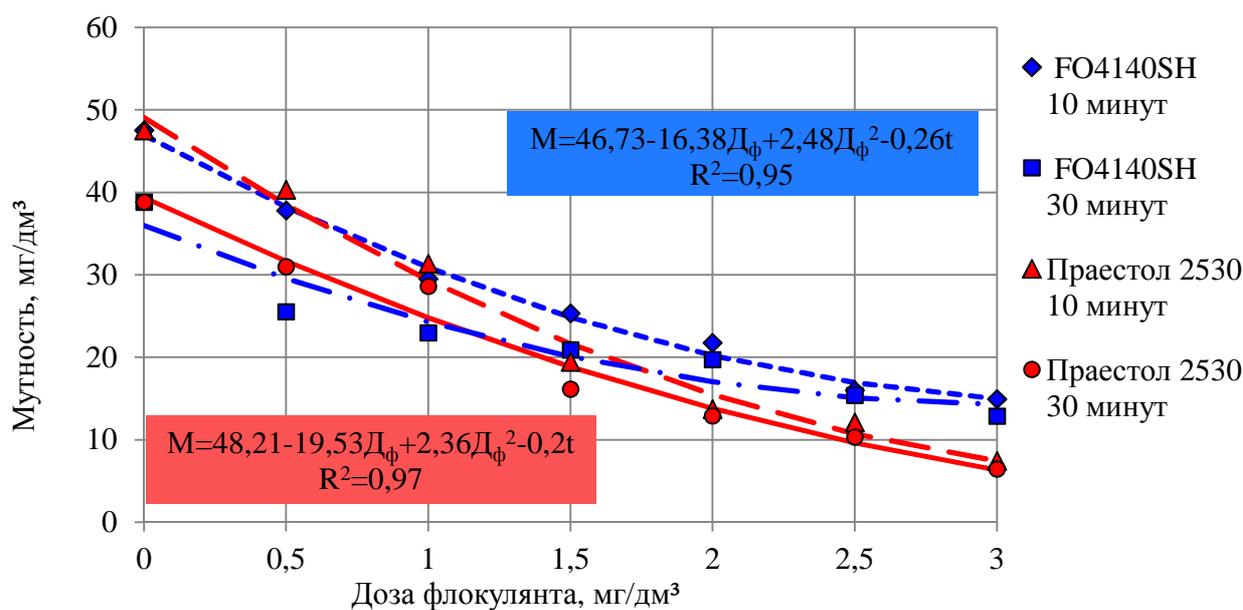


Рисунок. 5. Зависимость мутности надосадочной воды от доз флокулянтов и времени отстаивания при дозе ОХА 88 мг/дм³ (пруд Березовый)

Построение математической зависимости мутности воды (M) от доз реагентов (D_{ϕ}) и времени отстаивания (t) в виде эмпирического уравнения регрессии по выборке ограниченного объема проводилось с помощью методов регрессионного анализа. Коэффициенты эмпирического уравнения регрессии b_0 , b_1 , b_2 были определены в программе Microsoft Excel с помощью функции ЛИНЕЙН(). В результате анализа данных были получены уравнения регрессии (рисунки 4 и 5), коэффициенты детерминации для которых находятся в пределах от 0,95 до 0,99.

Выводы

Использование реагентов позволит интенсифицировать процесс гравитационного разделения пульпы из донных отложений и воды природных водных объектов при реабилитации водоемов методом геотубирования.

Вид реагента и его дозы должны выбираться на основании предварительных испытаний, проведенных для каждого водоема. Лучшие результаты реагентной обработки были получены при использовании коагулирующе-флокулирующих композиций на основе алюмосодержащего коагулянта и флокулянтов анионного типа.

Внедрение предложенной технологии при восстановлении водоемов региона позволит улучшить экологическое и санитарное состояние водных объектов.

Список литературы

1. Аджиенко, В.Е. Очистка поверхностных водных объектов от донных отложений: причины заиливания и экономика проблемы / В.Е. Аджиенко // Вода: химия и экология. – 2010. – № 3. – С. 26-36.
2. Баяраа, У. Критерии необходимости очистки русел рек на урбанизированных территориях / У.Баяраа, В.С.Боровков, В.В. Казённов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 5. – С 222-227.
3. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев // Научное изд. – М., 2005. – 576 с.
4. Жулин, А.Г. Влияние способа дозирования на процессы коагуляции сапропеля/ А.Г. Жулин, О.Д. Елизарова// Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т.48. – Вып. 4. – С. 47-53.
5. Кармазинов, Ф.В. Геотубирование – перспективное направление обезвоживания и экологически безопасного хранения биошламов / Ф.В. Кармазинов, Ф.И. Лобанов // Научно-техническая конференция «Очистка городских и производственных сточных вод и обращение с осадком: технологическое нормирование, расчет, проектирование, пусконаладка» 29-30 мая 2013 г. [Электронный ресурс]. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.
6. Рублевская, О.Н. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод / О.Н. Рублевская, А.Л. Краснопеев// Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 4. – С. 65-69.

Рецензенты:

Скипин Л.Н., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.

Миронов В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.