

УДК 54.051

Научно-технические основы использования лигнинсодержащего сорбента в очистке сточных вод

*Козлов А.С., студент
кафедры «Промышленная экология и химия»
Россия, 248600, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: И.Г.Шемель, старший преподаватель
Россия, 248600, г. Калуга, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В мировой практике производства сорбентов имеется опыт разработки материалов на основе растительных продуктов – кокосового ореха (США, Великобритания, Германия), кедрового ореха (Россия) и пр. Сорбенты на основе кокосового ореха (производства фирм Chemviron Carbon, UK, SILCARBON (Силкарбон), Германия, MEGTEC Systems, USA) пока не имеют равных по извлечению нефтяных загрязнений, радиоактивных отходов, очистке воздуха, обладают запредельной удельной поверхностью 1050-1100 м²/г. Однако для российских потребителей он дорог. Поэтому разработка собственных сорбционных материалов, особенно на основе отходов, является чрезвычайно важной. В качестве сырья использовали кофейный шлам – отходы производства растворимого кофе, в составе которого до 80% составляет вода. В условиях нарастающего дефицита энергоносителей и загрязнения окружающей среды образующимися отходами различных производств работы, связанные с разносторонним исследованием негидролизуемой части биомассы – лигнина, как с точки зрения его реакционной способности в химических превращениях, так и в качестве вещества-предшественника для получения сорбентов представляют особый интерес [1].

Среди потенциальных загрязнителей природной среды ливнесточными водами значительное место занимают автозаправочные станции, нефтебазы, транспортные предприятия, автостоянки. Основные загрязняющие вещества в стоках с территорий этих объектов это нефтепродукты и взвешенные вещества. При сбросе сточных вод в водные объекты идет непосредственное загрязнение водной среды, при сбросе же на рельеф происходит загрязнение почвы, грунтов и далее подземных вод нефтепродуктами. Последнее особенно опасно, так как грозит загрязнению водоносного горизонта,

используемого для питьевого водоснабжения, особенно в поселках, где водоснабжение осуществляется без очистки из колодцев.

Установки ливнесточных вод независимо от типа и конструкции требуют постоянного внимания и усилий по поддержанию их в рабочем состоянии путем проведения необходимых регламентных работ.

Установка «Ока» – это современное устройство, реализующее многоступенчатую технологию и основанное на новых принципах и новых конструкторских решениях. В установке реализована система эффективной многоступенчатой очистки, которая включает стадии: гравиметрическое отстаивание в динамических условиях, коалесценцию, контактное отстаивание, механическую фильтрацию, сорбцию [2,3].

Принципиальная схема установки очистки представлена на рис.1.

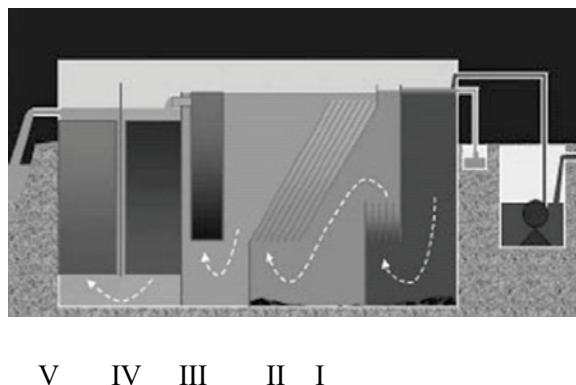


Рис.1. Принципиальная схема установки «Ока»: I, II – зона отстаивания; III – зона контактного осветления; IV – зона фильтрации; V – зона сорбции

Устройство включает зону отстаивания, тонкослойный отстойник, фильтр с плавающей загрузкой, сорбционный фильтр с активированным углем.

Предлагаемая блок-схема очистки ливнесточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ представлена на рис. 2.

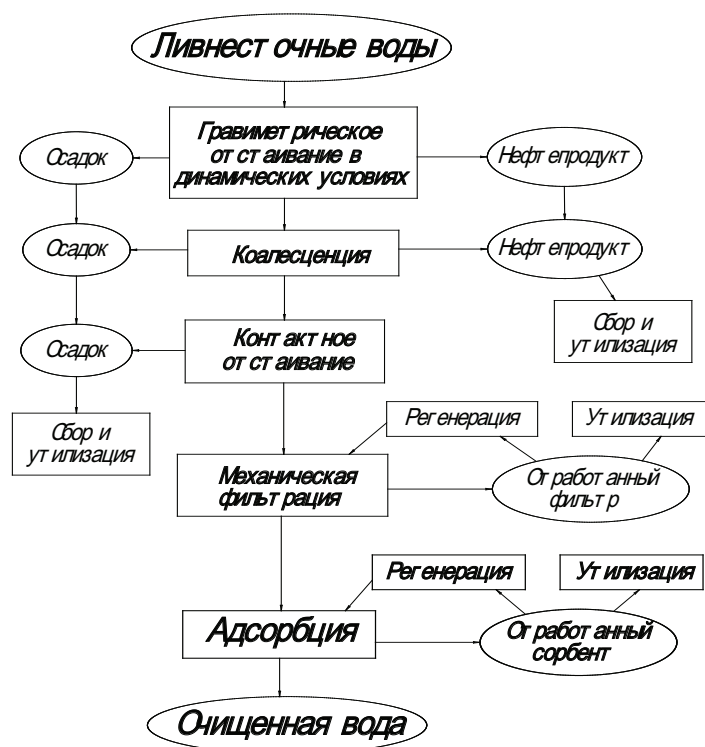


Рис. 2. Блок-схема очистки ливнесточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ

Ливневая сточная вода из насосного резервуара подается в блок очистки в зону гравиметрического отстаивания. Здесь, на поверхности воды, будет скапливаться основная часть нерастворенных нефтепродуктов в виде пленки. Более тяжелые, чем вода фракции нефтепродуктов и крупнодисперсные взвешенные вещества оседают на дне. Затем поток воды проходит через коалесцентный фильтр. На пластинах этого фильтра происходит отделение дисперсной фазы – нефтепродукта за счет укрупнения капель. Эти капли за счет меньшей плотности всплывают над коалесцентным фильтром и накапливаются в виде пленки на поверхности воды.

Очищаемый поток воды далее поступает на гранулированный фильтр, где происходит дальнейшее отделение взвешенных веществ контактным отстаиванием. В качестве загрузки фильтра используется, например, керамзит. Далее очистка от взвешенных веществ происходит на песчаном фильтре. После этого очищаемая вода поступает на цилиндрические фильтры. В качестве фильтра используется олеофильный синтетический материал типа «Мегасорб», «Синтенит». Слив воды после цилиндрических фильтров происходит на первый сорбционный фильтр, который заполнен плавающим сорбентом, например, гранулами «С-верад» или другой аналогичной минеральной или полимерной загрузкой. Затем очищаемая вода поступает на второй сорбционный фильтр, заполненный углем активированным марки БАУ-А или БАУ-К. Удаление очищенной сточной воды из второго сорбционного фильтра происходит самотеком.

Сорбент получали гидролизом кофейного шлама в присутствии катализаторов (кислот) с целью выделения органических производных (около 20 наименований, в числе которых фурфурол, уроновые кислоты, уксусная кислота и пр.)[4]. Варьирование условий нагрева и момента подачи активирующего агента (водяного пара) при прямой активации лигнина позволило найти оптимальный режим для получения активных углей с более развитой поверхностью и высокой механической прочностью. Кроме того, это позволило изменить структурирование сорбента и создать модификации сорбентов для очистки СВ от нефтепродуктов со смешанной микро-мезопористой структурой. Свойства сорбента на основе лигнинсодержащих отходов были опробованы в лабораторных экспериментах по сорбции бензойной кислоты и метиленового синего, причем поглощение последнего проходило с наибольшим значением удельной адсорбции и позволило использовать его для поглощения нефтепродуктов.

В разрабатываемой технологии предлагается реализовать двухступенчатую сорбционную очистку. В качестве материалов для сорбции на первой ступени испытывали следующие сорбционные материалы, выпускаемые отечественной промышленностью:

- минеральный гидрофобизированный сорбент «С-верад»;
- пенополистирол гранулированный фракции 1-3 мм;
- мезопористый ископаемый уголь МИУ–С1 фракции 2-5мм.

По совокупности технологических характеристик и экономических параметров приемлемым является МИУ–С1.

В качестве основного сорбционного материала на второй ступени очистки испытывали исследуемый сорбент (рис. 3) в сочетании с углем активированным марки БАУ-А в соотношении 1:2.



Рис. 3. Сорбент на основе лигнинсодержащих отходов

Активированный уголь БАУ-А (зерна черного цвета без механических примесей, размер зерен 1-3,6 мм) имеет широкий диапазон пор, сильно развитую общую пористость. Величина удельной поглощающей поверхности ($700-800 \text{ м}^2$ в 1 г угля). Эти характеристики позволяют эффективно использовать активный уголь БАУ-А для очистки жидкостей от широкого спектра примесей (от мелких, соизмеримых с молекулами йода, Молодежный научно-технический вестник ФС77-51038

до молекул жиров, масел, нефтепродуктов, хлорорганических соединений и др.).

Характеристики активированного угля БАУ-А по ГОСТ 6217-74 в сравнении с лигнинсодержащим сорбентом представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики сорбентов

Наименование нормируемого показателя	По ГОСТ 6217-74 для активированного угля БАУ-А	Сорбент на основе лигнинсодержащих отходов
Адсорбционная активность по йоду, %	> 60	>60
Суммарный объем пор по воде, см ³ /г	> 1,6	-
Насыпная плотность, г/дм ³	< 240	<250
Массовая доля золы, %	< 6,0	<7,8
Массовая доля влаги, %	< 10,0	<10

Значения результатов очистки в табл. 2 получены при высоте насыпного слоя 1м.

Таблица 2

Результаты очистки

Базовый вариант				Экспериментальный вариант	
содержание взвешенных веществ, мг/л		содержание растворенных нефтепродуктов, мг/л		содержание растворенных нефтепродуктов, мг/л	
до фильтра	после фильтра	до фильтра	после фильтра	до фильтра	после фильтра
21	14	0,28	0,046		
24	8,5	0,30	0,050		
22	6,0	0,30	0,048		
18	6,0	0,26	0,046		
20	5,8	0,27	0,048	0,27*	0,06*

*-значение определялось в учебной студенческой лаборатории

В реальных условиях эксплуатации отработывали следующие технологические режимы.

1. Определение оптимальной высоты насыпного слоя контактного фильтра.

Этот параметр определялся экспериментально. Критериями оценки служили эффективность очистки и сопротивление потоку очищаемой воды, которое выражалось в

увеличении перепада высот уровней воды до и после фильтра. Экспериментально установлено, что процесс очистки проходит эффективно при минимальной высоте слоя 80 см. Дальнейшее повышение насыпного слоя способствовало небольшому увеличению степени очистки, однако, возрастало сопротивление потоку даже на чистом материале.

2. Определение высоты насыпного слоя песчаного фильтра.

Как и для контактного фильтра критериями оценки служили эффективность очистки и сопротивление потоку очищаемой воды. Экспериментально установлено, что высота насыпного слоя песка должна быть 40 см.

3. Выбор высоты насыпного слоя сорбционных материалов.

Для первой стадии сорбции для материала «С-верад» оптимальная высота насыпного слоя составила 110 см; для материала пенополистирола гранулированного – 130 см; для мезопористого угля МИУ-С1 – 105 см.

Для второй стадии сорбции на материале на основе лигнинсодержащего сырья высота насыпного определена в 100 см.

Установка обеспечивает высокую эффективность (табл.3) очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ до показателей, соответствующих нормативным требованиям к ПДК для сброса очищенных вод на рельеф или водоемы рыбохозяйственного назначения.

Таблица 3

Параметры очистки

N п/п	Стадия очистки	Содержание загрязняющих веществ, мг/л	
		нефтепродукты	взвешенные вещества
1	Исходная сточная вода	70	1000
2	Очищенная вода без адсорбера с углем активированным	0,3	6,0
3	Очищенная вода после адсорбера с углем активированным	0,05	6,0

Продвижение любого инновационного продукта на рынке зависит от нескольких параметров, одним из которых является стоимость. В качестве сорбента в установке «Ока» используется активированный уголь. Поскольку значения сорбционной активности исследуемых материалов отвечают нормативным и являются сопоставимыми с характеристиками стандартного сорбента в установке, его можно использовать в качестве второй ступени очистки установки «Ока».

Мелкозернистый сорбент на основе переработки кофейного шлама надлежит перевести в гранулированную форму с содержанием фракции 1,8-2,5 мм не менее 80%. В Молодежный научно-технический вестник ФС77-51038

этом случае при стандартной толщине рабочего слоя будет достигнута линейная скорость не менее 5-10с/час. Высокая удельная поверхность сорбционного фильтра позволит использовать низкие скорости фильтрации и эффективно извлекать эмульгированные нефтепродукты и обеспечивать необходимые остаточные концентрации взвешенных веществ.

Стоимость угля активированного марки БАУ-А составляет в среднем 100000 руб. за тонну. Замена угля активированного на более дешевый, но сопоставимый по сорбционной емкости и другим эксплуатационным характеристикам материал, существенно снизит стоимость установки «Ока», что будет способствовать ее успешному продвижению на рынке.

Список литературы

1. Грушников О.П., Елкин В.В. Достижения и проблемы химии лигнина. – М.: Наука, 1973. – 296 с.
2. РФ Патент 2374181 (2009). Устройство для очистки ливнесточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ / Козлов С.А., Молодык А.Д. (РФ). – 4с.
3. РФ Патент 2393111 (2010). Способ получения микропористого углеродного материала из лигноцеллюлозного сырья / Микова Н.М., Чесноков Н.В. (РФ). – 10 с.
4. Синтез и применение углеродных сорбентов [Электронный ресурс] / Б.Н. Кузнецов, [Красноярский государственный университет]. – Электрон. текстовые дан.— Поисковая система (Поиск по 1 096 веб-страницам). – Красноярск: Красноярский государственный университет, [1999]. – Режим доступа : <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/> 899.html (Дата обращения: 31.05.2011).