

цвета изделий и их первоначальной формы. В отличие от других растворителей, декаметилциклопентасилоксан испаряется при более высокой температуре.

По имеющимся данным, D<sub>5</sub> регламентируется как экологически чистый и является альтернативой традиционным растворителям.

Основные показатели: удельный вес – 0,95; температура вспышки – 77 °С; температура кипения – 210°С.

Подходит для использования в машинах, работающих на нефтяных растворителях.

Очень важное преимущество – возможность его применения в машинах как с дистилляцией, так и с фильтрацией растворителя. В машинах с фильтрацией загрязненного D<sub>5</sub> можно использовать картриджи или диски, а также фильтр с углем или порошковой глинистой загрузкой.

Нами были проведено биотестирование «контактных вод» (фитотест) на всхожесть зерен пшеницы. Всхожесть зерен пшеницы на исходной и «контактной воде» в присутствии D<sub>5</sub> была значительно выше (80,0-86,7%), чем в «контактной воде» в присутствии Солвон К-4 (20,0-26,7%).

Таким образом, данные фитотеста могут свидетельствовать о токсичности Солвона К-4 для живой природы по сравнению с силиконовым D<sub>5</sub>. Применение альтернативных растворителей Солвон К-4 и силиконового D<sub>5</sub> требует проведения серьезных научных исследований.

#### Литература

1. Семинар Koblenz & partner на выставке «Клинэкспо» //«Химчистка и прачечная», апрель-июнь 2013, 2(61), с.44
2. Методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.

#### **Очистка сточных вод АЗС от нефтепродуктов**

Чл.- корр. РАН д.т.н. проф. Систер В.Г., к.б.н. доц. Миташова Н.И., Кольцова Е.С.  
*Университет машиностроения*  
8(903)-141-98-90, mitanieko@mail.ru  
8(910)-453-26-31

*Аннотация.* На сточных водах АЗС г. Вязьмы и г. Троицка рассмотрена возможность экспериментальной очистки и доочистки от нефтепродуктов и других загрязнений. Разработана технологическая линия очистки, проведены исследования с использованием барботажной флотации, АУ АГ-3, цеолита и нетканых материалов; биотестирование сточных вод.

*Ключевые слова:* АЗС, очистка сточных вод, доочистка, нефтепродукты, нетканые фильтры, сорбенты

Автозаправочные станции, автотранспортные предприятия, использующие в своей производственной деятельности нефтепродукты, обычно имеют открытые площадки и достаточно развитую дорожную сеть, с которой отводятся дождевые сточные воды, загрязнённые взвешенными веществами (песчаными и глинистыми частицами) и отходами нефтепродуктов: бензин, дизельное топливо, масла и др. Эти сточные воды представляют опасность для окружающей среды и перед сбросом должны быть очищены до экологических нормативов, которые в РФ являются одними из самых жёстких в мире.

Достаточно указать, что при сбросе очищенных сточных вод в водоёмы рыбохозяйственного водопользования, к которым по классификации относится большая часть поверхностных водоёмов, содержание нефтепродуктов не должно превышать 0.05 мг/л. Для сравнения можно заметить, что допустимое содержание нефтепродуктов в питьевой воде – 0.1 мг/л.

Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Объемы отходов нефтепродуктов и нефтезагрязнений, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров. Значительное число хранилищ нефтешламов и отходов, построенных с начала 50-х годов, превратилось из средства предотвращения нефтезагрязнений в постоянно действующий источник таких загрязнений.

Таблица 1

**Результаты химического анализа ливнесточной воды от предприятия АЗС №1  
(г. Вязьма)**

№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода	Превышение ПДК (в раз)	ПДК для сброса в горводосток, мг/л
1	Запах, баллы	3	3	0 – 1
2	Цвет	Грязно-серый		Без цвета
3	Цветность по разбавлению	1:10		1:16
4	Прозрачность по шрифту, см	2,5		>20
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	193	96,5	2
6	рН	7,7		6,5 – 8,5
7	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	579	53,86	10,75
8	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	300	3	100
9	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	800	2,67	300
10	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	2	-	3,5
11	Комплекс тяжелых металлов	1·10 <sup>-4</sup>	10	1·10 <sup>-5</sup>
12	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	20	0,01
13	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	3	0,1
14	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Более 20	800	0,05

Наиболее широко распространенными загрязнителями сточных вод являются нефтепродукты – неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые вследствие их высокой токсичности принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Нефтепродукты могут находиться в растворах в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой.

Очевидно, что процесс очистки сильно загрязнённых сточных вод до такой низкой нормативной остаточной концентрации загрязнений представляет трудную инженерную задачу, решение которой осложняется сопутствующими факторами: эпизодическим характером поступления сточных вод и взрывоопасностью удаляемых из сточных вод нефтепродуктов [1].

Первый фактор осложняет организацию работ по обслуживанию, а второй требует ряда мероприятий, обеспечивающих пожаровзрывобезопасность при эксплуатации очистных установок.

Очистные установки должны быть компактны, допускать свободное размещение как в плане, так и по высоте (для возможности рационального использования участков неправильной формы, выноса ёмкостей из зоны грунтовых вод, возможности самотёчного отвода очищенных сточных вод при малой глубине заложения водоприёмной системы). Кроме того, установки должны иметь невысокую стоимость поставки, монтажа и эксплуатации [2].

Нами были обследованы АЗС №1 (г. Вязьма) и АЗС №2 (г. Троицк). В таблицах 1 и 2 приводятся результаты химического анализа ливнесточной воды.

В результате химического анализа стока было выявлено, что ливнесток от АЗС-1 превышает установленные нормативы по следующим показателям для сброса в горводосток: по нефтепродуктам в 800 раз; сульфатам в 3 раза; хлоридам в 2,67; комплексу тяжелых металлов в 10 раз; фенолам в 20 раз; железу в 3 раза; по запаху в 3 раза; цвету; мутности в 5,56 раз; взвешенным веществам в 53,86; Поэтому для сброса в горводосток необходимо было провести предварительную очистку ливнесточной воды.

Таблица 2

**Результаты химического анализа ливнесточной воды от предприятия АЗС №2  
(г. Троицк)**

№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода	Превышение ПДК (в раз)	ПДК для сброса в горводосток, мг/л
1	Запах, баллы	3	3	0-1
2	Цвет	Грязно-серый		Без цвета
3	Цветность по разбавлению	1:10		1:16
4	Прозрачность по шрифту, см	3,9		>20
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	270	135	2
6	рН	7,5		6,5-8,5
7	Взвешенные вещества, мг/ дм <sup>3</sup>	810	75,35	10,75
8	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	300	3	100
9	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	800	2,67	300
10	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0,5		3,5
11	Комплекс тяжелых металлов	$1 \cdot 10^{-5}$	-	$1 \cdot 10^{-5}$
12	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	20	0,01
13	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	1,67	0,3
14	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Более 40	1000	0,05

В результате химического анализа стока было выявлено, что ливнесток от АЗС-2 (г. Троицк) превышает установленные нормативы по следующим показателям для сброса в горводосток: по нефтепродуктам в 1000 раз; сульфатам в 3 раза; хлоридам в 2,67; фенолам в 20 раз; железу в 1,67 раза; по запаху в 3 раза; по цвету; по мутности в 7, 69 раз; взвешенным веществам в 75,35. Поэтому для сброса в горводосток необходимо было провести предварительную очистку ливнесточной воды.

Нами была проведена первичная очистка сточных вод АЗС №1 от нефтепродуктов путем сорбции на фильтрах с загрузкой минеральным сорбентом «цеолит» и активированными углями АГ – 3 и ОУ-А.

В результате физико-химического анализа очищенной ливнесточных вод АЗС-1 выявлено, что очистка на цеолите, угле АГ-3, угле ОУ-А эффективна для снятия цветности, снижается концентрация фенолов (с превышением уровня ПДК в 5-7 раз) и тяжелых металлов до уровня ПДК.

На ливнесточных водах АЗС №2 была проведена экспериментальная очистка на нетканых материалах (фильтр из волокон с полиэтиленом, пенополиуретаном и полихлорвинилом), а также путем барботажной флотации с доочисткой на активированном угле АГ-3 и минеральном сорбенте «цеолите».

Результаты физико-химических анализов экспериментальной очистки сточных вод АЗС №2 на фильтре (крошка) с пенополиуретаном дали наилучшие результаты по показателю «фенолы», в отличие от очистки на фильтре с волокнами полиэтилена и полихлорвинила. По органолептическим показателям (цвет, запах) на фильтрах с неткаными материалами очистка в условиях эксперимента была неэффективной.

Проводили также очистку ливнесточных вод АЗС №2 барботажной флотацией с последовательной глубокой очисткой, сорбцией на активированном угле АГ-3 и минеральном сорбенте «цеолите».

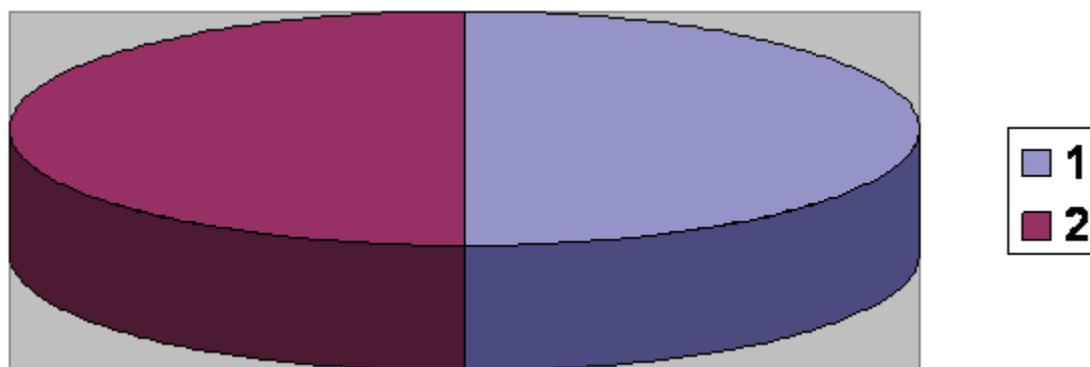
Таблица 3

**Результаты физико-химических анализов ливнесточных вод АЗС-2 после очистки барботажной флотацией с доочисткой на АУ и минеральных сорбентах**

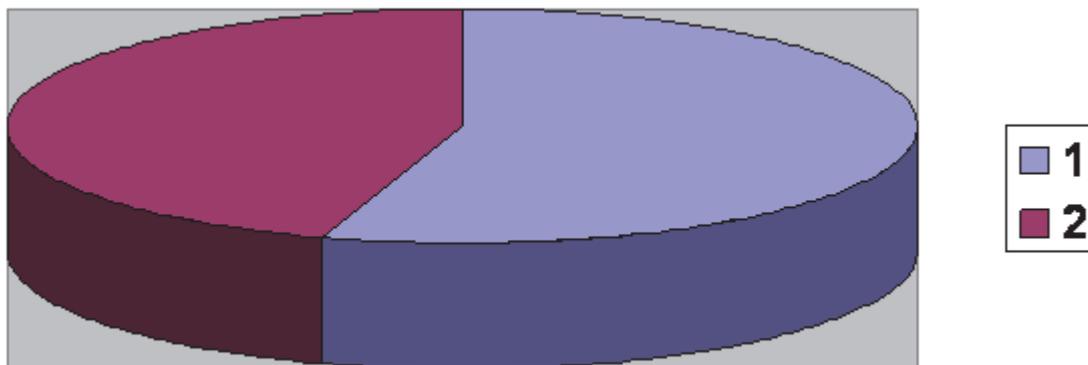
№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода АЗС-2	Барботажная флотация	Очистка на фильтре АГ-3	Очистка на фильтре с цеолитом	ПДК для сброса в горводосток
1	Цвет	Грязно-серый	Грязно-серый	Сероватый	сероватый	б/цв
2	Запах, баллы	3	2-3	1-2	1-2	0-1
3	Нефтепродукты, мг/л	Более 40	20	0	0,6	0,05
4	Фенолы, мг/л	0,2	0,2	0,05	0,1	0,01
5	Тяжелые металлы, мг/л	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$

Как видно из данных таблицы 3, глубокая очистка сточных вод после флотации сорбцией на АГ-3 оказалась эффективной по основному показателю: нефтепродукты. По фенолам и тяжелым металлам остаточные концентрации значительно превышали ПДК. Доочистка стока на «цеолите» показала определенное превышение ПДК.

Также проведено биотестирование сточной воды АЗС №2 (по государственной методике МР № 2.1.7.229.7 – 07 (Фитотест)). Определяли зависимость всхожести семян пшеницы от способа очистки воды на различных сорбентах (цеолит, АГ-3 и нетканые материалы).

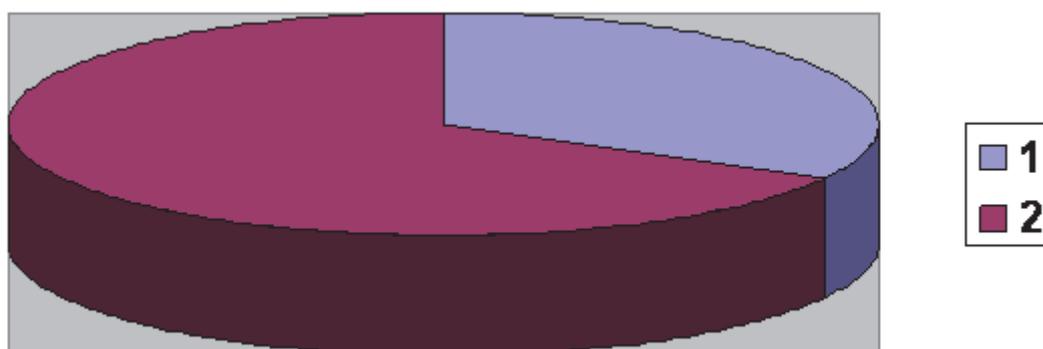


**Рисунок 1. Сточная вода от АЗС-2, где 1 – всхожесть (50%)**



**Рисунок 2. Вода, очищенная с помощью фильтра с загрузкой крошкой ППУ, где 1 – всхожесть (55%)**

Всхожесть семян пшеницы на водопроводной воде контроль составляла 100%, всхожесть семян на исходной сточной воде составляла 50%. Первичная очистка стоков флотацией не показала эффективности всхожести семян (47%). Первичная очистка стока с помощью пенополиуретана показала всхожесть семян 55%. Глубокая очистка воды с помощью АГ-3 и цеолита показала всхожесть семян от 47%. Первичная очистка стока сорбцией с крошкой полиэтилена показала наименьшую всхожесть семян – 33%. Результаты изображены на рисунках 1, 2, 3.



**Рисунок 3. Вода, очищенная с помощью фильтра загрузкой крошкой полиэтилена, где 1 – всхожесть (33%)**

#### Заключение

Сброс загрязненного поверхностного стока с территории предприятий является одной из актуальных экологических проблем, до конца не решенных проблем города. В результате деятельности АЗС образуются поверхностные ливнесточные воды с повышенным содержанием нефтепродуктов и взвешенных веществ. Количество загрязнений варьируется в зависимости от климата, сезона года, применяемых препаратов и технологии.

АЗС, расположенные в «шаговой доступности» от жилых массивов, на ограниченных площадках, сбрасывают загрязненный поверхностный сток (ливнесток) либо в систему водостока, либо непосредственно в водоприемник, а чаще всего – на рельеф своей производственной территории.

Подобные загрязнения приводят к ухудшению санитарных условий жизни населения, затрудняют использование воды для питьевого и технического водоснабжения, сельского хозяйства и других применений. Таким образом, существует реальная опасность загрязнения ливнесточными почвы и подземных водоносных горизонтов.

Проведенный нами физико-химический анализ сточных вод АЗС №1 и АЗС №2 выявил высокую концентрацию в них нефтепродуктов, взвешенных веществ, фенолов и др.

Так, превышение ПДК нефтепродуктов составило 800-1000 раз, фенолов 20 раз, ком-

плекса тяжелых металлов 10 раз.

При первичной и глубокой очистке этого стока на сорбентах и нетканых материалах было показано, что при флотации и доочистке на фильтре с АГ-3 концентрация нефтепродуктов снижается до норм ПДК, а органолептические показатели (цветность, запах) также нормализуются до нормативов ПДК [3].

Была разработана и апробирована в эксперименте принципиальная линия локальной очистки ливнесточных вод АЗС с применением гидроциклона, флотатора с последующей глубокой очисткой на нетканых материалах, минеральных сорбентах и активированных углях. В состав линии предложены аппараты и методы: сборная емкость ливнестока, гидроциклон, барботажный флотатор, сорбционное фильтрование на напорных фильтрах, сборники флотоконцентрата и образующегося осадка.

#### Литература

1. Арнс В.Ж., Гридин О.М., Яншин А.Л. Нефтяные загрязнения: как решить проблему // Экология и промышленность России. – 1999. - №9. – С. 33-36.
2. Веригина Е.Л., Миташова Н.И. Процессы и аппараты инженерной защиты компонентов окружающей среды. Гидросфера, 143 стр., Москва, 2012.
3. 98113594/25. Способ очистки сточных вод (сорбционная очистка). Леонов С.Б., Богданов А.В., Миронов А.П., Иванова М.А., опубликован 10.09.99, бюл. № 25.

#### **Тестовая установка для определения параметров суперпозиционного режима освещения фототрофных микроорганизмов**

к.т.н. доц. Зубов Д.В., в.н.с. Макеев П.П., к.т.н. доц. Мальцевская Н.В.

Университет машиностроения  
8(499)267-19-91, zubov@msuie.ru

*Аннотация.* Разработана и испытана лабораторная установка для подбора оптимального сочетания длительностей световых и темновых периодов при исследованиях суперпозиционного (двухчастотного прерывистого) режима освещения на рост фототрофных микроорганизмов.

*Ключевые слова:* микроводоросли, фототрофы, прерывистое освещение, энергосбережение, лабораторная установка

На протяжении нескольких веков человечество увеличивает темпы роста использования углеродсодержащих энергоносителей. Несмотря на то, что в последние десятилетия было открыто множество источников энергии, основная часть энергии вырабатывается путём сжигания угля, нефти, природного газа и продуктов их переработки, что всегда сопровождается выделением углекислого газа. Ввиду увеличивающихся масштабов выбросов углекислого газа, проблема переработки CO<sub>2</sub> привлекает все больше внимания.

Было предложено большое количество методов абсорбции и последующей утилизации углекислого газа из атмосферы, часть проектов успешно реализована. Но главная проблема во всех предложенных на данный момент вариантах заключается в высокой стоимости секвестрации (абсорбции углекислого газа). Захват, транспортировка и хранение CO<sub>2</sub> оказываются чрезмерно затратными и приводят к нерентабельности данных проектов. Привлекательным выглядит метод биологической секвестрации CO<sub>2</sub> с помощью фотосинтеза – применение повышенных концентраций углекислого газа позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Тем не менее, использование углекислого газа в традиционных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур малоэффективно вследствие того, что большая часть CO<sub>2</sub> просто улетучивается. Применение же герметичных теплиц со-