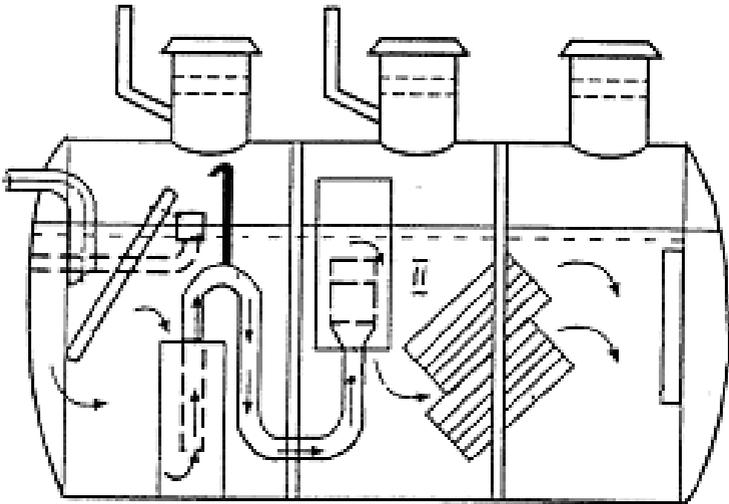


Л.Ф.ДОЛИНА

*Современная технология и  
сооружения для очистки  
нефтесодержащих сточных вод*



Днепропетровск  
Континент  
2005

Л.Ф.ДОЛИНА

*Современная технология и  
сооружения для очистки  
нефтесодержащих сточных вод*

Днепропетровск  
Континент  
2005

УДК 628.3.

ББК 73.7

Д64

Книга рекомендована к печати научно-методической комиссией по направлению «Водные ресурсы» при Министерстве транспорта и связи Украины

Рецензенты:

**Рожко В.Ф.**, доктор технических наук, профессор Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры.

**Беляев Н.Н.**, доктор технических наук, профессор Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна

Д64. **Долина Л.Ф.** Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод: Монография. – Днепропетровск: Континент, 2005. - 296 с.

ISBN 966-7873-75-7

В монографии описаны современная технология и перспективные сооружения для очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод различных отраслей промышленности.

Рассчитана на специалистов, занимающихся вопросами водоотведения и водоснабжения, экологов, студентов и преподавателей, научных работников.

У монографії описані сучасна технологія і перспективні споруди для очищення нафто- і масловмісних стічних вод різних галузей промисловості.

Розрахована на фахівців, що займаються питаннями водовідведення і водопостачання, екологів, студентів і викладачів, науковців.

This book is devoted to the problems of up-to-date purification technology used for waste waters cleaning containing oil admixtures. The waste waters from different industries are under consideration/

This book will be useful for experts working in the field of water supply, waste waters treatment, for teachers and students.

ISBN 966-7873-75-7

©Долина Л.Ф., 2005

# СОДЕРЖАНИЕ

	стр	
<b>ГЛАВА 1</b>	Особенности состава нефтесодержащих сточных вод и его влияние на очистку	6
<b>ГЛАВА 2</b>	Механические методы очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод	16
<b>ГЛАВА 3</b>	Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью комбинированных методов очистки	44
3.1.	<i>Очистка нефтесодержащих сточных вод на железных дорогах Европы</i>	66
3.2.	<i>Использование современных флотационных установок для очистки нефтесодержащих сточных вод</i>	86
3.3.	<i>Глубокая очистка нефтесодержащих промстоков</i>	100
<b>ГЛАВА 4</b>	Современные технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод, нефтешламов и почв	116
4.1.	<i>Биологическая очистка сточных вод</i>	116
4.2.	<i>Очистка воды, нефтешламов и почв с помощью биопрепаратов-деструкторов</i>	144
<b>ГЛАВА 5</b>	Использование сорбентов для очистки нефтесодержащих сточных вод и поглощения углеводородов с поверхности воды и почв	168
5.1.	<i>Как выбирать нефтяные сорбенты</i>	196
<b>ГЛАВА 6</b>	Мембранная технология для очистки нефтесодержащих сточных вод	207
<b>ГЛАВА 7</b>	Очистка масло- и нефтесодержащих сточных вод с помощью физических методов (магнитное и акустическое воздействие)	222
<b>ГЛАВА 8</b>	Обезвреживание сточных вод, содержащих тетраэтилсвинец	229
<b>ГЛАВА 9</b>	Патенты на очистку сточных вод от нефтепродуктов	237
<b>ГЛАВА 10</b>	Современные методы обезвреживания, регенерации и утилизации нефтесодержащих отходов	250
	<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	266
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ 1-15</b>	272

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из загрязнителей окружающей среды являются нефте- и маслосодержащие сточные воды. Они образуются во многих технологических процессах в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства (нефтедобыча и нефтепереработка, транспорт, металлургия и горное дело, мойка всех видов транспорта и т.д.). Количество нефтесодержащих сточных вод и их состав весьма различен. На некоторых предприятиях имеется оборотное водоснабжение, но на большинстве оно отсутствует, что приводит к неизбежному сбросу сточных вод в окружающую среду. Растет количество и сумма платежей за загрязнение окружающей среды. Так, из всех видов платежей на железных дорогах Украины за сброс загрязняющих веществ со сточными водами наибольшие суммы приходится на нефтепродукты – 47,6%, на БПК<sub>п</sub> – 24,1%, на азотсодержащие соединения – 11% [1]. Обследование показало, что из 78 локомотивных депо очистными сооружениями оборудованы только 59%, флотаторами и отстойниками – 45%, нефтеловушками – 23%, средствами доочистки до ПДК оснащены лишь 20% объектов. Это имеет не только экологическое, но и экономическое значение, так как на железных дорогах России ежегодно теряется до 1 млн.т нефти и нефтепродуктов, 63% составляет эмиссия тяжелых и легких нефтепродуктов на железных дорогах мира.

Высока энергоемкость украинской промышленности (на каждые 1000 долларов произведенного ВВП украинские предприятия в среднем затрачивают 1840 кг нефтяного эквивалента, французские – 182 кг, немецкие – 145 кг) [2].

В отечественной и зарубежной технической литературе имеется много публикаций по технологии очистки нефтесодержащих сточных вод [3-8]. Однако большинство из них являются недоступными для широкого пользования, так как печатаются только в периодической литературе, рекламных буклетах фирм и пр. С целью оказания помощи специалистам и студентам в углублении знаний по очистке сточных вод от нефтепродуктов автором предпринята попытка систематизировать и изложить на современном научном уровне вопросы технологии очистки воды от нефтепродуктов.

В книге на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта, а также собственных исследований автора рассмотрены многообразные методы очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод.

Библиография отечественной и зарубежной литературы по рассматриваемой в этой книге тематике содержит несколько сотен наименований; в списке литературы приведены лишь наиболее существенные и только последних лет.

Материалы монографии будут полезны не только специалистам, но и студентам при выполнении курсовых и дипломных проектов, так как автор уже много лет читает курс «Водоотведение промышленных предприятий» в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, имеет опыт и в достаточном количестве информационный материал по очистке нефте- и маслосодержащих сточных вод различных отраслей промышленности, а также зарубежный опыт, полученный в результате научных командировок.

Однако материал книги не претендует на исчерпывающее изложение технологии очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод, так как эти процессы непрерывно совершенствуются как в Украине, так и за рубежом. Поэтому эта информация должна систематически дополняться и углубляться.

Автор весьма благодарен рецензентам: д.т.н., профессору Рожко В.Ф. и д.т.н., профессору Беляеву Н.Н. за ценные указания, которые позволили существенно улучшить структуру и содержание монографии.

## ГЛАВА 1.

### *Особенности состава нефтесодержащих сточных вод и его влияние на очистку.*

Производственные сточные воды кроме обычных загрязнений могут содержать в значительных количествах нефтепродукты. Их поведение в сточных водах определяется происхождением, видом и товарным сортом. Источником получения товарных нефтепродуктов (моторное и котельное топливо, смазочные масла и т.д.) является природная нефть. Различают легкую и тяжелую нефть (плотность легкой до  $0,9 \text{ т/м}^3$ , тяжелой – до  $1,04 \text{ т/м}^3$ ). Очень редко нефть бывает плотной, наполовину твердой, в которой много парафинов (Карпатское месторождение). Нефть представляет собой очень сложную смесь органических соединений переменного состава, основная часть которой состоит из парафина, нафтенов, ароматических углеводородов. Кроме них в состав нефти входят различные смолы, асфальтены, сера. Из легкой нефти получают бензин, газ, а из тяжелой – разные смазочные материалы, дизельное топливо, битум, мазут. Температура застывания нефти от  $+11$  до  $20^\circ\text{C}$ , температура начала кипения – около  $100^\circ\text{C}$ . Основные виды нефти содержат 80-87% углерода, 10-14% водорода, 0-5% серы, 0-3% кислорода, 0-2% азота. В сыром виде нефть почти не используют. Ее используют после очистки (удаления воды, вредных примесей) и последующей термической перегонки на фракции: при нагревании до  $40-180^\circ\text{C}$  отделяют пары бензина, при  $200-300^\circ\text{C}$  – газ,  $270-350^\circ\text{C}$  – газойль. Из нефти получают: реактивное топливо, лигроин, нафталин, бензол, толуол, ксилол, масла (машинное, цилиндрическое, веретенное), гудрон, битумы, газы крекинга (бутан, пропилен, этилен, метан) и др. Всего из нефти вырабатывают свыше 560 разных нефтепродуктов.

Нефть широко используется в химической промышленности для получения пластмасс, синтетического каучука, синтетических волокон, жиров, спирта, органических кислот, растворителей, смазочных материалов, белка и др.

В результате промышленной переработки природной (сырой) нефти из нее получают автомобильное, дизельное и реактивное горючее, котельное топливо (мазуты) и смазочные материалы. Товарные сорта моторных горючих представляют собой смеси из

нескольких составных частей. Та часть горючего, которая входит в состав в наибольшем количестве, называется базовым топливом. Базовыми топливами для моторных горючих являются следующие продукты различных процессов переработки нефти: бензины, лигроины, керосины, газойли, соляровые дистилляты. В процессе переработки нефти, транспортировки, мойки транспортных средств и прочего вышеуказанные продукты попадают в сточные воды.

Для улучшения антидетонационных и физико-химических свойств, например, бензинов к ним в качестве компонентов от 5 до 40% добавляют парафиновые углеводороды, ароматические углеводороды, кислородсодержащие соединения. По тем или иным причинам все указанные соединения попадают в сточные воды. Повышение эксплуатационных свойств бензинов (улучшение сгорания и химической стабильности, уменьшение нагарообразования и коррозионного действия, предотвращение скопления статического электричества) осуществляют введение присадок до 1-2%.

Особое место при рассмотрении вопросов очистки нефтесодержащих сточных вод различных производств (нефтебаз, нефтеперерабатывающих заводов, промывочно-пропарочных станций и т.д.) занимают присадки-антидетонаторы горючего. Наиболее эффективными антидетонаторами бензина являются металлоорганические соединения: тетраэтилсвинец, пентакарбонилжелезо и др.

Тetraэтилсвинец (ТЭС) – наиболее распространенная присадка, вводится в составе этиловой жидкости в некоторые сорта автомобильных бензинов в концентрации 0,4-0,8 г/кг, в авиационные бензины – 2,5-3,3 г/кг. ТЭС – это высокотоксичное соединение  $Pb(C_2H_5)_4$ , представляющее собой прозрачную бесцветную жидкость плотностью 1,65 г/см<sup>3</sup>. Нерастворим в воде, но хорошо растворяется в углеводородах, спиртах, эфире, ацетоне. При хранении этилированного бензина в течение длительного времени в осадок может выпасть до 15% окислившегося ТЭС, который при зачистке резервуаров попадает в сточные воды [4].

Дизельное топливо представляет собой смесь керосиновых, газойлевых и соляровых фракций крекинга нефти. Компонентами дизельного топлива служат продукты синтеза окиси углерода и

водорода, каталитический газойль и другие продукты, которые попадают в сточные воды.

Реактивное горючее является продуктом типа керосина. Остаточные продукты переработки нефти используются в качестве котельного топлива (мазута).

Из вышеизложенного видно, что в производственных сточных водах в качестве загрязняющих веществ присутствуют сложные смеси нефтепродуктов переменного состава и разнообразных физико-химических свойств. Основными особенностями, определяющими поведение нефтепродуктов в воде, являются их меньшая плотность по сравнению с плотностью воды (бензин – 0,70-0,76, дизельное топливо – 0,8-0,9, реактивное топливо – 0,8-0,85, мазут – 0,94-1,0 г/см<sup>3</sup>) и низкая растворимость. Последняя для легких фракций нефти (бензинов) в воде не превышает 20-30 мг/л, для керосинов – 70-90 мг/л, а для тяжелых фракций она практически равна нулю.

В то же время различные масла, смолы, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) имеют плотность близкую к плотности воды или несколько выше нее (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

*Плотность различных СОЖ*

Мар-ка СОЖ	Пепти-дол	Эмуль-сол(Э-2)	Укринал- 1М (полусинтетическая СОЖ)	Аквол-10М (синтетическаяСОЖ)	МР-050у (масляная СОЖ)	Нефтехим-1
Плотность,* г/дм <sup>3</sup>	1140	1105	960	1100	-	1070-
	1120	1020	990	1010	-	1000

*\*) Числитель – концентрат, знаменатель – 20%-ный раствор.*

Существующие СОЖ токсичны (второго или третьего класса опасности или умеренно опасные вещества), биологически нестабильны, коррозионно-активны и экологически опасны. Они содержат компоненты, загрязняющие воду и окружающую среду: нефтепродукты, эфироиэвлекаемые вещества, СПАВ ионогенные, жирные кислоты. При варианте очистки сточных вод от вредных компонентов СОЖ затраты на промывку составляют 0,69 российских рублей на 1 м<sup>2</sup> изготовленных деталей [9].

Нефтепродукты, попав в воду, в основной массе находятся в грубо дисперсном (капельном) состоянии и ввиду меньшей плотности легко выделяются на поверхность воды, образуя плавающую пленку

или слой. Другая, меньшая часть нефтепродуктов может оказаться в тонкодиспергированном состоянии, образуя эмульсию «нефть в воде».

Эмульсия – это система, состоящая из двух взаимонерастворимых жидкостей, одна из которых диспергирована в виде мельчайших капелек в другой. Эмульсии в сточных водах возникают при подаче их насосами в канализационные сети и сооружения, обмывке поверхностей оборудования и производственных площадей струями воды и пара, разогреве нефтепродуктов острым паром и т.д. Образовавшиеся эмульсии являются весьма устойчивыми системами, не разрушающиеся в течение длительного времени и представляют проблему при очистке производственных сточных вод.

Устойчивость эмульсии зависит от крупности и концентрации эмульгированных частиц, электрокинетических свойств системы, поверхностного натяжения жидкости, наличия в воде стабилизаторов эмульсии и ПАВ и др. Крупность эмульгированных частиц является одним из главных факторов устойчивости эмульсии. При уменьшении размеров капелек действие гравитационных сил убывает и начинают превалировать силы, удерживающие их в стабильно взвешенном состоянии. Для тонкодисперсных систем характерна, например, кинетическая устойчивость, обусловленная тепловым (броуновским) движением частиц. Принято считать, что истинная эмульсия образуется при коллоидальных размерах капелек нефтепродуктов (примерно 0,1 мкм). Но в сточных водах, содержащих нефтепродукты, стойкие эмульсии наблюдаются и при значительно больших размерах капелек. Причиной стойкости таких эмульсий является относительно небольшая концентрация частиц нефтепродуктов в сточных водах, при которой вероятность их взаимного столкновения и коагуляции или коалесценции невелика.

Существенное влияние на устойчивость эмульсии оказывает поверхностное натяжение жидкости, которое может понижаться под влияние ПАВ, моющих средств, эмульгаторов и пр. Стабилизаторами эмульсии могут быть механические примеси сточных вод, которые покрывают капельки нефтепродуктов и препятствуют коалесценции.

Нами исследовалось влияние интенсивности механического взаимодействия сред и наличия примесей поверхностно-активных

веществ на стойкость эмульсии «дизельное топливо в воде» локомотивных депо. Эксперименты показали, что при слабой интенсивности механического взаимодействия образуется малоконцентрированная эмульсия, которая уже после 2-х часового отстаивания имеет содержание нефтепродуктов 15-35 мг/л. При значительной интенсивности взаимодействия сред в эмульсии после 2-х часового отстаивания их уже остается до 150-400 мг/л и более, что подтверждается другими литературными данными, например, «мазут в воде» в сточных водах нефтебаз [4].

Особенно увеличивает стойкость эмульсий «дизельное топливо в воде» присутствие неионогенных ПАВ и моющих средств (МС). Нами исследовалось влияние различных ПАВ: анионоактивных, катионоактивных, неионогенных и амфолитных. Моющие средства – это композиция химических веществ, в состав которых входят одно или несколько ПАВ (основа), умягчители воды, сода, отдушки и др. При наличии ПАВ и МС даже после 2-х часового отстаивания количество нефтепродуктов в отстоянной воде не отличается от первоначального (600 мг/л), в этом случае эффект отстаивания будет равен 0.

Ориентировочный состав загрязнений общего стока производственно-атмосферной канализации нефтебаз приведен в табл. 2 [4].

ТАБЛИЦА 2

*Характеристика состава смеси сточных вод нефтебаз*

Показатели загрязнения	Содержание, мг/л	Показатели загрязнения	Содержание, мг/л
Нефтепродукты	400-15000	Прокаленный сухой остаток	300-600
В том числе:		БПК <sub>5</sub>	140-700
капельные	350-14700	Тетраэтилсвинец (при наличии на базе этилированного бензина)	1-2
эмульгированные	50-300		
растворённые	5-20		
Взвешенные вещества	100-600	Активная реакция среды	7,2-7,8
Сухой остаток	600-850	pH	

Весьма загрязненными являются воды, образующиеся при зачистке и мойке танков наливного судна, которые производятся в случае приема более качественного продукта, чем привозимый прежде, а также при периодической (1 раз в 3 месяца) зачистке танков

от осадков (ржавчины, других твердых остатков). В связи с применением моющих средств, химических реагентов (ПАВ, щелочи, соды и др.) эти воды представляют собой очень стойкие эмульсии с содержанием нефтепродуктов 80000-150000 мг/л и соды до 100000 мг/л. Такие обмывочные воды сдаются обычно на нефтебазы отдельно.

Характеристика сточных вод различных предприятий разных отраслей промышленности представлена в таблице 2а.

ТАБЛИЦА 2а

*Характеристика нефте- и маслосодержащих сточных вод различных производств*

Сточные воды различных производств	Показатели загрязняющих веществ, мг/л
<u>Металлургия</u>	
Цехи холодной прокатки	Не эмульгированных масел 100-300
<u>Горное производство</u>	
Свинцово-цинковые обогатительные фабрики (ОФ)	Крезол в пересчёте на фенол 1,98-16,0
Медно-никелевые ОФ	Крезол в пересчёте на фенол 2,1-3,5
Медных ОФ	Пиридин 0,02-0,08
Медно-молибденовых ОФ	Нефтепродукты 16-30
Вольфрамовые ОФ	Вещества экстрагируемые эфиром 10-20
Молибдено-вольфрамовые ОФ	Нефтепродукты 15-300
Оловянные ОФ	Нефтепродукты 7,6-20
Титано-магниевые ОФ	Нефтепродукты 0-75
Оловянный завод	Нефтепродукты 0-30
Предприятия алюминиевой промышленности	Нефтепродукты: до 200, температура стоков летом 50-60°C, зимой 16-55°C
<u>Нефтеперерабатывающие заводы</u> в зависимости от технологии:	
нефтесодержащие нейтральные воды	Нефть и нефтепродукты 350-50000, ПАВ 10-15, Фенолы 5-8
нефтесолесодержащие воды	Нефть и нефтепродукты 5000-75000, ПАВ 90-120, Фенолы 4-5
Производство этилена, пропилена	Нефть и нефтепродукты 30-150, эфирорастворимые вещества 420
Заводы синтетических каучуков	Дизельное топливо, смолы 3-60, масло 15-20, бензин 75-80, углеводороды 40-60
Производства фенола, ацетона и пластмасс	Вещества, извлекаемые эфиром 70-1900, всплывающие углеводороды 0-2,2, бензин и циклогексан 50
Предприятия лакокрасочной промышленности	Фенолы 6,2, смолы 2-6,0

Машиностроительные заводы	Масла, нефтепродукты 1-1800
Промывка деталей в моечной машине	Эфирорастворимые в-ва 100-100000
Производство белковых веществ (белково-витаминных концентратов)	Эфирорастворимые в-ва 300
Предприятия мясной промышленности -пункт мойки и дезинфекции машин	Нефтепродукты 250-300
Флодоовощные и консервные заводы (общий сток)	Эфирорастворимые 20-50
Предприятия масложировой промышленности	Жировые вещества (Эфирорастворимые) 25-30
Заводы мягкой кровли и изоляционных материалов	Взвешенные вещества: минеральные 300-500, органические 600-1000, коллоидные и растворённые соединения (минеральные 50-100, органические 150-300), нефтепродукты 30-50
Заводы железобетонных конструкций: От промывки оборудования Из пропарных камер	Масла 30-600
	Масла 50-100
<u>Железнодорожный транспорт [10]</u>	
Локомотивное депо	Нефтепродукты 369,5-454,3
Вагонное депо	Нефтепродукты 116,4-458,5
Шпалопропиточные заводы	Масла 100-60000, смол до 1000, фенолов 100-600
Промывочно-пропарочные станции -при внутренней промывке цистерн	Нефтепродукты 12000-50000, взвешенных веществ 50, тетраэтилсвинец 0,01-30, фенолы 5-100, ПАВ до 50, БПК 200
-при наружной обмывке цистерн	Нефтепродукты 500
Пункт подготовки вагонов	
-пассажирских	Нефтепродукты 10-200
-грузовых	Нефтепродукты 30-2000
Дезинфекционно-промывочные станции	Нефтепродукты до 200
Рельсосварочные поезда	Нефтепродукты до 50
Щебёночные заводы	Нефтепродукты до 10
Котельные	Нефтепродукты, мазут до 50
Прачечные механизированные	Эфирорастворимые вещества до 100
Поверхностные стоки с территории станций, депо и пр.	Нефтепродукты от 10 до 1000
Нефтебазы (распределительные, перевалочно-распределительные)	
Отстойные сточные воды	

-без мазутных	Нефтепродукты до 8000, взвешенных веществ до 20, БПК <sub>п</sub> до 80
-в мазутных	Нефтепродукты до 10000, взвешенных веществ до 100, БПК <sub>п</sub> до 100
Обмывочные сточные воды	Нефтепродукты от 10 до 12000, взвешенных веществ до 600, БПК <sub>п</sub> >200, ПАВ типа ОП-7, сульфоксид, «БОК»(4 класс опасности), температура вод 70-90°С
Загрязнённый конденсат (от паронагревательных устройств для тёмных нефтепродуктов)	Нефтепродукты (в основном мазут) от 0-20 до 50-100 г/л
Вода, используемая для уплотнения сальников и охлаждения подшипников нефтяных насосов	Смеси нефтепродуктов 10-50
Балластные воды, поступающие на нефтебазы при перевозке нефти и нефтепродуктов танкерами	Нефтепродукты ≥5000

*\*) Автор книги был в командировке во Франции. Измерение БПК<sub>5</sub> во Франции регламентировано стандартом AFNOR NF T 90103, а ХПК – стандартом AFNOR T 90101. Для городских сбросов во Франции БПК<sub>5</sub> составляет:*

- для городских сточных вод, прошедших нормальную обработку (уровень IV), средняя БПК<sub>5</sub> через 24ч ≤ 30 мг/л или через 2 ч ≤ 40 мг/л;*
- для сточных вод нефтепереработки средняя БПК<sub>5</sub> ≤ 30 мг/л (нефтеперерабатывающий завод - НПЗ) и ≤ 40 мг/л (нефтеперерабатывающей комплекс).*

*Во Франции для сбросов нормами ХПК являются:*

- для сточных вод после нормальной обработки (уровень IV) средняя ХПК ≤ 90 мг/л, а через 2 ч ≤ 120 мг/л;*
- для сточных вод нефтепереработки ≤ 120 мг/л (простой НПЗ) и 150 мг/л (нефтеперерабатывающий комплекс или НПЗ с установкой каталитического крекинга).*

*Для сбросов в охраняемые реки и озера некоторых государств Европы (Нидерландов и т.д.) требуется ХПК менее 60 мг/л, что довольно трудно достигнуть обычными способами.*

*Порог чувствительности измерения ХПК лежит в пределах 10-15 мг/л, но начиная с величины порядка 50 мг/л точность измерения может составить лишь 10%.*

Загрязнение водоемов нефтепродуктами является очень стойкими и распространяется на большие расстояния. 1 кг нефти образует пленку на морской поверхности площадью до 1 га и может привести к гибели свыше 100 миллионов рыб; 1л сырой нефти делает

непригодными для питья 1 миллион литров воды; 1 т нефти, растекаясь по поверхности водоема, образует пленку 12 км<sup>2</sup>.

Общее количество нефти, разлитое танкерами за период с 1970 по 2000 год, составляет 5322000 т. Хотя чаще всего разливы нефти случаются при погрузке, разгрузке и бункеровке, самые большие разливы бывают при столкновениях или если судно село на мель. Самый большой разлив нефти случился в 1979 г., когда «Атлантик Экспресс» столкнулся с «Эгеан Кэптен» в Карибском море, в результате чего разлилось 287000 т нефти.

Бензин испаряется с поверхности воды через 6 часов. За сутки испаряется не менее 10% сырой нефти, а примерно за 20 дней – 50%, но тяжелые нефтепродукты почти не испаряются. Нефть эмульгирует и диспергируется, сильное волнение водоемов способствует образованию эмульсий. При этом на поверхности воды образуется пленка из нефтепродуктов, а в толще воды они находятся в эмульгированном и растворенном виде. Тяжелые фракции, образующиеся в ходе естественного разложения нефтепродуктов в водоеме, загрязняют его дно. Процессы самоочищения в загрязненных нефтепродуктами водоемах протекают очень медленно.

Считается, что 5-10 миллионов т нефти поступает в водоемы, океаны и моря ежегодно (очистка танков, сброс льяльных и балластных вод, потери, аварии, разрывы трубопроводов, плохая очистка сточных вод и др.). Это ухудшает самоочищение водоемов, так как нефтяная пленка препятствует диффузии кислорода, ухудшает органолептические свойства воды, приносит экономический урон за счет снижения продуктивности рек, морей и океанов (снижение качества рыб, моллюсков, растительности и др.). В водоемы поступают полициклические ароматические соединения, в том числе канцерогенные.

«Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затверджені постановою КМ України від 25 березня 1999 р., № 465», установлены следующие предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в воде водоемов:

1. для хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования – светлые нефтепродукты (бензин, дизельное топливо, керосин) – 0,1 мг/л, нефть многосернистая 0,1 мг/л; нефть прочая – 0,3 мг/л.

2. для рыбохозяйственного использования водоемов – общее содержание нефтепродуктов в растворенном и эмульгированном состоянии 0,05 мг/л.

При сбросе сточных вод, содержащих нефтепродукты, в моря руководствуются «Правилами санитарной охраны прибрежных вод морей» (1974 г.), нормативы которых являются в основном идентичным вышеупомянутым.

Сброс нефтесодержащих сточных вод в городскую канализацию регламентируется «Правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, введених в дію з 6 травня 2002 року», в которых содержание нефти и нефтепродуктов должно быть не более 20 мг/л. Указанная норма относится ко всей системе городского водоотведения. Для отдельных предприятий она уточняется органами водопроводно-канализационного хозяйства с учетом местных условий и может быть значительно сокращена. Так, в городе Днепрпетровске с 2003 года установлены допустимые концентрации нефтепродуктов в сточных водах предприятий, принимаемых на: ЦСА (Центральную станцию аэрации) – 0,77 мг/дм<sup>3</sup>; ЛСА (Левобережную) – 0,83 мг/дм<sup>3</sup>; ЮСА (Южную) – 0,77 мг/дм<sup>3</sup>; соответственно для фенола – ЦСА – 0,046 мг/дм<sup>3</sup>; ЛСА – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>; ЮСА – 0,045 мг/дм<sup>3</sup>. ПДК фенола – 0,001 мг/дм<sup>3</sup> – указана для суммы летучих фенолов, которые придают воде хлорфенольный запах при хлорировании. Это ПДК относится к водным объектам хозяйственно-питьевого водопользования при обезвреживании питьевой воды хлором или для сброса сточных вод, подлежащих обеззараживанию хлором. В других случаях допускается содержание суммы летучих фенолов в водных объектах в концентрации до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Особую опасность для водоемов представляет ТЭС, который является сильным ядом. Он способен даже в очень малых количествах вызывать серьезные заболевания, связанные с тяжелыми нарушениями деятельности центральной нервной системы. К тому же ТЭС обладает способностью накапливаться в организме человека и животных. «Правилами» полностью исключается сброс в водоемы тетраэтилсвинца со сточными водами. Они должны быть обезврежены на очистных сооружениях предприятий.

Использование водоемов для сброса сточных вод в соответствии с законом «Водний Кодекс України зі змінами від 1995-2003 р.р.» и «Про охорону навколишнього природного середовища зі змінами від 1991-2003 р.р.» относится к специальному водопользованию и подлежит оформлению соответствующими разрешениями, которые выдаются экологическими органами управления, после согласования с Государственными санитарными надзорами и т.д.

## **ГЛАВА 2.**

### ***Механические методы очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод.***

Очистка нефтесодержащих сточных вод может осуществляться механическими, физико-химическими, химическими и биологическими методами (рис. 1).

Чтобы получить результаты по содержанию загрязняющих веществ в стоках, соответствующие определенным санитарным нормам или технологическим параметрам, чаще всего применяют не только один метод, а используют несколько из вышеуказанных методов. Из-за сложного состава нефтесодержащих сточных вод при их очистке используется комбинация различных методов. Во всех случаях первой стадией является механическая очистка, способствующая удалению взвешенных и плавающих веществ.

Предварительное обезжиривание<sup>\*)</sup>, или обезжиривание под действием сил гравитации, в нефтепереработке сточных вод является первым этапом основной обработки, осуществление которого может быть различным и зависит от конечной цели. Когда-то это был единственный метод очистки, ставший теперь вспомогательным.

Предварительное обезжиривание – так во Франции называют выделение «свободных» углеродов и частично углеводов в виде механических эмульсий для получения достаточно обезжиренной воды с целью осуществления простой и экономичной физико-химической очистки.

*\*) Автор этой книги, будучи в научной командировке во Франции, знакомит читателей с некоторыми терминами и определениями, которые отличаются от принятых в Украине.*

Учитывая вышесказанное, этот раздел посвященный механическим методам очистки нефте- и маслосодержащих сточных вод так может быть только условно назван. Чтобы достигнуть более высоких технико-экономических показателей уже недостаточно только механических методов, в отстаивании вод применяют добавки различных реагентов (а это химический метод), фильтрация осуществляется не только через зернистую загрузку, но и одновременно сорбционную или ионообменную (а это физико-химические методы) и т.д. Поэтому в этой главе приводятся в основном современные механические методы в сочетании с другими при очистке нефтесодержащих сточных вод, а комбинированным и другим методом очистки будут посвящены другие разделы этой книги.

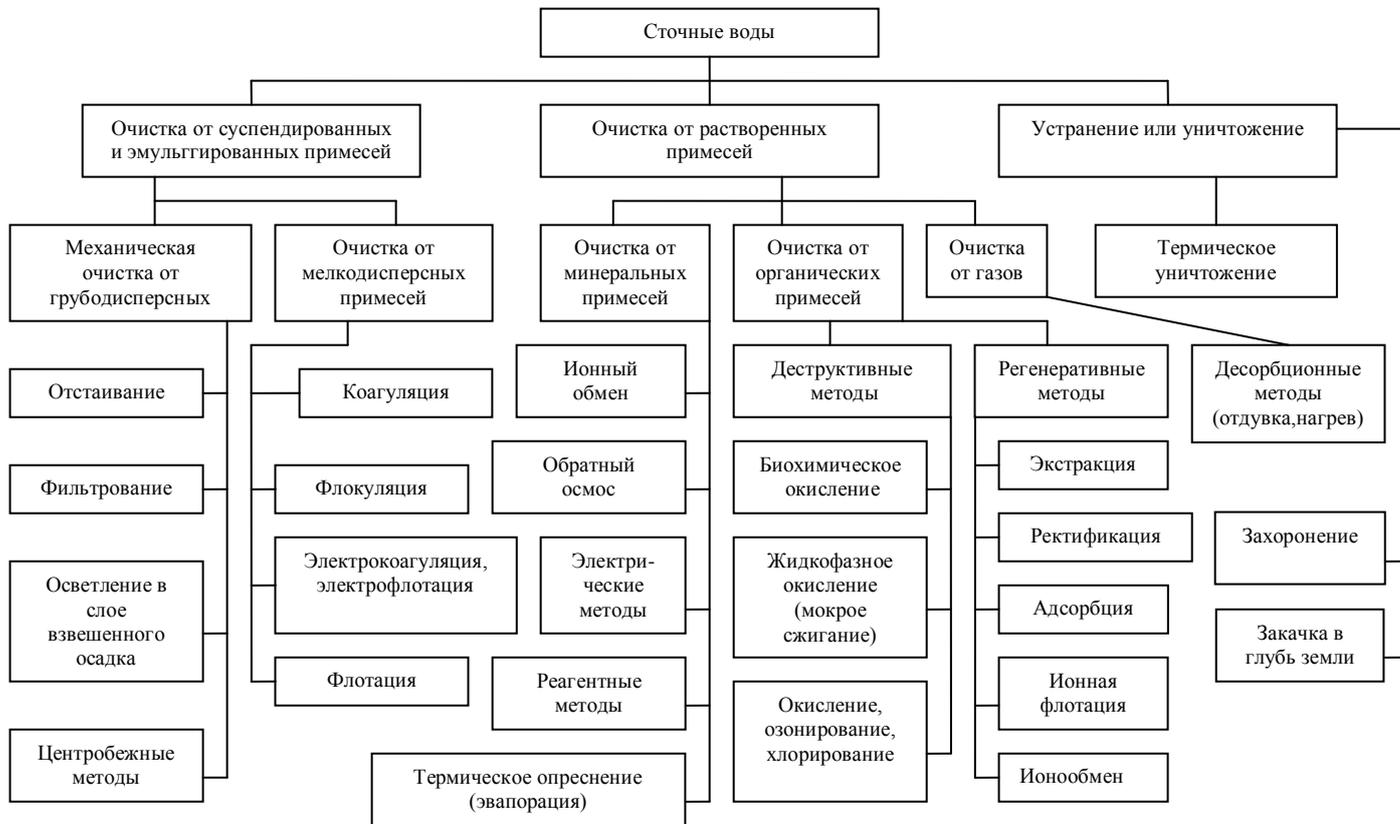


Рис. 1. Методы очистки нефтесодержащих сточных вод

Анализ структуры себестоимости очистки сточных вод еще раз подтвердил важный вывод о том, что механическая очистка является в известной степени самым дешевым методом, а поэтому всегда целесообразна наиболее глубокая очистка сточных вод механическими методами. Этот вывод в первую очередь требует, чтобы технология и оборудование для задержания механических включений из сточных вод обеспечивали максимальное задержание грубодисперсных примесей для снижения сухой массы сырого осадка и соответственно связанных с ним проблем. Для вышеуказанных целей применяют процеживатели [11]:

- сита (дуговые, центробежные типа ОСО, плоские, барабанные или цилиндрические и др.);
- решетки (вертикальные, наклонные, ступенчатые, ленточные и др.);
- фильтры (микрофильтры, вакуум- и пресс-фильтры и др.);
- центрифуги (лопастные, фильтрующие и др.).

Размеры отверстий процеживателя изменяются в широких пределах: от 20 мм (решетки на насосных станциях), 2-5 мм (дисковые сита), 0,25-1 мм (дуговые сита, грохота, барабанные сетки) и 20-60 мкм (микрофильтры).

Из новых типов решеток хотелось бы отметить дуговые и центробежные сита с рабочими прозорами 0,5-2,5 мм, отверстий которых не забиваются в процессе эксплуатации и имеют высокую производительность 50-5000 м<sup>3</sup>/ч (выпускаемые ООО «Техносоюз», Донецк), а также эскалаторные (ступенчатые) решетки, выпускаемые фирмой «РНОТЕК» (С.-Петербург) производительностью 40-8000 м<sup>3</sup>/ч с рабочим прозором 1-6 мм, что позволяет использовать их в некоторых случаях в качестве песколовок вследствие образования «войлочного» подслоя. Задерживается песок с гидравлической крупностью 0,2-0,25 мм/с.

С развитием сети автозаправочных станций, а также автостоянок и гаражей наиболее острой становится проблема загрязнения воздушного и водного бассейнов. Ужесточение требований государственных контролирующих органов к содержанию выбросов вредных веществ активизировало поиск решений по разработке эффективных, надежных и относительно недорогих методов очистки. Существующие высокоэффективные методы и технологии по очистке

промышленно-дождевых сточных вод от нефтепродуктов, являющихся основными загрязнителями водного бассейна, позволяют очистить стоки до нормативных параметров. ЗАО «Севзапналадка Росводоканал» разработана технология очистки сточных вод от нефтепродуктов) [12], которую с успехом можно применять при строительстве новых очистных сооружений и при реконструкции существующих. Очистные сооружения, как правило, работают в самотечном режиме. При этом используется нефтеулавливающее устройство (Пат. 2108429 РФ). Доочистка стоков, в случае необходимости, осуществляется на сменных фильтрах. В качестве фильтрующих материалов применяются современные сорбенты, имеющие соответствующие сертификаты.

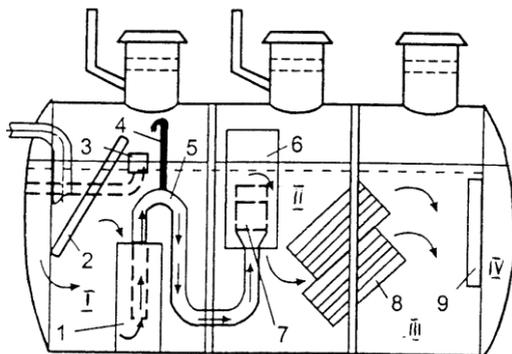
В результате очистки дождевых и производственных сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ установлено, что применение насосного оборудования перед очистными сооружениями приводит к эмульгированию нефтепродуктов в общем объеме стока, что увеличивает время их гравитационного разделения и соответственно нагрузку на фильтры доочистки. При производительности очистных сооружений 5 л/с и нормативной скорости фильтрации 5 – 10 м/ч площадь фильтра составляет от 3,6 до 1,8 м<sup>2</sup>, т.е. оптимальный диаметр колодца с фильтром доочистки составляет 2 м. За период 1999 – 2000 гг. в Санкт-Петербурге было смонтировано более 10 очистных сооружений дождевых сточных вод данной производительности. Очистные сооружения в трех металлических колодцах хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации на различных производственных площадках (АЭС, автотранспортные предприятия, автостоянки). Они компактны и надежны в эксплуатации. Единственный их недостаток – относительно большие объемы фильтрующего материала, подлежащего либо регенерации, либо утилизации, в зависимости от используемой загрузки фильтров. С 1999г. предприятие приступило к выпуску модифицированных очистных сооружений в едином моноблоке.

Очистные сооружения, монтируемые в едином моноблоке (рис. 2), лишены этого недостатка. В настоящее время разработаны блочные очистные сооружения двух типоразмеров: диаметром 2,0 и

длиной 4,5 м (производительность до 10 л/с), диаметром 2,5 и длиной 6,5 м (производительность до 20 л/с).

На моноблочных очистных сооружениях очистка осуществляется в три ступени: на нефтеулавливающих устройствах (камеры I-II); на блоках тонкослойного отстаивания (камеры II-III); на вертикальном угольном сорбционном фильтре из углеткани типа бусофит (камеры III-IV).

Очистные сооружения монтируются в едином металлическом горизонтальном блоке подземного исполнения, в качестве антикоррозионного покрытия снаружи используется фосфатирующая грунтовка ЭП-0263. С (Праймер 17) и эмаль «Виниколор», изнутри - грунтовка «Праймер 17» и эмаль ХС-436.



*Рис.2. Моноблочное очистное сооружение*

*1 – цилиндрический стакан-гаситель потока; 2 – наклонная перегородка; 3 – датчик уровня нефтепродуктов (комплектуется по заявке); 4 – воздушник; 5 – нефтеулавливающее устройство; 6 – цилиндрическая перегородка; 7 – расширитель нефтеулавливающего устройства; 8 – блоки тонкослойного отстаивания; 9 – вертикальный встроенный фильтр.*

Загрязненные стоки по подводящей трубе поступают в горизонтальный трехсекционный отстойник-маслоотделитель. Вход осуществляется через заглубленный под уровень жидкости трубопровод. Направление потока обеспечивается наклонной перегородкой, которая защищает стакан-гаситель потока нефтеулавливающего устройства от заиливания. В камере I

отстойника происходит первичное разделение нефтепродуктов. Затем стоки, пройдя гаситель потока, попадают в нефтеулавливающие устройства. В зоне верхней части У-образного перегиба нефтеулавливающих устройств образуется «взвешенный слой», состоящий из мелкодисперсных частиц нефтепродуктов, содержащихся в стоках после предварительного разделения. Устройства работают с постоянно открытой воздушной трубкой в системе сообщающихся сосудов, поэтому «взвешенный слой» нефтепродуктов находится в стабильном состоянии и стоки, проходя через него, фильтруются.

Мелкодисперсные частицы нефтепродуктов, содержащиеся в стоках, укрупняются, т.е. происходит их агломерация. Таким образом, нефтепродукты задерживают нефтепродукты.

ТАБЛИЦА 3

Улавливаемые ингредиенты	Дождеприёмные колодцы с отстойной частью			Очистные сооружения								
				Нефтеулавливающие устройства (камеры I-II)			Блок тонкослойного отстаивания (камеры II-III)			Фильтр сорбционный «Бусофит» (камеры III-IV)		
	Концентрация, мг/л		Степень очистки, %	Концентрация, мг/л		Степень очистки, %	Концентрация, мг/л		Степень очистки, %	Концентрация, мг/л		Степень очистки, %
	на входе	на выходе		на входе	на выходе		на входе	на выходе		на входе	на выходе	
Взвешенные вещества	500	300	40	300	120	60	120	15	88	15	5	67
Нефтепродукты	20	20	0	20	4	80	4	0,3	92,5	0,3	0,05	83,3

ТАБЛИЦА 4

Дата отбора	Улавливаемые ингредиенты	Концентрация, мг/л	
		до очистки	после очистки
06.09.1999 г.	Нефтепродукты	58,0	0,10
	Взвешенные вещества	12,0	3,0
02.02.2000 г.	Нефтепродукты	0,3	0,27
	Взвешенные вещества	39,0	4,3
12.04.2000 г.	Нефтепродукты	36000	0,39
	Взвешенные вещества	220,0	2,0
10.07.2000 г.	Нефтепродукты	34,0	0,3
	Взвешенные вещества	96,0	6,0
03.10.2000 г.	Нефтепродукты	6600,0	0,04
	Взвешенные вещества	57	5,0

После нефтеулавливающих устройств стоки поступают на блоки тонкослойного отстаивания, на которых происходит очистка сточных вод от мелкодисперсных взвешенных веществ. В случае необходимости доочистка стоков осуществляется на встроенном, вертикальном, легко регенерируемом фильтре из углеткани (типа «бусофит»). Грязевая нагрузка на фильтр доочистки составляет по нефтепродуктам до 0,3 мг/л и взвешенным веществам до 15 мг/л. По данным предприятия - изготовителя фильтрующего материала – динамика сорбции фильтра из углеткани на два порядка выше, чем фильтра с активированным углем. Эффективность очистки на этих очистных сооружениях составляет по нефтепродуктам не менее 99%, по взвешенным веществам не менее 90 %. Эффективность работы очистных сооружений в моноблоке представлена в табл. 4.

ТАБЛИЦА 5

Время отбора проб воды с момента поступления стоков на ОС, мин	Концентрация на выходе, мг/л	
	Нефтепродукты	Взвешенные вещества
0	0,04	17
15	0,29	26
30	0,18	17
45	0,17	10

Отработка режимов работы моноблочных очистных сооружений проводилась на очистных сооружениях Северного паркинга табачной фабрики "Филип Моррис-Ижора". В очистных сооружениях фильтр доочистки проектом не был предусмотрен. В течение года очистные сооружения эксплуатировались без регламентной чистки. Результаты их работы представлены в табл.5.

На площадке Северного паркинга ЗАО "Филип Моррис-Ижора" площадью 1 га был смоделирован дождь интенсивностью 150мм в сутки, что соответствует расходу стоков через очистные сооружения 18 л/с (среднее годовое значение слоя осадков, по данным службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, — 667 мм).

Концентрация загрязнений в первой камере очистных сооружений перед подачей стоков на очистные сооружения составила по нефтепродуктам — 6600 мг/л; по взвешенным веществам -57 мг/л. Стоки подавались на очистные сооружения в течение 45 мин. Полученные результаты представлены в табл. 6.

Из вышеприведенных данных видно, что очистные сооружения предлагаемой конструкции без встроенных фильтров доочистки эффективно очищают сточные воды от нефтепродуктов на табачной фабрике "Филип Моррис-Ижора". Наличие нефтеулавливающего устройства защищает систему очистных сооружений от залповых (аварийных) сбросов нефтепродуктов. Оригинальная конструкция тонкослойных модулей значительно увеличивает эффект очистки.\*)

*\*) Примечание автора. Уже в 1950 г. фирма Sheel применила отстойник с параллельными наклонными пластинами (пластмассовые) и с перекрестным (перпендикулярным) движением сточных вод и нефтепродуктов.*

В настоящее время проект по очистке воды оборотного цикла водоснабжения производительностью 1400 м<sup>3</sup>/ч на одном из нефтеперерабатывающих заводов предусматривает использование моноблочных очистных сооружений в количестве 20 штук производительностью по 20 л/с каждый. ЗАО "Севзапналадка Росводоканал" оформлено разрешение Федерального горного и промышленного надзора России на изготовление очистных сооружений в едином моноблоке.

По отзывам эксплуатирующих организаций, очистные сооружения обладают следующими преимуществами:

Надежность в работе — постоянный уровень воды в очистных сооружениях позволяет задерживать залповые сбросы нефтепродуктов, большой запас в регулировании рабочего уровня жидкости исключает подтопление комплекса очистных сооружений и обеспечивает возможность работы на системах дождевой канализации без перепадов.

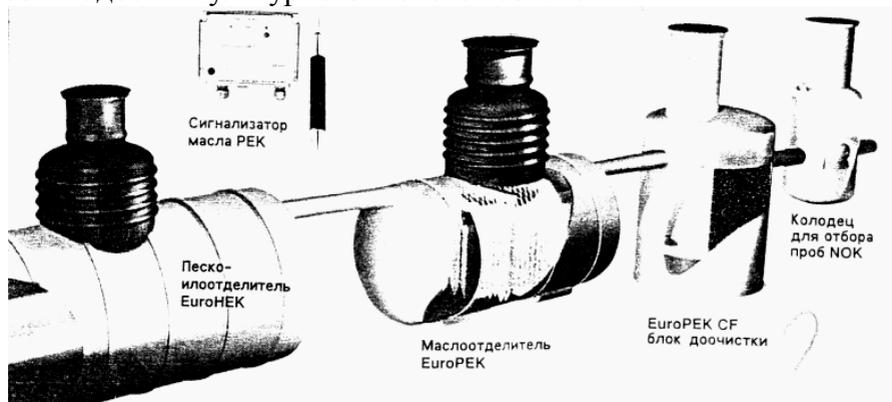
Простота устройства — не требуется высокой квалификации персонала, система открыта как для контролирующих органов государственного надзора, так и для эксплуатации.

Высокая эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Очистные сооружения конструкции ЗАО "Севзапналадка Росводоканал" внедрены и успешно эксплуатируются с 1995 г. на предприятиях различных отраслей, где необходима организация очистки промышленно-дождевого стока. Наиболее широкое применение сооружения получили на автозаправочных станциях (АЗС- "Киришиавтосервис", "Балтийская финансово-промышленная группа", "НЕСТЕ", "Терминал", "Петербургская топливная компания" и т.д.) и на автостоянках и автотранспортных предприятиях.

Для очистки нефтесодержащих сточных вод с территории АЗС, гаражей и других объектов предлагаются комплексы финской фирмы «ЛАВКО» [13]. Принцип работы очистных систем «ЛАВКО» заключается в следующем. Загрязненная вода, собранная с площадки, поступает на первую ступень очистки - пескоотделитель EuroPEK(рис.3) где происходит отделение взвешенных частиц. Следующим этапом очистки воды является бензомаслоотделитель модели EuroPEK NS. Рабочий элемент бензомаслоотделителя -

коалесцентный модуль, выполненный из специального пластика с развитой профилированной поверхностью, контактирующей с водой. Физический принцип очистки заключается в том, что пластины коалесцентного модуля имеют свойство притягивать частички масла и отталкивать воду. Частицы нефтепродуктов, удерживаясь на поверхности пластин, отводятся вверх по образующим модуля и собираются в специальной камере. Бензомаслоотделитель EuroPEK NS снабжен аппаратурой, сигнализирующей о необходимости выгрузки отделившихся нефтепродуктов (прилож. 2-4). Важным аспектом является то, что в процессе эксплуатации коалесцентный модуль не требует замены. Периодически, один раз в 1,5-2 года, его необходимо доставать из корпуса и промывать обратным потоком воды. Указанная комплектация очистных сооружений «LAVKO» позволяет сбрасывать очищенную воду, например, в канализацию либо в водоемы культурно-бытового назначения.



*Рис. 3. Локальный комплекс очистки сточных вод фирмы «LAVKO»*

При необходимости сброса воды в водоемы рыбохозяйственного назначения требуется соблюдать более высокие нормативы по качеству очистки воды. В этом случае очистные сооружения комплектуются ступенью, представляющей собой ненапорный фильтр модели EuroPEK CFR. Загрузкой фильтра является сорбент LAVKO AQUA LIGHT и угольный фильтр LAVKO AQUA SORB. Поскольку на выходе из бензомаслоотделителя EuroPEK NS и соответственно на входе в фильтр EuroPEK CFR концентрация нефтепродуктов стабильно низкая, загрузка фильтра

способна выполнять свои функции до следующей своей замены в течение долгого времени - 3-5 лет.

Последним элементом локальных очистных комплексов «ЛАВКО» является колодец НОК, позволяющий произвести правильный отбор проб очищенной воды, а также перекрыть систему в случае аварийных ситуаций.

Преимуществами очистных сооружений «ЛАВКО» являются: безнапорный режим течения воды, что упраздняет необходимость использования насосных станций, строительства зданий, организации систем отопления, освещения и т. д.;

подземное размещение оборудования, что позволяет экономить полезную площадь объекта, организовать движение автотранспорта над очистными сооружениями и т. д.;

корпуса очистных сооружений выполнены из высокопрочного, химически стойкого армированного стеклопластика, что обеспечивает долгий срок службы очистных сооружений - до 50 лет и более;

быстрый монтаж системы - не более 1-3 дней.

Другим важным направлением деятельности фирмы «ЛАВКО» является производство систем для очистки жиросодержащих стоков с предприятий общественного питания (кафе, рестораны, кухни) и предприятий пищевой промышленности. Фирма поставляет жиरोотделители моделей РЕК и EuroРЕК, которые очищают воду от жира до показателей, позволяющих сбросить воду в городскую канализацию.

Предприятия машиностроительного комплекса расходуют свыше 10 % свежей воды, потребляемой всеми отраслями промышленности, и вносят основной вклад в сброс сточных вод промышленных предприятий в городскую канализационную сеть. Это затрудняет работу очистных сооружений и является главной причиной, препятствующей использованию осадков городских сточных вод в качестве удобрений сельскохозяйственных полей из-за высокого содержания ионов тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Завод «Серп и Молот» имеет характерную для предприятий машиностроительной отрасли схему водоснабжения и водоотведения: мас-лосодержащие сточные воды механических цехов № I (МХ-1) и

№ 2 (МХ-2) и автоматного цеха после очистки на нефтеловушках традиционной конструкции сбрасывают в городскую канализацию. Водоснабжение этих цехов осуществляется из единой сети питьевого водоснабжения завода. На нефтеловушку поступают отработавшие моющие растворы от моечных машин: МХ-1 - 11 машин, МХ-2 - 8 машин, автоматный цех - 6 машин. Объем моющих растворов в различных машинах колеблется от 0,8 до 20 м<sup>3</sup>.

В состав моющих растворов входит ряд химических веществ, обеспечивающих эффективную отмывку поверхности деталей от масел, нефтепродуктов, механических загрязнений: сода, нитрит натрия, пирофосфат натрия, триполифосфат натрия, синтанол ДТ-7.

Нефтеловушка состоит из двух прямоугольных в плане секций длиной 17,7 м, шириной 2,5 м и средней глубиной 3 м. Объем одной секции нефтеловушки составляет 25 м<sup>3</sup>. После очистки на нефтеловушке сточные воды поступают в городскую канализационную сеть. Уловленные масла и нефтепродукты собираются в резервуаре, а затем автотранспортом направляются на регенерацию.

Нефтеловушка не обеспечивает качество очистки воды, соответствующее условиям сброса в городскую канализационную сеть по концентрациям масел, нефтепродуктов (эфирорастворимые вещества) и взвешенных веществ. Это обусловлено тем, что нефтеловушка представляет собой отстойник примитивной конструкции, не приспособленный к очистке сточных вод сложного состава, что не позволяет осуществить их очистку до требований сброса в городскую канализационную сеть.

ТАБЛИЦА 6

Цех	Расход сточных вод, м <sup>3</sup> /сут
Водопотребление	
Механический цех № 1	37,5
Механический цех № 2	25
Автоматный цех	29,2
Участок товаров народного потребления	3,75
Участок резинотехнических изделий	14,6
Итого	110

Водоотведение	
Постоянный сброс	90
Периодический сброс: в рабочие дни в выходные	15,5 10,4
Итого	115,9

Кроме того, это связано со сложностью состава сточных вод, поступающих на нефтеловушку. Очистка их до норм сброса технически возможна, однако требует строительства сложных и дорогостоящих очистных сооружений.

Наиболее приемлемым средством предотвращения сброса в городскую канализацию сточных вод машиностроительных предприятий, содержащих значительные концентрации масел и нефтепродуктов, является создание замкнутых систем оборотного водоснабжения [1].

Для достижения поставленной цели проведен комплекс исследований на воде ряда машиностроительных заводов г. Харькова, сделаны прямые замеры количества сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и определен водный баланс систем водоснабжения.

В табл. 6 приведен водный баланс в основных цехах завода «Серп и Молот».

По усредненным показателям в указанных цехах имеется примерный баланс водопотребления и водоотведения. Превышение водоотведения на  $5,9 \text{ м}^3/\text{сут}$  связано с поступлением в систему канализации дренажных вод.

Изучен состав маслосодержащих сточных вод ряда машиностроительных заводов, поступающих на очистку в нефтеловушках (табл. 2). Концентрация взвешенных веществ в сточных водах до и после нефтеловушки в среднем составляет 2000 и 480 мг/л, масел и нефтепродуктов (эфирорастворимые вещества) 800 и 250 мг/л.

Все пробы сточных вод характеризуются явно щелочной реакцией. В ряде случаев щелочность сточных вод, поступающих на нефтеловушку, соответствует величине щелочности моющих растворов. Это свидетельствует о том, что моющие растворы сбрасывают на нефтеловушку в том или ином количестве постоянно, хотя, по данным заводских служб, отработавшие моющие растворы сбрасывают лишь в выходные дни. Это объясняется тем, что из

моечных машин происходит постоянная утечка некоторого количества моющих растворов.

Изучение работы нефтеловушек показало, что они не выполняют своих функций, и основное количество загрязнений сбрасывается в городскую канализационную сеть. Особенно это ощущается в выходные дни, когда сбрасывается основное количество сточных вод, а какое-либо регулирование их расхода отсутствует. На заводе «Серп и Молот» в течение 1997 г. на нефтеловушку поступило со сточными водами 220 т нефтепродуктов, а на регенерацию направлено 50 т. Следовательно, в канализационную сеть города сбрасывалось 170 т нефтепродуктов.

ТАБЛИЦА 7

№проб	pH	Взвешенные вещества, мг/л	Нефтепродукты, мг/л
До нефтеловушки			
1	9,84	2225	828
2	9,15	841	293
3	9,45	2234	794
4	9,85	525	249
5	9,27	427	281
После нефтеловушки			
1	9,75	613	179
2	9,05	464	269
3	9,45	519	711
4	9,32	495	119
5	9,65	360	136

Сточные воды, поступающие на нефтеловушки, содержат в своем составе значительные концентрации масел и нефтепродуктов, находящихся в двух агрегатных состояниях: грубодисперсном и эмульгированном.

ТАБЛИЦА 8

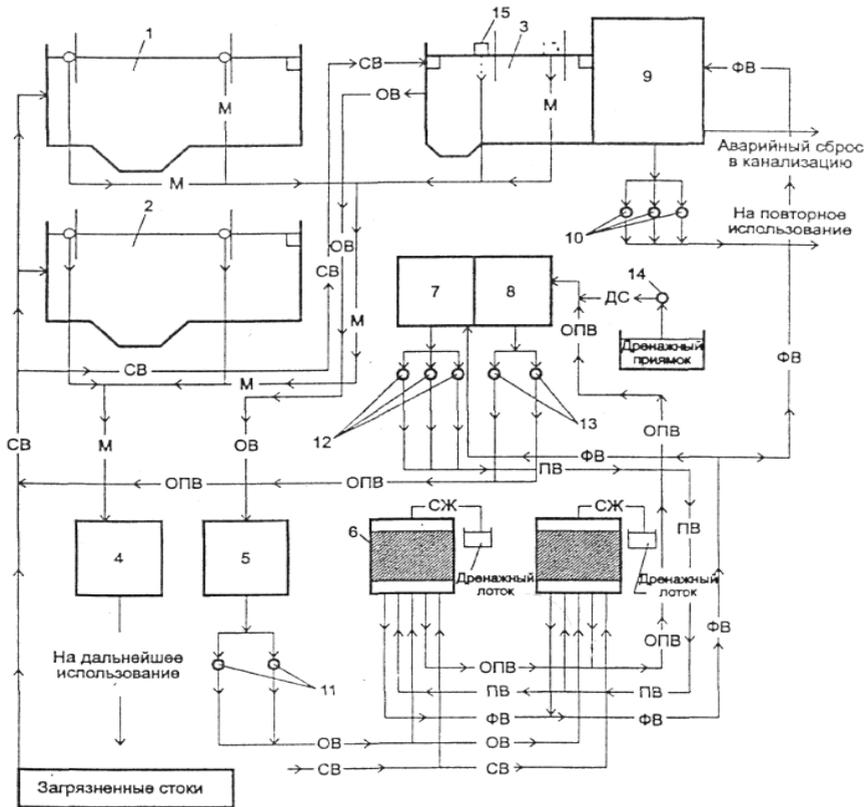
Время отстаивания, ч	Скорость фильтрация, м/ч	Взвешенные вещества, мг/л		Эфирорастворимые вещества, мг/л	
		до фильтра	после фильтра	до фильтра	после фильтра
5	2	106,3	10,4	100,3	20,5
20	9	39,7	7	99,1	8,8
20	4	27,6	6,5	81,2	9,1
40	4	23,8	6,3	79,7	8,7
60	4	19,2	5,8	70,6	7,9

Сложность состава стоков, неравномерность их притока на очистные сооружения предопределили целесообразность исследования очистки маслосодержащих сточных вод методом отстаивания в нефтеловушках усовершенствованной конструкции и доочистки методом фильтрования. Эти методы позволяют удалить из воды взвешенные вещества, масла и нефтепродукты, находящиеся в грубодисперсном состоянии, а также часть этих веществ, находящихся в эмульгированном состоянии.

При отстаивании сточных вод, поступающих на нефтеловушку, в течение 3 ч концентрация взвешенных веществ в очищенной воде снижается с 427 до 83 мг/л, масел и нефтепродуктов - с 280 до 189 мг/л. Отстаивание в течение 16-20 ч позволяет очистить воду по взвешенным веществам до 35-50 мг/л (87-92 %), по маслам и нефтепродуктам - до 18-25 мг/л (90-94 %).

С целью использования доочищенных сточных вод, прошедших нефтеловушки, в системе оборотного водоснабжения изучался процесс фильтрования нефтесодержащих сточных вод. Результаты исследований приведены в табл.8. Эффект очистки сточных вод, отобранных после нефтеловушки, составляет 80-82 %.

На основании проведенных исследований и расчетов водного баланса разработаны технические решения (рис.4) по очистке маслосодержащих сточных вод с последующим возвратом очищенной воды в систему оборотного водоснабжения машиностроительного завода и регулированием притока сточных вод на очистку. Колебания расхода не превышают 10-20 %.



*Рис.4. Принципиальная схема очистки сточных вод с нефтеловушками*

1, 2, 3 - нефтеловушки; 4 - приемная камера осветленной воды; 5 - бак для нефтепродуктов; 6 - напорный фильтр; 7 - резервуар промывной воды; 8 - резервуар отработанной промывной воды; 9 - резервуар фильтрованной воды; 10, 11, 12, 13, 14- насосы; 15- маслосборное устройство эжекционного типа; СВ - трубопровод загрязненных стоков; М - трубопровод нефтепродуктов; ФВ - трубопровод осветленной воды; ФВ - трубопровод фильтрованной воды; ПВ - трубопровод промывной воды; ОПВ - трубопровод отработанной промывной воды; ДС - трубопровод дренажных стоков; СЖ - трубопровод сжатого воздуха

Очистку сточных вод рекомендуется осуществлять в две стадии: отстаивание в нефтеловушке с усовершенствованным маслоуловителем эжекционного типа; фильтрование на напорных фильтрах (диаметр фильтра 1400, 1800, 3000, 3400 мм). Для эффективной очистки и доочистки сточных вод предусмотрена реконструкция нефтеловушек с учетом возможности как

последовательной, так и параллельной работы нескольких нефтеловушек. Уловленные масла и нефтепродукты направляют на дальнейшее использование по существующей на заводах схеме. Очищенную воду подают на повторное использование в системе оборотного водоснабжения.

Внедрение указанной схемы на заводе «Серп и Молот» позволило увеличить количество уловленных масел и нефтепродуктов, направляемых на установки регенерации, с 50 до 208 т/год.

Предел накопления взвеси и масел в замкнутой системе оборотного водоснабжения завода «Серп и Молот» и ряда других машиностроительных предприятий Харькова не превышает допустимый норматив качества воды и составляет для взвеси 30-50 мг/л, для нерастворенных нефтепродуктов - 10-20 мг/л. Растворенные, эмульгированные и тонкодисперсные масла отрицательного влияния на работу систем водоснабжения не оказывают. Это подтверждает возможность перевода систем оборотного водоснабжения предприятий машиностроительной отрасли на замкнутый режим работы без осложнений в эксплуатации оборудования и коммуникаций.

Накапливающиеся в замкнутых системах водоснабжения моющие вещества (сода, нитрит натрия, пирофосфат натрия, триполифосфат натрия, синтанол ДТ-7) негативного влияния на работу системы не оказывают. Кроме того, они позволяют значительно (в 1,5-2 раза) снизить расход этих дорогостоящих веществ на мойку выпускаемых изделий от масел и нефтепродуктов.

На предприятиях добычи, транспортировки и переработки нефти, где в процессе производства образуются значительные объемы нефтесодержащих стоков с расходами 300-500 м<sup>3</sup>/ч и более, применяют нефтеловушки (габаритные железобетонные сооружения длиной 40 м, шириной 18 м и глубиной до 4 м).

Проектирование и строительство таких очистных сооружений должно выполняться специализированными организациями, имеющими достаточный опыт выполнения подобных работ и соответственно лицензии на проектирование и строительство очистных сооружений. Однако зачастую экономия средств и сжатые сроки строительства сводят процесс проектирования к привязке

устаревших типовых проектов, а строительные работы выполняются без должного качества.

Проектный эффект очистки нефтеловушек и так невелик -70-60 %, а в результате низкого качества проектирования и строительства он снижается до 40-30 %. Большие объемы земляных работ при строительстве нефтеловушек увеличивают сроки строительства и стоимость сооружений. Эксплуатация нефтеловушек также затруднительна из-за их больших размеров и малой ремонтпригодности, особенно в период межсезонья и отрицательных температур.

Представленные ниже проектные решения станции очистки нефтесодержащих стоков производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч (рис.5) отличаются от традиционных решений с применением нефтеловушек [14]. Оборудование станции очистки размещается в отапливаемом здании с габаритами 30x18x8,4 м из сборного железобетона или из легко монтируемых конструкций. Размещение оборудования в отапливаемом здании делает его ремонтпригодным круглый год независимо от погоды. Эксплуатационные расходы на отопление здания относительно небольшие, поскольку в основном помещении - дифференциаторной требуется температура 16 °С, а при полной автоматизации процесса очистки допускается температура 5 °С.

Основным оборудованием станции очистки является дифференциатор нефтесодержащих стоков ДНСЗМ25 производительностью 25 м<sup>3</sup>/ч. В проекте станции очистки производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч к установке принято 20 аппаратов. Дифференциатор - это малогабаритный аппарат, конструктивно объединяющий в себе восемь очистных устройств: гидроциклон-флокулятор; тонкослойный блок-мультигидроциклон; осветлитель во взвешенном слое; тонкослойный блок-отстойник; напорный отстойник - отделитель нефти; флотационную камеру; трехпродуктовый гидроциклон-аэратор-флотатор; коалесцирующий фильтр.

Гарантированный эффект очистки стоков в дифференциаторе (прилож.1) ДНСЗМ25 достигает 95-99 %. Аппараты ДНСЗМ25 диаметром 3,4 м, высотой 4,7 м, массой 4,1 т можно доставлять автомобильным или железнодорожным транспортом в собранном виде, как изделие полной заводской готовности. Сочетание большой

производительности при относительно малых габаритах аппаратов ДНСЗМ25 обуславливает их оптимальное применение на станциях очистки для предприятий добычи и переработки нефти, где образуются значительные объемы нефтесодержащих сточных вод. Применение дифференциаторов как изделий полной заводской готовности значительно сокращает сроки строительства и соответственно уменьшает стоимость очистных сооружений.

Дифференциаторы ДНСЗМ25 также рассчитаны на работу в форсированном режиме при увеличенных расходах сточных вод, поступающих на очистку. Можно безболезненно отключить один или несколько аппаратов для проведения регламентных или ремонтных работ, при этом увеличение расхода стоков на рабочие аппараты не повлияет на качество очищаемой воды. При необходимости можно на короткий период, например в паводок, увеличить производительность станции очистки на 30-50 % при очень небольшой потере качества очищаемой воды.

Дифференциаторы - закрытые аппараты с легкой съемной крышкой. Вентиляция аппаратов осуществляется через вентиляционный трубопровод, оснащенный на выходе из здания огнепреградителем, поэтому применение дифференциаторов гарантирует взрыво- и пожаробезопасность объекта и обеспечивает отсутствие запахов нефтепродуктов на станциях очистки.

Применение реагентов значительно повышает степень очистки нефтесодержащих вод, а возможность контроля качества очищаемой воды и отладки работы каждого дифференциатора позволяет рационально и экономно расходовать реагенты. Конструкция дифференциаторов не требует применения скребковых механизмов для сбора и транспортировки шлама и уловленных нефтепродуктов, что значительно упрощает эксплуатацию сооружений. Шлам и нефтепродукты из дифференциаторов удаляются самотеком при открытии запорной арматуры, установленной на соответствующем патрубке аппарата.

Управление процессом сброса шлама или нефтепродуктов можно осуществлять как индивидуально для каждого аппарата посредством запорной арматуры, установленной на аппарате, так и для нескольких аппаратов, или в целом для станции очистки с помощью арматуры, установленной на общих коллекторах. Для

сброса шлама из дифференциаторов не нужно открывать и закрывать все двадцать шламовых задвижек, а достаточно кратковременно открыть и закрыть общую задвижку на шламовом коллекторе станции очистки.

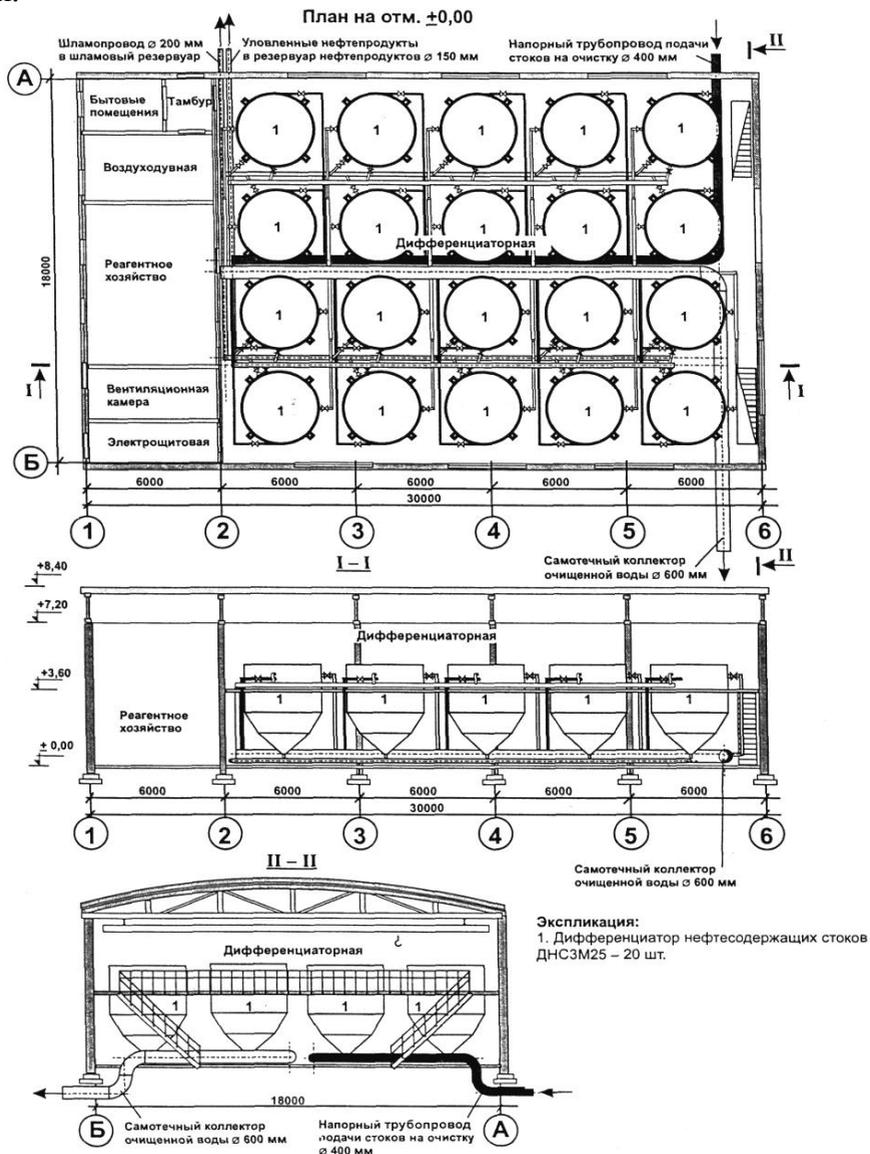


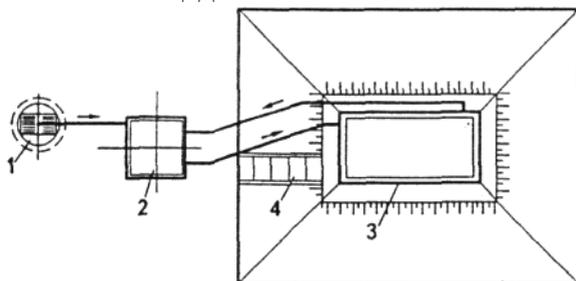
Рис.5. Станция очистки нефтесодержащих стоков и подтоварных вод производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч для НПЗ

По сравнению с моделями дифференциаторов ДНС 1.3.5 и ДНС2.3.5 первого и второго выпусков, производительность которых была ограничена - 5 м<sup>3</sup>/ч, дифференциаторы третьего выпуска ДНСЗМ изготавливаются восьми типоразмеров производительностью 3-25 м<sup>3</sup>/ч. Во всех типоразмерах аппаратов масса деталей или блоков, наиболее часто подлежащих демонтажу или разборке при ремонте или производстве регламентных работ, не превышает 30 кг, что обеспечивает легкое обслуживание аппаратов практически без применения подъемно-транспортного оборудования. Усовершенствованная конструкция аппаратов третьего выпуска ДНСЗМ гарантирует простую и надежную эксплуатацию очистных сооружений.

Строительство автозаправочных станций в стране, а также усиление контроля со стороны экологических органов вызвали повышенный спрос на компактные, быстро возводимые (3-4 дня), очистные сооружения полной заводской готовности для дождевых сточных вод с территории станции, содержащих нефтепродукты, и хозяйственно-бытовых сточных вод от санузлов для технического персонала станции и от туалетов для клиентов. [17,18]

Торговый Дом "Инженерное оборудование" разработал и организовал производство установок

«Свирь-1,5» для очистки дождевых сточных вод с территории 0,12 га с расчетным расходом стока, отводимого в резервуар насосной станции, 1,5 л/с (период однократного превышения интенсивности дождя принят 0,33 года). На рис.6 представлена установка и ее компоновка на площадке.



*Рис. 6. Генплан сооружений*

*1 – дождеприемник; 2 – насосная установка; 3 – блок очистки сточных вод; 4 – лестница.*

Сточные воды, содержащие взвешенные вещества (в основном песчаные и глинистые частицы, а также нефтепродукты в количестве соответственно 300-500 и 10-50 мг/л), собираются в дождеприемном колодце, а затем поступают в насосную установку. На входе в насосную установку они проходят контейнер для задержания крупных включений.

Далее сточные воды с помощью погружного насоса перекачиваются в блок очистки, где поступают в пескоулавливающий бункер, затем в отстойник – вначале в зону предварительного отстаивания, затем – в тонкослойный блок. В пескоулавливателе за счет тангенциального подвода воды выделяются крупнодисперсные частицы (свыше 0,2 мм). В зоне предварительного отстаивания задерживается основная часть песчаных частиц крупностью 0,05-0,2 мм, агломерированные частицы глины, мелкие отбросы, поступающие в приямок отстойника (табл.9). Крупные частицы эмульгированных нефтепродуктов всплывают на поверхность воды.

ТАБЛИЦА 9

Сточная вода	Концентрация, мг/л	
	Взвешенные вещества	Нефтепродукты
Поступающая	300-500	10-50
После отстаивания	120-200	4-10
После тонкослойного отстаивания	18-30	0,6-2
После фильтра	4-6	~0,3

Предварительно осветленная вода поступает в тонкослойный блок отстойника, протекая от верхней входной зоны до нижней выпускной. При этом в каждом ярусе частицы с массой больше, чем масса воды, выпадают на дно яруса, легкие частицы движутся вверх вдоль "потолочной" части. Тяжелые частицы с полок попадают во второй приямок отстойника, а легкие присоединяются к пленке на поверхности воды.

Наличие зоны предварительного отстаивания снижает интенсивность зарастания межполочного пространства зоны тонкослойного отстаивания, упрощая эксплуатацию. Осветленная вода сливается в фильтр.

Осадок из приемков периодически удаляется ассенизационной машиной, нефтепродукты с поверхности воды собираются поворотной трубой в емкость, из которой периодически направляются в котельную после дополнительного отделения воды. Осадок рекомендуется вывозить на иловые площадки близ расположенных канализационных очистных сооружений.

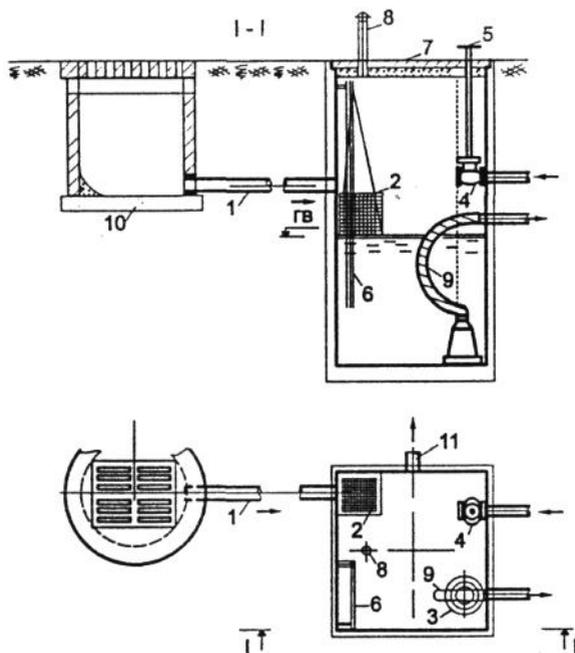


Рис.7. Насосная установка

1 - подводящий трубопровод сточных вод; 2 - сетчатый контейнер для отбросов; 3 - погружной насос для загрязненной жидкости; 4 - вентиль с шаровым клапаном; 5 - штанга управления вентиляем; 6 - лестница; 7 - крышка колодца утепленная; 8 - вентиляционный патрубок; 9 - шланг резиновый с металлической спиралью; 10 - дождеприемник; 11 - переливной трубопровод

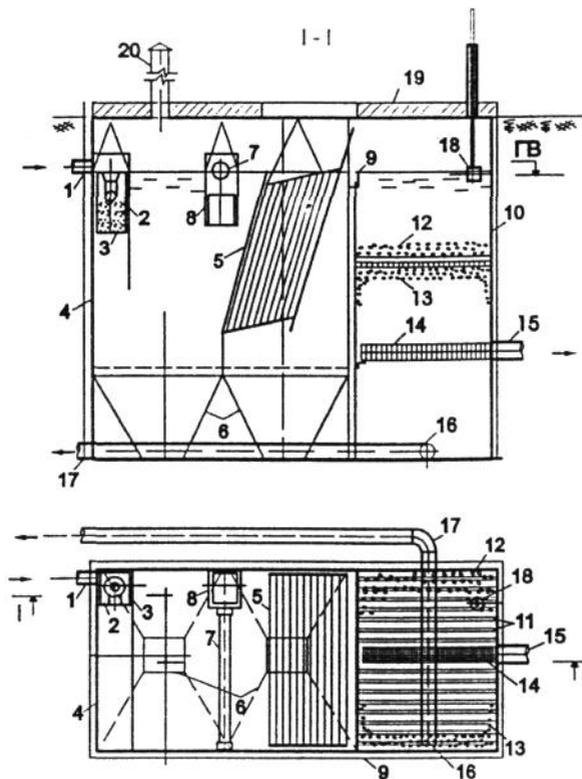


Рис. 8. Установка очистки сточных вод

1 - подвод сточных вод; 2 - пескоулавливающий бункер; 3 - полупогружная перегородка; 4 - отстойная зона; 5 - тонкослойный блок; 6 - прямки для осадка; 7 - труба поворотная; 8 - емкость для нефтепродуктов; 9 - водослив; 10 - фильтр с плавающей загрузкой; 11 - решетка; 12 - щебень; 13 - плавающая загрузка; 14 - дренаж большого сопротивления; 15 - отвод очищенных сточных вод; 16 - дренаж малого сопротивления; 17 - отвод промывной воды; 18 - поплавковый указатель уровня; 19 - крышка утепленная; 20 - вентиляционный патрубок

Фильтрация осуществляется в направлении "сверху вниз" через плавающую загрузку из гранул пенополистирола, обладающего высокой задерживающей способностью к мелкодисперсным твердым и жидким частицам и хорошей грязеемкостью. Пригрузка плавающего фильтрующего слоя осуществляется щебнем,

располагающемся на металлической решетке. Отвод фильтрующей воды осуществляется через дренаж большого сопротивления.

По мере загрязнения загрузки ее сопротивление потоку воды растет, и уровень воды над ней повышается. После достижения предельного уровня (сигнализируется поплавком) необходимо произвести промывку загрузки, что осуществляется залповым пропуском через нее большого расхода воды в направлении фильтрации.

На кафедре аэрологии [15] охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета разработано нефтесборное устройство (Пат. 2205261 РФ), работа которого основана на принципе гидроциклонирования, применяемое для сбора нефти и нефтепродуктов в местах их разлива с поверхности водных объектов (как внутренних, так и внешних водоемов) и повышающее эффективность процесса разделения путем предотвращения уноса нефтепродуктов с отводимой осветленной водой (т.е. практически полная ликвидация вторичного уноса).

Нефтесборное устройство состоит из батареи гидроциклонов 1 (рис.9) и совмещенных передних 2 и задних 3 направляющих стенок с входными отверстиями 4. Передние и задние стенки соединены между собой и корпусом каждого гидроциклона горизонтальными 10 и вертикальными 5 перегородками. В результате установки крышки 11 образуются полые камеры. Такая конструкция обеспечивает плавучесть и высокую маневренность сооружения при движении по поверхности водных объектов. По всему периметру крышки расположено волнорезное устройство. Между волнорезным устройством и полыми камерами гидроциклонов располагаются отстойные камеры 12.

Устройство закрепляется на плавучем сооружении и устанавливается на поверхности водного объекта, загрязненного нефтью и нефтепродуктами, таким образом, чтобы жидкость попадала в каналы волнореза. Это достигается путем заполнения через люки 13 балластом (например, водой) пустотелых камер устройства.

Вода из рабочих объемов гидроциклонов через трубопровод 6 и коллектор 7 откачивается насосом и на ее место начинает поступать загрязненная нефтепродуктами вода, которая проходит вначале по

каналам волнорезного устройства, где гасится большая часть кинетической энергии, если имеет место волнение поверхности водного объекта.

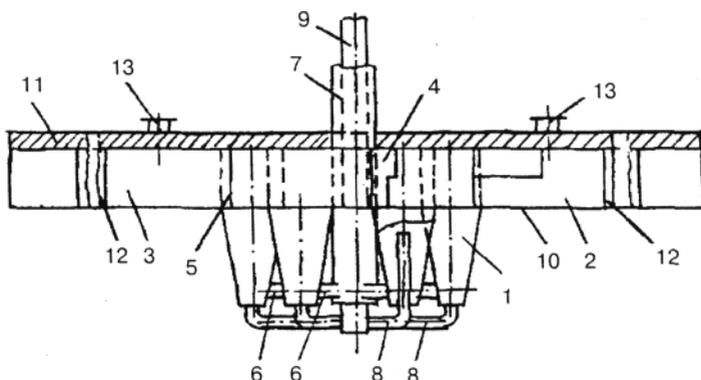


Рис. 9. Устройство для сбора нефти с поверхности воды

Поток жидкости разбивается на мелкие струи и поступает в отстойную зону, где движение, потока стабилизируется. При этом образуется нефтяная пленка на поверхности воды. Одновременно происходит разделение жидкости на потоки, после чего она попадает в гидроциклоны. Вследствие того, что входные каналы гидроциклонов располагаются тангенциально по отношению к цилиндрической части корпуса гидроциклона, жидкость, попав в рабочий объем гидроциклона, приобретает вращательное движение. Под действием центробежных сил более тяжелые частицы (вода) отбрасываются к стенкам корпуса гидроциклонов и, пройдя по спиральной траектории вниз, выводятся за его пределы по трубопроводам 6 в коллектор 7. Более легкие частицы (нефть) скапливаются в центре рабочего объема каждого гидроциклона, образуя клубок, имеющий форму усеченного конуса или цилиндра. При включении насоса слива нефть и нефтепродукты через трубопроводы 8 и коллектор 9 выводятся из устройства.

Эксплуатационные испытания нефтесборного устройства показали высокую степень разделения нефтяной пленки и воды (до 96 %). Данное устройство можно использовать для очистки от нефтяных загрязнений портов, гаваней, внутренних водоемов и резервуаров.

В результате техногенной деятельности человека на поверхности искусственных и естественных водоемов может образовываться слой (пленка углеводородных и иных жидкостей, который в большинстве случаев вызывает серьезные экологические и иные проблемы. Фирма "ВЭСТА" разработала [16] и предлагает к внедрению устройство для сбора таких слоев. Оно может быть применено при ликвидации аварий, связанных с разливом нефтепродуктов и других органических жидкостей на поверхности водоемов. Кроме того устройство может быть применено на различных промышленных отстойниках, действующих в системе водоочистных сооружений предприятий.

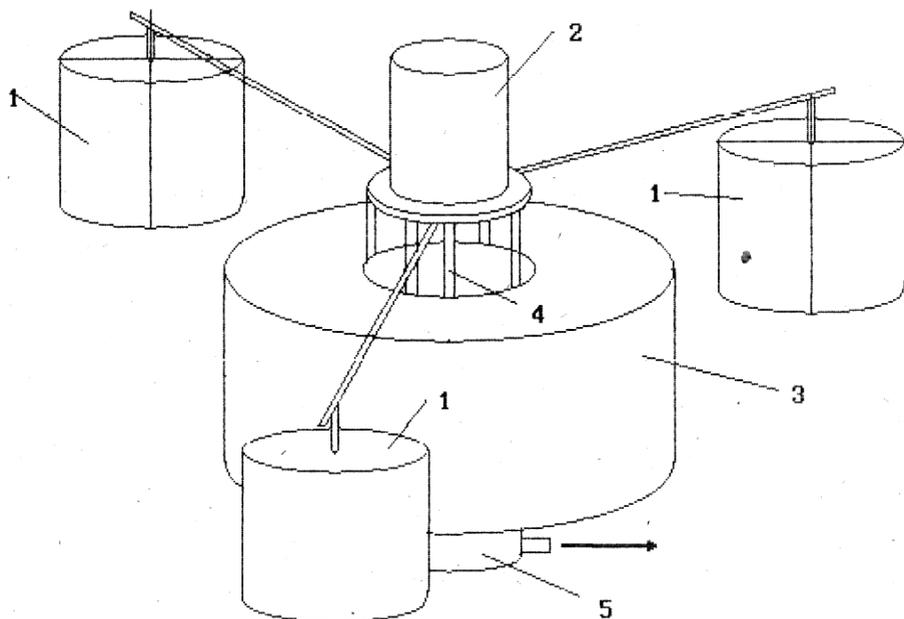
### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО УСТРОЙСТВА

В основу работы устройства заложены следующие гидродинамические и физические принципы:

- появление движущей силы на поверхности жидкости при создании в ней перепада высот за счет образования вихревой воронки;
- появление движущей силы на поверхности жидкости за счет градиента скоростей в центре устройства и на его периферии;
- эффект сплошности пленки за счет действия сил поверхностного натяжения.

Особая организация указанных сил и явлений позволяет собрать поверхностный слой в месте отбора жидкости, тем самым решить проблему сбора пленки с поверхности водоема.

Устройство состоит из корпуса для организации гидродинамических потоков в жидкости и поверхностном слое. Корпус расположен в водоеме на поплавках. Устройство снабжено электродвигателем и насосом для откачивания собранных продуктов. Устройство эксплуатируют совместно с двухфазным сепаратором жидкости, который устанавливают на берегу водоема или специальном плавучем средстве. Общий вид устройства приведен на рис.10. Конструктивные особенности устройства защищены патентом Украины.



*Рис. 10. Нефтесборщик для сбора плавающей углеводородной пленки с поверхности естественных и искусственных водоемов*

*Нефтесборщик состоит: 1 - поплавок; 2 - электродвигатель; 3 - корпус; 4 - вал с активатором; 5 - насос.*

*Габаритные размеры, мм – 1500x1500x800*

*Мощность электродвигателя, кВт – 2,5*

*Производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч – 3*

*Эффективность очистки водоема, % – 99,5*

### **ГЛАВА 3**

#### ***Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью комбинированных методов очистки***

Во второй главе указывалось, что чисто механические методы очистки вод от нефтепродуктов имеют ограниченное применение и малоэффективны. Поэтому в современной технологии очистки нефтесодержащих сточных вод применяют схемы и установки, где

сочетаются в комбинации механические, физико-химические и химические методы.

НИИ ВОДГЕО разработана технология очистки и глубокой доочистки таких сточных вод в связи с ужесточением ПДК по нефтепродуктам до 0,05 мг/л [19]. Технология основана на многостадийной очистке с выделением механических примесей, взвешенных веществ, нефти, растворенных органических соединений (Рис.11). На стадии механической очистки происходит усреднение стока, выделение крупнодисперсных нефтяных частиц и оседание грубодисперсных примесей (песок и другие механические примеси). Флокуляционной напорной флотацией удаляется основная масса нефтепродуктов, флокуляционной импеллерной флотацией извлекаются мелкодисперсная эмульгированная нефть и органические примеси. На стадиях флотационной очистки в качестве реагентов используются высокомолекулярные катионные флокулянты, обладающие повышенной пенообразующей способностью.

Глубокая доочистка сточных вод от нефтепродуктов, оставшихся после флотационной очистки, и от растворенной органики происходит на кварцевых и адсорбционных фильтрах с дополнительной обработкой воды перед фильтрами, коагулирующими и флокулирующими реагентами. Очищенная вода в зависимости от степени ее очистки может сбрасываться в водоем или направляться на повторное использование.

Уловленные нефтепродукты направляются на обезвреживание и утилизацию, которая осуществляется по схеме: обработка реагентом, в который входит деэмульгатор и флокулянт, нагрев и отстаивание в разделочных резервуарах. Уловленная нефть направляется на переработку в основное производство.

Данная технология прошла промышленную апробацию на предприятиях нефтепереработки и нефтетранспорта.

Разработчики гарантируют: поставку оборудования и флокулянтов, проведение пусконаладочных работ, разработку технологического регламента, высокое качество и низкую стоимость работ.

Технологическую схему можно изменить или дополнить в соответствии с требованиями заказчика.

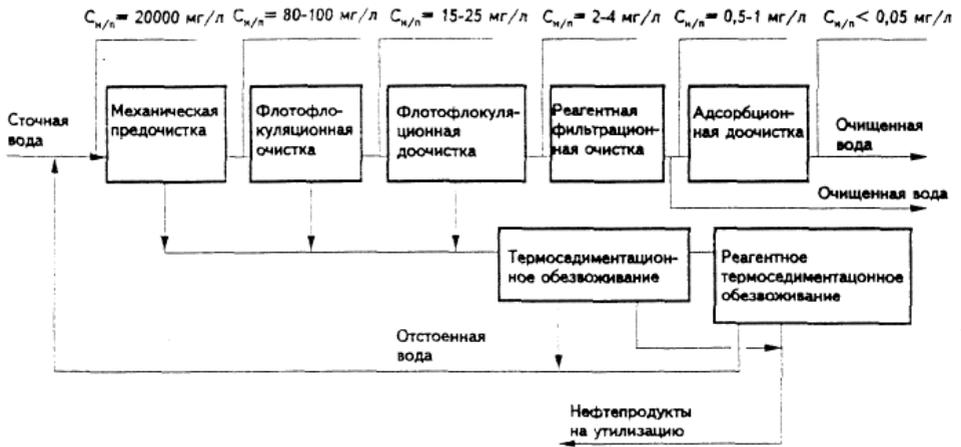


Рис.11. Блок-схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод

Для очистки сточных вод нефтебаз предлагаются [20] современные технологические схемы, основанные на комбинированных методах очистки (Рис.12).

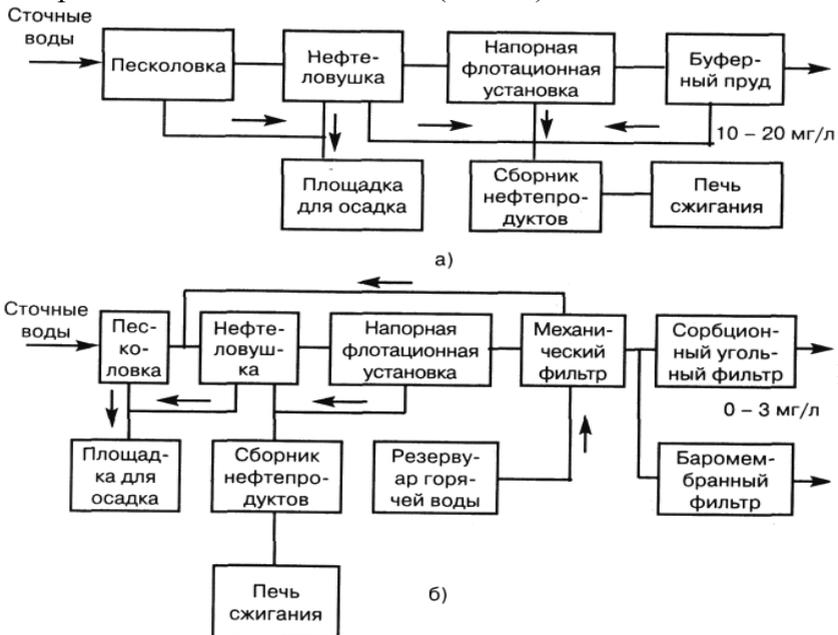
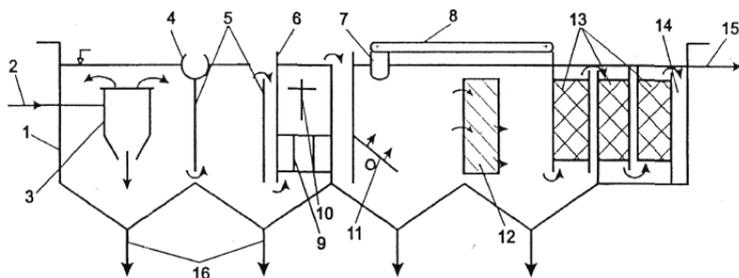


Рис.12. Структурные схемы очистки сточных вод от нефтепродуктов:

а — с доочисткой на напорной флотационной установке; б — с глубокой доочисткой после напорной флотационной установки на механических, сорбционных и баромембранных фильтрах.

Очистка небольших количеств нефтесодержащих вод (от 1,5 до 100 м<sup>3</sup>/ч), образующихся на нефтебазах, складах горюче-смазочных материалов, автопредприятиях, железнодорожных станциях, производится, как правило, не установках заводского изготовления [21, 22]. В состав установок входят различные комбинированные аппараты, включающие в одной емкости отстаивания, коагуляцию, флотацию, сорбцию, а также сооружения колонного типа механической, физико-химической, биологической очистки.

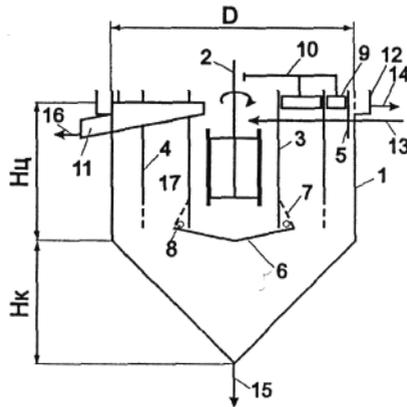
Конструкция комбинированного сооружения представлена на рис. 13.



*Рис.13. Комбинированное сооружение производительностью 5-7 м<sup>3</sup>/ч  
1 - корпус; 2 - подача воды; 3 - водоворотная камера; 4 - поворотная труба с ручным приводом; 5 - затопленная перегородка; 6 - полупогруженная перегородка; 7 - пеносорбный лоток; 8 - пеносорбный скребок; 9 - электроблок; 10 - механическая мешалка; 11 - камера смешения водовоз-душной смеси и воды; 12 - тонкослойный блок; 13 - фильтры с загрузкой; 14 - резервуар чистой воды; 15 - отвод воды; 16 - отвод осадка*

В сооружении производительностью 5-7 м<sup>3</sup>/ч (габариты 2x2,5x8) процесс очистки отстаиванием, флотацией, фильтрованием на искусственном материале осуществляется при самотечном движении жидкости. При этом содержание нефтепродуктов снижается с 250 до 0,05 мг/л, БПК со 150 до 3 мг/л, тетраэтилсвинец отсутствует, содержание железа составляет 0,01 мг/л.

Для очистки нефтесодержащих сточных вод создана трехступенчатая схема комбинированных сооружений производительностью до 75-100 м<sup>3</sup>/ч: коагулятор-флотатор, фильтр-флотатор (рис. 14), открытый фильтр с активным углем.



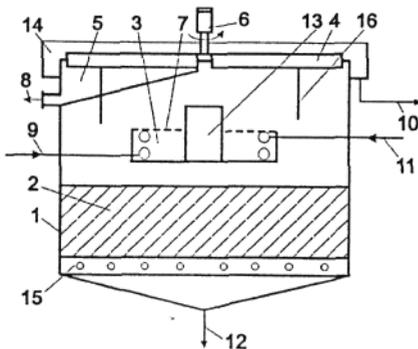
*Рис.14. Фильтр-флотатор со встроенной камерой хлопьеобразования*

*1 - корпус; 2 - механическая мешалка; 3, 4, 5 -погружные перегородки; 6 - днище камеры; 7 -козырек; 8 - трубопровод водовоздушной смеси; 9 - разрезная пластина скребка; 10 - скребок для пены; 11 - пеносборный лоток; 12 - водосборный лоток; 13, 14 - подача и отвод воды; 15- отвод осадка; 16- отвод пены; 17 - камера смешения*

На первом сооружении содержание нефтепродуктов снизилось с 200 до 5-10 мг/л, взвешенных веществ – со 150 до 10-15 мг/л, на втором сооружении – нефтепродуктов до 0,5-1 мг/л, взвешенных веществ до 2 мг/л, на третьем сооружении – нефтепродуктов до 0,05 мг/л и взвешенных веществ до 1 мг/л. Общее время обработки воды составляет 1,5 ч, что определяет габариты сооружений. Вода на установке движется самотеком, уловленные нефтепродукты утилизируются.

*Рис.15. Фильтр-флотатор*

*1 - корпус; 2 - песчаный фильтр; 3 - смеситель водовоздушной смеси и сточной воды; 4 -скребки для пены; 5 - пеносборный лоток; 6 -двигатель; 7 - перфорированная крышка; 8 -отвод пены; 9 - подача аодовоздушной смеси; 10- отвод промывной воды; 11 - подача сточной воды; 12 - отвод очищенной воды; 13 - струенаправляющий патрубок; 14 - водосборный лоток; 15 - дренаж; 16 - полупогружная перегородка*



Комбинированный отстойник с зонами: водоворотная агломерационная камера, пневматическая флотация, полистирольный фильтр, камера чистой воды производительностью 15-20 м<sup>3</sup>/ч и размером 2х2,5х10м – обеспечивает удаление нефтепродуктов с 1-2 г/л до 3-6 мг/л, взвешенных веществ с 250 до 10 мг/л.

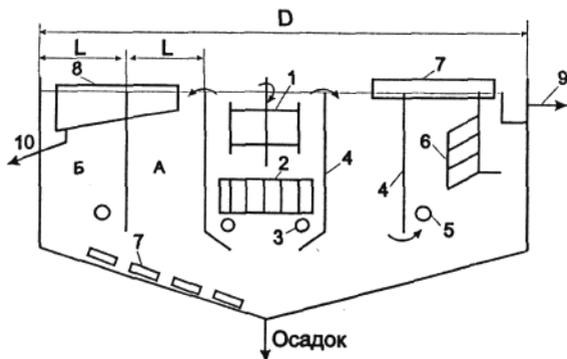


Рис. 16. Комбинированное сооружение для глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод

1 - камера хлопьеобразования; 2 - электроблок; 3 - сточная вода; 4 - полупогружные перегородки; 5 - водовоздушная смесь; 6 - тонкослойный блок; 7 - скребки для осадка и пены; 8 - лоток пены; 9 - очищенная вода; 10 - отвод пены; А - зона отстаивания; Б - зона флотации

Сооружение оборудовано бункерами для сбора осадка, нефтесборными трубопроводами с ручным приводом, разделительной емкостью для утилизации нефтепродуктов, не имеет механических узлов. Движение жидкости осуществляется самотеком. В течение 10 лет эксплуатации отстойник работает стабильно, в том числе при отрицательной температуре воздуха, поскольку расположен под навесом.

Для глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод, прошедших усреднитель-отстойник или резервуар-накопитель, разработано электромеханическое сооружение: коагулятор-отстойник-флотатор (рис. 16) производительностью 8-15 м<sup>3</sup>/ч, которое обеспечивает снижение содержания нефтепродуктов с 10 до 0,1-0,6 мг/л, взвешенных веществ с 25 до 2-5 мг/л, фенолов с 3 до 0,005 мг/л,

тетраэтилсвинца с 0,2 до 0,002 мг/л, снижение ХПК с 250 до 80 мг/л, БПК<sub>5</sub> до 8 мг/л. Эксплуатация в течение 10 лет показала, что сооружение работает стабильно, пассивация электродов отсутствует, а извлекаемые нефтепродукты утилизируются. Дополнение схемы очистки угольным фильтром позволяет достичь качества воды, требуемого для сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения.

При очистке небольших объемов различных категорий сточных вод, в том числе нефтесодержащих, определенную проблему представляют их прием и усреднение. Для этих целей разработана и используется конструкция усреднителя-отстойника. В сооружении наряду с накоплением и усреднением производится уплотнение осадка, пневматическая флотация и сбор выплывших нефтепродуктов в зависимости от качества и количества воды.

Одним из наиболее перспективных видов очистного оборудования, способного существенно усовершенствовать процессы очистки оборотных и сточных вод и упростить технологические схемы очистных станций и систем локальной очистки, является оборудование компании «KROFTA» [23]. В настоящее время компания «KROFTA» серийно изготавливает и поставляет на мировой рынок установки напорной флотации марки «Supra-cell» (18 типоразмеров), установки напорной флотации и седиментации марки «Sedifloat» (16 типоразмеров), установки напорной флотации и флотации марки «Sandfloat-BP» (двух разновидностей 19 типоразмеров) и другое оборудование.

Компактные и высокоэффективные установки напорной флотации (рис. 18.) марок «Supra-cell» (SPC), «Sandfloat-BP» (SDF), «Sandfloat-BP» (SAF-BP) успешно используются взамен первичных и вторичных отстойников, илоотделителей, илоуплотнителей, скорых фильтров, осветлителей и флотаторов старых типов.

Основное преимущество флотаторов марки «Supra-cell» заключается в следующем: малое время обработки очищенной воды 3-5 мин. (в флотаторах старых конструкций 20-30 мин., в отстойниках 90-120 мин.), малая высота слоя воды в ванне флотатора 0,4-0,5 м (в флотаторах старых конструкций 1-1,5 м, в отстойниках 3-8 м), существенно меньшие габариты по сравнению с любыми другими аппаратами и сооружениями того же функционального назначения и равной производительности, концентрация взвешенных веществ в

осветлённой воде 20-30 мг/л, концентрация флотошлама 2-4 %, небольшая масса установок в рабочем состоянии, нагрузка на перекрытие не превышает  $730 \text{ кг/м}^2$ , что позволяет размещать их в любом помещении и даже на крыше зданий.

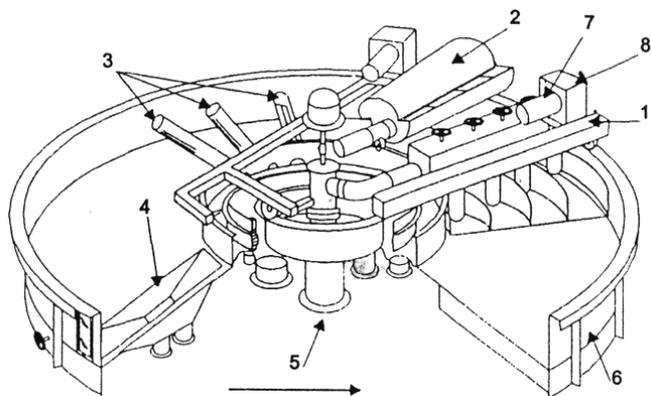


Рис.17. Конструктивная схема установки "Supracell"  
 1 - флотатор «Supracell»; 2 - циркуляционный насос; 3 - камере насыщения воздухом; 4 - компрессор

Принципиальная схема флотатора «Supra-cell» приведена на рис. 18., принципиальная схема установки напорной флотации «Supra-cell» на рис. 17. Флотатор состоит из флотационной камеры с центральным стаканом, внутри которого размещены трубы для ввода очищаемой воды, для отвода осветлённой воды и удаления флотошлама. Радиальная распределительная труба, подающая в ванну флотатора очищаемую воду с водовоздушной смесью и спиральный сборник шлама (патент компании «KROFTA») смонтированы в общей вращающейся раме. Скорость потока, исходящего из распределительного канала, строго согласована со скоростью вращения рамы таким образом, что очищаемая вода поступает в ванну с «нулевой скоростью». Такое состояние жидкости (в отличие от других типов флотаторов в которых существуют пересекающиеся потоки и градиент скорости) обеспечивает эффективный процесс флотации взвешенных веществ.

Осветлённая вода отводится по направлению к центральному стакану через щелевые отводящие трубы, расположенные над дном ванны. Осевший на дно осадок сгребается в приямок с помощью скребка,

расположенного на вращающейся раме, и регулярно автоматически удаляется из него.



*Рис.18. Принципиальная схема установки напорной флотации «Supracell»*

*1 - распределительный канал; 2 - спиральный сборник; 3 - трубы для отвода очищенной воды; 4 -прямок; 5 - патрубок для ввода загрязненной воды; 6 - флотационный резервуар; 7 - несущая рама; 8 - привод рамы*

Небольшая глубина слоя воды в ванне (до 50 см) обеспечивает короткий путь флотируемых частиц и малое время процесса флотации. Поверхностный слой сфлотированных загрязнений (флотошлам) собирается спиральным сборником. При этом шлам в ванне остаётся неподвижным и до процесса удаления не подвергается механическому воздействию.

Эффективность очистки в флотаторах «Supra-cell» составляет по волокнистым взвешенным веществам до 99,5 %, по минеральным и органическим взвешенным веществам до 96,5 %, по БПК<sub>полн</sub> до 70 %, по ХПК до 65 %, по катионам трёхвалентных металлов практически 100 %.

В настоящее время наибольшее количество установок «Supra-cell» работает в локальных системах очистки оборотной воды непосредственно на производственных участках, где чаще всего заменяют конусные ловушки (отстойники) или осветлители со слоем взвешенного осадка. Целесообразность такого мероприятия показана в таблице 10.

ТАБЛИЦА 10

Показатели	Флотатор SPS-18	Конусная ловушка	Осветлитель со слоем взвешенного осадка
Производительность по очищаемой воде, м <sup>3</sup> /ч	180	80	150-200
Содержание взвешенных веществ на входе и выходе, мг/л15	2000/20	1200/30	2000/40
Концентрация шлама, г/л	30	15	10
Среднее время очистки, мин	5	180	80
Рабочая поверхность аппарата, м <sup>2</sup>	23	78,5	68
Рабочий объём аппарата, м <sup>3</sup>	15	250	280
Удельная производительность:			
поверхностная, м <sup>3</sup> /ч на 1 м <sup>2</sup> поверхности	7,8	1	2,9
объёмная, м <sup>3</sup> /ч на м <sup>3</sup> рабочего объёма	12	0,32	0,7
Габариты, м:			
диаметр	5,5	8	8,36×8,36
рабочая высота (глубина)	0,65	11,5	4,7
Установочная мощность, кВт	9,8	4,5	7,5
Приведенная стоимость очистки 1000 м <sup>3</sup> , долл. США	2,91	9,51	4,27

Водоочистной комплекс УФИАН-М, разработанный Международной экологической ассоциацией «Интервир» (г. Ровно) предназначен для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, механических примесей, масло- и нефтепродуктов на предприятиях машиностроения [24]. Он может применяться для очистки сточных вод гальванических, механообрабатывающих и окрасочных производств, в том числе маслоэмульсионных стоков и отработанных СОЖ.

Очистка сточных вод осуществляется с применением или без применения реагентов в зависимости от исходного состава и расхода сточных вод. Качество очищенной воды позволяет в ряде случаев использовать ее без дополнительной корректировки в системах оборотного водоснабжения производств.

Водоочистной комплекс УФИАН-М включает: флотатор-отстойник и контактный осветлитель, которые размещены в одном корпусе (Рис.19).

В зависимости от условий применения, состава сточных вод и концентрации примесей водоочистной комплекс оснащается дополнительными приспособлениями и устройствами: сатуратором

для насыщения сточных вод воздухом под избыточным давлением; электролизером с растворимыми пластинчатыми или стружечными электродами; смесителем сточных вод с реагентами; аппаратами нейтрализации воды и её доочистки; нутч-фильтром для обезвоживания твердых отходов. Дополнительные приспособления и устройства входят в комплект поставки.

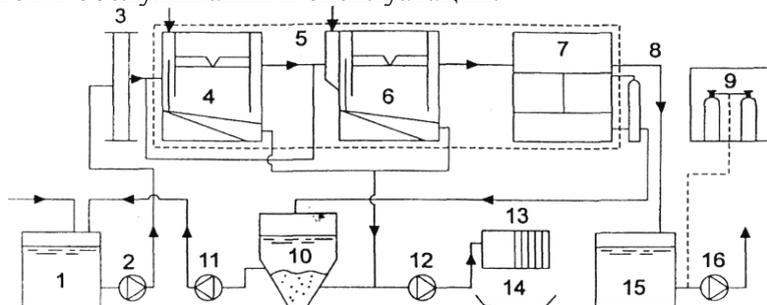
Водоочистной комплекс УФИАН-М имеет габариты (табл.11) которые позволяют размещать его на действующих очистных сооружениях, при их реконструкции и модернизации. Компоновка комплекса позволяет существенно упростить его монтаж и эксплуатацию.

ТАБЛИЦА 11

*Техническая характеристика комплексов*

Модификация комплекса	Уфиан М1	Уфиан М2	Уфиан М5	Уфиан М10	Уфиан М10В
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1,0	2,5	5,0	10,0	10,0
Размеры, м: - длина	2,5	3,3	4,7	6,5	4,0-5,0
-ширина	1,2	2,0	2,0	2,5	2,5-3,0
-высота	2,6	2,6	2,6	2,6	4,3

По сравнению с аналогами водоочистной комплекс УФИАН-М имеет меньшие металлоемкость и общие габариты, позволяет осуществлять очистку сточных вод со средней и высокой концентрацией примесей. Он характеризуется высокой надежностью, простотой в обслуживании и эксплуатации.



*Рис. 19. Водоочистной комплекс УФИАН-М*

1 - усреднитель-накопитель; 2,11,12,16 - насосы; 3 - сатуратор; 4 - флотатор 1-ой ступени; 5 - электролизер; 6 - флотатор 2-ой ступени; 7 - контактный осветлитель; 8 - устройство для промывки контактного осветлителя; 9 - устройство для нейтрализации очищенной воды; 10- емкость промывной воды контактного осветлителя; 13 - фильтр-пресс; 14 - поддон; 15 - резервуар очищенной воды

ТАБЛИЦА 12

*Водоочистной комплекс УКОС-АВТО допускается применять при следующих исходных данных*

Параметр	Единица изм.	Величина
Расход сточных вод не более	м <sup>3</sup> /сут	250
Концентрация не более		
- нефтепродукты	мг/л	500
- взвешенные вещества	мг/л	2500
- поверхностно-активные вещества	мг/л	100
Температура сточных вод	С°	10-50

ТАБЛИЦА 13

*Технические показатели*

Тип комплекса	УКОС-АВТО 0,3	УКОС-АВТО 2,0	УКОС-АВТО 5,0
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	0,3 – 0,35	2,0 – 2,5	5,0 – 5,5
Концентрация в очищенной воде, мг/л:			
-взвешенных веществ	1,0 – 15,0	1,0 – 15,0	1,0 – 15,0
-нефтепродуктов	0,5 – 3,0	0,5 – 3,0	0,5 – 3,0
Габаритные размеры, мм:			
-длина	1000	1900	2700
-ширина	400	1300	2300
-высота	2000	2400	2400

Водоочистной комплекс УКОС-АВТО, разработанный МЭА «Интервир» (г. Ровно), предназначен для очистки сточных вод, образующихся при мойке легковых и грузовых автомобилей, а также автобусов, мотоколясок и мотоциклов [24].

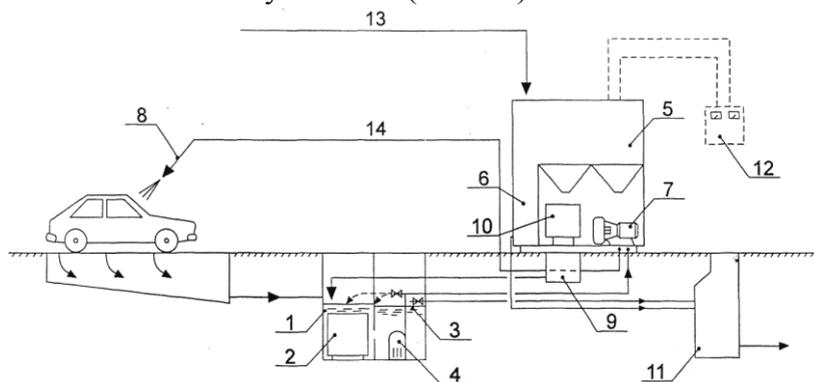
Очистка сточных вод обеспечивается применением комбинированной технологии, включающей механическую, электрохимическую и физико-химическую очистку. Качество очищенной воды позволяет использовать ее в системе оборотного водоснабжения мойки или сбрасывать в канализацию. После дополнительной глубокой доочистки вода может отводиться в водоем.

Водоочистной комплекс УКОС-АВТО включает: гидроциклон-осветлитель, электрореактор, контактный осветлитель и адсорбер (Рис.20). Он оснащен бункером осадка, устройством промывки

контактного осветлителя, емкостью очищенной воды, контейнером для твердых отходов и сборником нефтепродуктов. Все элементы комплекса размещены в одном корпусе.

Водоочистной комплекс УКОС-АВТО может размещаться в помещении, в котором производится мойка автотранспорта, или в отдельном помещении. Он может располагаться также вне помещения в районах с теплым климатом.

По сравнению с аналогами водоочистной комплекс УКОС-АВТО имеет компактную конструкцию, малые размеры, позволяет производить очистку сточных вод без применения реагентов, не требует постоянного обслуживания. (табл. 13)



*Рис. 20. Водоочистной комплекс УКОС-АВТО*

*1 - приемный колодец; 2 - контейнер; 3 - колодец; 4 - погружной насос; 5 - ВК УКОС АВТО; 6 - емкость очищенной воды; 7 - насос очищенной воды; 8 - мойка автотранспорта; 9 - приямок; 10 - контейнер для осадка; 11 - колодец канализации; 12 - выпрямительный агрегат; 13 - техническая вода; 14- очищенная вода на мойку.*

Установка предназначена для очистки сточных вод от нефтепродуктов, а также может использоваться для снижения содержания воды в обводненных нефтепродуктах [25].

Установка защищена патентом РФ №2104736 от 20.02.98, всесторонне испытана Государственным НИИ по применению топлив, масел, смазок и специальных жидкостей МО РФ и Центром санитарно-эпидемиологического надзора МО РФ.

Принцип действия основан на использовании оригинальной физико-химической модели, сочетающей методы гидростатического разделения, коалесценции, коагуляции частиц нефтепродуктов на гидрофобных волокнах и доочистки нефтепродуктов при пропускании воды через специальный фильтр и систему ультрафиолетовых деструкторов с кавиатором.

Область применения:

Установка может использоваться как составная часть систем водоочистки, в том числе и очистки оборотной воды на предприятиях нефтяной промышленности, автомойках, мойках судов, при ликвидации последствий аварий на нефтепроводах и нефтедобывающих комплексах.

Технические характеристики:

- Производительность - 1000 л/ч;
- Содержание нефтепродуктов в исходной воде, мг/л - до 1000;
- Содержание нефтепродуктов в очищенной воде, мг/л - до 0,05;
- Ресурс работы фильтрующей загрузки, час - 1000...4000 в зависимости от исходной мутности;
- Время монтажа установки на объекте, час - не более 3;
- Масса сухой установки, кг - 60;
- Габариты, мм: высота - 1600, ширина - 790, длина - 900;
- По заказу установка изготавливается в мобильном варианте.

Установка работает следующим образом (Рис.21) Исходную воду, загрязненную взвешенными веществами и эмульгированными и растворенными нефтепродуктами, после очистки в упрощенном отстойнике от механических примесей направляют в устройство разделения воды и нефтепродуктов 2 через устройство 3, обеспечивающее коалесценцию капель нефтепродуктов (объединение мелких капель в крупные). Из устройства 3 очищаемая вода поступает в камеру с олеофильной загрузкой 7 устройства разделения воды и нефтепродуктов 2.

При прохождении через олеофильный материал происходит дальнейшая коалесценция диспергированных частиц нефтепродуктов на поверхности олеофильной загрузки, после чего под действием архимедовой силы частицы нефтепродуктов продавливаются через перфорированную решетку в камеру сбора и отвода нефтепродуктов 6, откуда поступают в емкость сбора нефтепродуктов 11.

Очищенная от диспергированных нефтепродуктов вода поступает через перфорированные решетки 5 сначала в промежуточную камеру 8, а затем в камеру с олеофобной загрузкой 9, которая задерживает мелкодисперсные капли нефтепродуктов и капли воды, окруженные пленкой нефтепродуктов. Из камеры 10 отделенную от нефтепродуктов воду подают в кавитатор 12 с источником ультразвукового излучения 13, который обеспечивает формирование в очищаемой воде парогазовых пузырьков.

Газожидкостную систему из кавитатора 12 подают в фотохимический реактор 14 с источником ультрафиолетового излучения 15, где под действием УФ - излучения образуются мощные окислители, которые эффективно окисляют органику, в том числе нефтепродукты. Очищенная вода поступает в резервуар чистой воды 16, откуда ее подают потребителю.

Таким образом, использование предложенной установки для очистки сточных вод позволяет не только эффективно очистить воду от взвешенных веществ, эмульгированных и растворенных нефтепродуктов, но и провести обеззараживание очищенной воды.

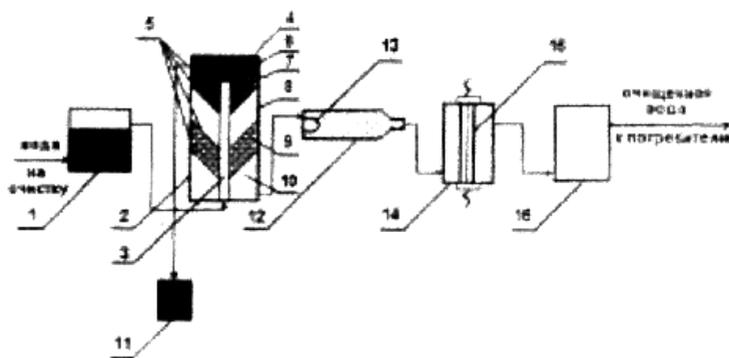


Рис.21. Технологическая схема работы установки

Модули "Радуга" [25] предназначены для очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел, взвешенных веществ, жиров, СПАВ, частично органических веществ при их исходных концентрациях до 500 мг/л выходной концентрации по нефтепродуктам и маслам до 0,05 мг/л.

Данные модули применяются при очистке сточных вод моек автотранспорта от ливневых сточных вод с территории предприятий,

АЗС, гаражей, автостоянок, нефтебаз и др. Оборудование работает автономно, не требует постоянного присутствия оператора.

Установки типоряда "Радуга" прошли промышленные испытания и успешно работают в России и зарубежье. Модули согласованы к применению заключениями Государственной экспертизы, сертифицированы и защищены охранными документами.

ТАБЛИЦА 14

*Технические характеристики*

Модель	Производительность	Допустимый вакуум на всасывающем трубопроводе, м, не более	Мощность, кВт	Комплект оборудования	Габариты, м	Масса, т (транспортируемая)	Степень очистки по маслам и нефтепродуктам, %
Радуга 50	2	2	5,8	Флотатор ФМ-2, фильтр ФЗК-2	1,55×1,4×1,5 1,1×1,0×1,5	0,75	96-98
Радуга 100	5	4	7,8	Флотатор Ф-5, фильтр ФЗК-5	2,6×1,8×1,8 1,3×1,3×1,3	1,7	96-98
Радуга 240	10	3	11,4	Флотатор Ф-10, 2 фильтра ФЗК-5	3,0×2,2×2,1 3,6×1,3×1,3	3,4	96-98
Радуга 500	20	5	22,4	Флотатор ФМ-20, блок фильтров	3,2×2,5×2,56 3,6×3,6×1,3	6,8	96-98

В установке "Радуга" сочетаются флотационная и фильтрационная очистка, (рис 22).

Флотатор извлекает основную часть загрязнений (более 90%). Фильтр обеспечивает глубину сточной воды до норм ПДК (до 99,9%).

Оригинальная конструкция фильтра позволяет использовать различные виды фильтрующего материала (дробленый керамзит, листовенные опилки, активированный уголь и др.).

Отработанный фильтрующий материал и флотошлам может использоваться в производстве покрытий, топлива для котельных, а также в других схемах утилизации.

Модули предназначены для эксплуатации в производственных помещениях, температур которых исключает замерзания воды в емкостях и трубопроводах. Модули могут поставляться в контейнерном варианте.

При содержании в исходной сточной воде нефтепродуктов более 300 мг/л или взвешен: более 200 мг/л целесообразно применение первичного отстаивания.

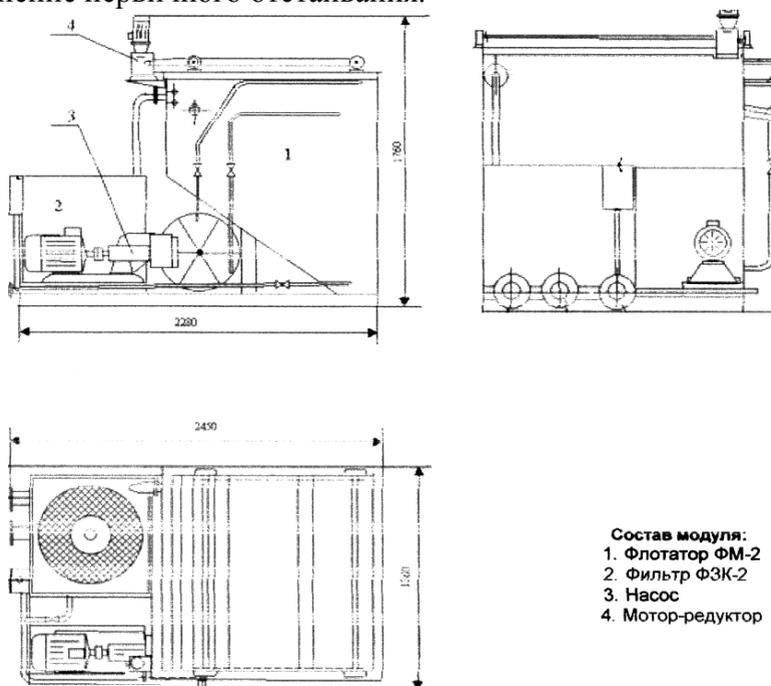


Рис. 22. Модуль для очистки нефтесодержащих сточных вод "Радуга-50"

Степень очистки, в %:

по нефтепродуктам и маслам 96-99,9

по взвешенным веществам 80-95

Блочно-модульный комплекс «флокфил» Для очистки и повторного использования воды при мойке автомобилей (сто), разработан научно-инженерным центром "потенциал-4" (г.киев) [26]

Система очистки и рециркуляции моечных вод согласована контролирующими службами и может быть использована на станциях техобслуживания автомобилей автотранспортных предприятиях и гаражах с любой системой моечных агрегатов.

Модульный тип оборудования позволяет устанавливать его в любом помещении здания мойки.

Комплекс «Флокфил» основан на физико-химической очистке с биологической доочисткой мочных вод.

Блочно-модульный комплекс может работать с 80% рециркуляцией. Осадок утилизируется в дорожные покрытия, удобрения зеленых насаждений (после компостирования с биопрепаратом «Эконадин»).

Для очистки и повторного использования вод при мойке автотранспорта СТО и гаражей предлагается применить систему очистки, в которую входит накопитель-усреднитель, оборудованный погружным насосом для подачи мочных вод на очистку, блочно-модульный комплекс «Флокфил», также оборудованный погружным насосом для подачи очищенных вод на мойку, контейнер для осадка.

Вода удовлетворяет правилам охраны поверхностных вод от загрязнений возвратными водами, утвержденными Постановлением Кабинета Министров Украины № 465 от 25.03.99 р.

Установка «Флокфил» применяется для очистки загрязненных дождевых и талых вод АЗС от нефтепродуктов, масел, взвешенных веществ, коллоидных и растворимых органических веществ методами флокуляции, биокоагуляции, флотации и биофильтрации. Закрытое биоплато гидропонного типа применяется для биологической доочистки возвратных вод после установки «Флокфил».

После очистки на установке «Флокфил» и закрытом биоплато гидропонного типа возвратные воды, пригодны для отведения в водоем, а также полива и использования в системах технического водоснабжения. Выделенный осадок после взаимодействия с биопрепаратом «Эконадин» используется как удобрение для декоративных культур.

Водоочистная установка «Флокфил» и закрытое биоплато гидропонного типа сертифицированы Главным санитарно-эпидемиологическим управлением МОЗ Украины, положительно зарекомендовали себя на международных автопереходах, автоцентрах, АЗС.

Для очистки загрязненных дождевых и талых вод с территории АЗС предлагается применить систему (рис.23) очистки, в которую входит колодец-делитель расхода (1), колодец-накопитель (2),

оборудованный погружным насосом (3), установка «Флокфил» (4), закрытое биоплато гидропонного типа с высшими водными растениями (5) и контрольный колодец (6), в который поступают условно чистые дождевые воды из колодца-делителя расхода и доочищенные воды после биоплато.

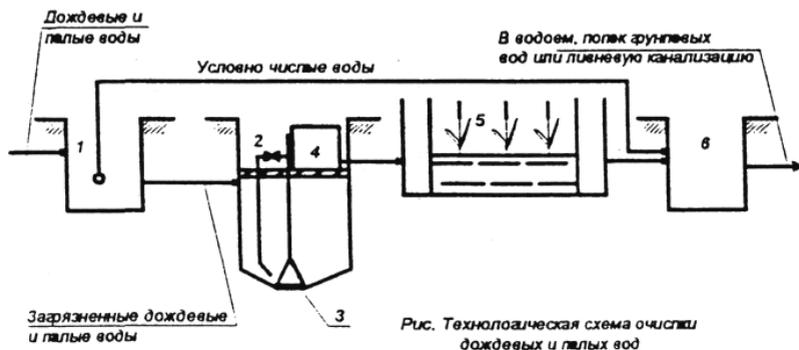


Рис.23. Технологическая схема очистки вод на установке «Флокфил»

Общезаводские сточные воды систем канализации Омского НПЗ подвергаются очистке на песколовках, нефтеловушках, отстойниках, импеллерных флотаторах, аэротенках, вторичных отстойниках, прудах-накопителях. Доочистка стоков производится на городских очистных сооружениях. [67]

С целью интенсификации работы заводских сооружений на опытной установке в лабораторных условиях отработывалось применение различных отечественных и зарубежных коагулянтов и флокулянтов. Результаты экспериментов позволили выбрать наиболее эффективные реагенты для очистки и доочистки стоков, обработки осадка, определить их оптимальные дозы, подобрать оборудование для подачи и смешения рабочих растворов со сточной водой и осадком. Изучены технологические и конструктивные параметры камер хлопьеобразования, разделения дисперсной среды отстаиванием, флотацией. Так, использование в схемах очистки оптимальных конструкции смесителей и хлопьеобразователей обеспечивает повышение эффективности удаления загрязнений в 1.5-3 раза и снижение расхода реагентов. В заводской схеме очистки не предусмотрены смесители и коагулянты, что обусловило проведение соответствующих исследований на опытной установке,

показывающих, что из сточной воды, прошедшей нефтеловушки, при дозе коагулянта и флокулянта 7 и 0,5 мг/л обеспечивается удаление нефтепродуктов и взвешенных веществ на 96 и 80 %. При доочистке биологически очищенных сточных вод с использованием 10 мг/л коагулянта и 0,3 мг/л флокулянта удаляются нефтепродукты и взвешенные вещества на 70 и 75 %.

Исследовались эффективность очистки стоков при использовании пяти видов алюмо- или железосодержащих коагулянтов, шести видов катионных и анионных флокулянтов, в том числе при одновременном их применении; степень уплотнения различных видов осадков в трехсекционном уплотнителе с применением реагентов и отделением нефтепродуктов и осветленной воды.

Во время промышленных испытаний реагентов при непрерывной (20 дней) работе очистных сооружений производительностью 2700-3400 м<sup>3</sup>/ч для обработки стоков, прошедших нефтеловушки (содержание нефтепродуктов 40-500 мг/л, фенолов 1-7 мг/л, периодически их содержание составляло 17-25 мг/л, ХПК 80-900 мг/л, БПК 100-600 мг/л), применялись коагулянт АВР и флокулянт А-321, выпускаемые фирмой «Кемира» (Финляндия). Подача их растворов производилась перед отстойниками в трубопровод сточной воды на расстоянии 0,5 км от распределительной камеры со временем пребывания жидкости в нем 6-5 мин (I вариант), а подача реагентов - непосредственно в распределительную камеру со временем пребывания 0,6 мин (II вариант). Доза коагулянта составляла 2,5-9 мг/л по оксиду металла, флокулянта - 0.3 мг/л.

Ввод реагентов по I варианту (доза коагулянта и флокулянта 4 и 0,3 мг/л) обеспечивает удаление нефтепродуктов на 60 %, снижение ХПК - на 80 %. При сокращении времени гидравлического перемешивания в трубопроводе до 0.6 мин эффективность существенно снижается и составляет по нефтепродуктам 42 %, по ХПК -30%.

Для сравнения отметим, что без реагентов эффективность удаления нефтепродуктов в отстойниках составляет 25 %. ХПК - 20 %. Отсутствие реагентов на стадии отстаивания приводит к нестабильным показателям очистки воды на последующих стадиях.

Так, на пмпеллерной флотации коэффициент неравномерности поступления загрязнений составил по нефтепродуктам 9,9; ХПК - 4.4. Использование реагентов при отстаивании обеспечивает снижение этих величин до 1,5 и 2,3; кроме того, сокращается в 1,5-2,5 раза расход флокулянта, применяемого на флотоустановках. без снижения эффекта очистки.

Реагентное отстаивание обеспечивает удаление органических веществ, в том числе нефтепродуктов, находящихся в эмульгированном и коллоидном состоянии, наиболее трудно окисляющихся в аэротенках. Остающиеся в растворенном состоянии после реагентного отстаивания органические вещества легче обезвреживаются в этих сооружениях, что снижает БПК на 25-30 % без изменения режима работы аэротенков; время пребывания стоков в них, как и ранее, составляет 5 ч. При этом достигаются более глубокое удаление фенола и оптимальное значение рН. При отсутствии реагентов в аэротенке наблюдается непостоянство величин рН, содержания нефтепродуктов и т. д.

Извлечение на стадии реагентной обработки до 50 % веществ, определяемых величиной ХПК, для обезвреживания которых при биологической очистке требуется в 3-4 раза больше энергозатрат, определяет схему дальнейшей обработки сточных вод. Известно, что 1 кВт энергии, затрачиваемой на производство и применение реагента, обеспечивает извлечение из воды ХПК около 10 кг, что в несколько раз выше, чем при биологической очистке при таких же затратах электроэнергии. Исследование качества ила аэротенков показало изменение его реологических свойств, увеличение прочностных свойств и степени окисления в регенераторе, а также увеличение в 1,5 раза концентрации активного ила. Вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников сокращается при этом на 25-40 %. Таким образом, при применении реагентов в схеме очистных сооружений в стоках, направляемых на доочистку в городскую канализацию, снижено содержание нефтепродуктов, ХПК, БПК и т. д.

Технология и установка по очистке грунта от нефти и нефтепродуктов.

Технология предназначена [68] для очистки различных грунтов от нефти и нефтепродуктов. Возможно применение для извлечения битумов из нефтеносных песков.

Используемый в технологии способ виброкавитационной экстракции обеспечивает высокую степень очистки грунта (остаточная концентрация загрязнений не более 1% масс.), при высокой производительности процесса и компактности оборудования.

Технология является безотходной и экологически чистой. Получаемый в результате очистки грунт может быть использован для рекультивации.

Новизна предлагаемого способа состоит в использовании специального экстрактора, обладающего высокой производительностью и эффективностью экстракции, а также специального узла разделения, позволяющего отделить грунт от нефти и нефтепродуктов, причем отделяемая нефть может быть повторно использована как топливо, для переработки и т.п.

В сравнении с существующими технологиями, например, с методом очистки грунта фирмы TNO Environmental and Energy Research, данная технология обеспечивает снижение эксплуатационных затрат в 3-4 раза и снижение капитальных затрат в 10 раз.

Кроме того, на базе данной технологии возможно создание передвижной очистной установки, что позволяет использовать ее при ликвидации аварий на нефтепромыслах и нефтепроводах и т.п.

Существенным достоинством метода является то, что извлекаемые из грунта нефтепродукты можно использовать повторно.

Имеется патент Российской Федерации.

Сущность технологии состоит в использовании процесса интенсивной экстракции с помощью различных экстрагентов (вода, нефть, углеводороды) в специальном экстракторе для извлечения загрязнений с последующим разделением пульпы на чистый песок (грунт) и извлеченную нефть (нефтепродукты).

Установка имеет производительность - 1 тонна загрязненного грунта в час.

Отработана технология очистки с различными экстрагентами.

Расход материалов составляет 200 кг воды на 1 тонну исходного грунта. При этом достигается степень очистки не менее 99%.

Затраты электроэнергии составляют 10 квт/час.

Вес установки не более 2,5 тонн.

Установка имеет модульную конструкцию, причем тип модуля и их количество определяется в зависимости от типа и степени загрязненности.

Габаритные размеры модуля установки:

Ширина не более 2 м,

длина не более 2 м,

высота не более 3 м,

Установка может быть размещена в обычном 20-футовом контейнере.

При необходимости могут быть созданы установки производительностью 5, 10, 20 тонн грунта в час в зависимости от желания заказчика (потребителя).

При проведении работ на морском побережье в качестве экстрагента может быть использована пресная или соленая (морская) вода.

### **3.1. Очистка нефтесодержащих сточных вод на железных дорогах Европы.**

В программах реформирования железных дорог многих стран большое внимание уделяется вопросам экологии, в том числе моечным установкам и системам очистки сточных вод.[27]

Во время движения и на стоянках подвижной состав подвергается воздействию различных загрязнителей, в том числе медной пыли от истирания контактного провода, продуктов износа тормозных накладок, смазок, дизельного топлива и пр.

Современные моечные установки и очистки вод во многом определяют технический уровень железных дорог. На станции Котбус построена одна из самых современных моечных установок. Суточная производительность ее составляет 30 пассажирских поездов. Система очистки сточных вод для нее была заказана фирме Enviro-Chemie Wasser und Abwassertechnik, которая имеет многолетний опыт разработки и строительства сооружений водоподготовки и водоочистки различных типов не только для железных дорог, но и для аэропортов.

Технические данные системы очистки сточных вод на станции Котбус

Способ эксплуатации                      непрерывная циркуляция

Производительность циркуляции, м<sup>3</sup>/ч 10 — 35

Производительность процесса фильтрации и физико-химической очистки, м<sup>3</sup>/ч 2

Система автоматизации SPS

На моечной установке поезда проходят обработку в несколько этапов. Сточные воды, образующиеся на каждом из этих этапов, поступают в отдельные накопители и затем, в зависимости от степени загрязнения, обрабатываются раздельно (рис.24)

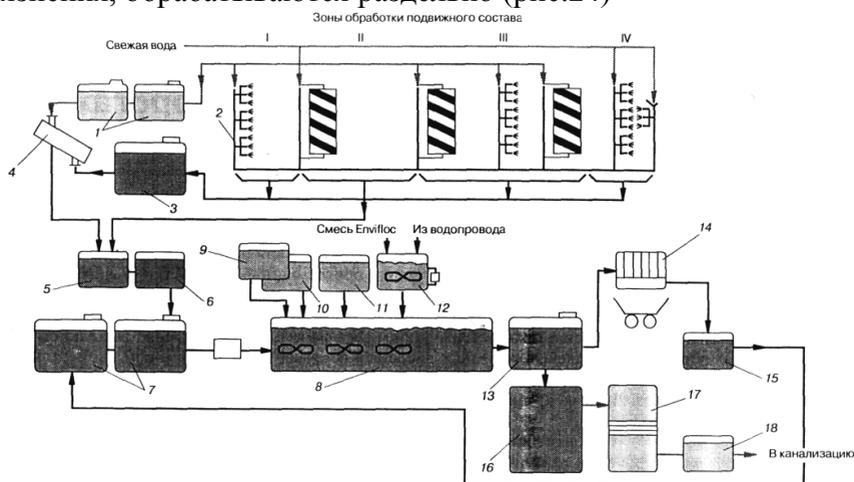


Рис. 24. Схема моечной установки и системы очистки сточных вод на станции Котбус:

1 — подготовка воды для повторного использования; 2 — моечная установка для пассажирских поездов; 3 — накопительная емкость воды, подготовленной для повторного использования; 4 — фильтр; 5 — насос для шлама; 6 — емкость для сбора шлама; 7 — сборная емкость для сточных вод; 8 — установка очистки ENVI-COL-EX-WASH; 9 — соляная кислота; 10 — треххлористое железо; 11 — известковое молоко; 12 — дозатор; 13 — осадитель шлама; 14 — фильтр для обезвоживания осадка; 15, 16 — насосные установки; 17 — фильтр тонкой очистки; 18 — выходной контроль; I — зона подачи холодной или горячей воды (в зависимости от сезона); II — нанесение моющих средств и обработка щетками поверхностей подвижного состава; III — обработка щетками с подачей воды; IV — ополаскивание чистой водой

Промывочные воды, загрязненные взвешенными веществами из зон II и III, где применяются щетки, предварительно пропускаются через автоматические самоочищающиеся установки, где осаживаются крупные загрязнения. Очищенная вода может быть повторно

возвращена на моечную установку. Это позволяет примерно 80 % воды использовать повторно и соответственно снизить потребление свежей воды.

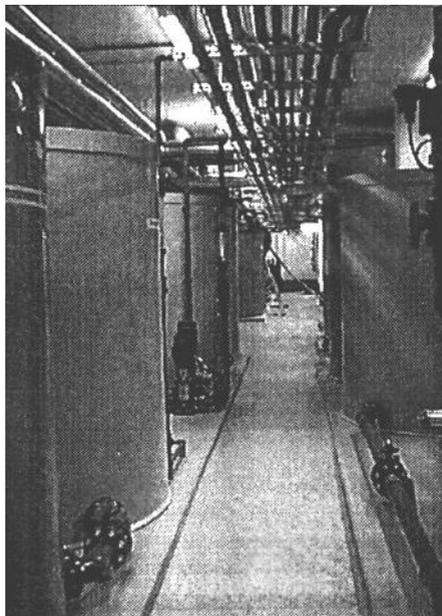
Если вода содержит моющие средства, она направляется на установку непрерывного действия, работающую по технологии ENVI-COL-EX-WASH. Эта технология позволяет выделить из воды не только загрязнения, типичные для железных дорог, но также и ионы тяжелых металлов. Применение специальной регулирующей и измерительной аппаратуры позволяет достичь высокой степени совместимости процессов мойки и очистки сточных вод, что позволяет за счет правильной дозировки экономить моющие средства, применяемые при мойке. При этом сбрасываемые в канализацию воды по своему составу отвечают всем требованиям соответствующих контрольных служб.

Еще более крупная система очистки, разработанная фирмой Enviro-Chemie для обмывочной установки в Мюнхене с суточной производительностью 80 поездов, сдана в эксплуатацию в мае 2000г

Очистные сооружения фирмы Enviro-Chemie для частной железной дороги Bodensee-Toggenburgbahn в Швейцарии на станции Херизау позволяют обрабатывать два потока сточных вод: с моечной установки и из депо. При проектировании здесь также исходили из условий применения системы очистки на моечной установке с полностью автоматизированным рабочим процессом. Одним из важных требований было обеспечение оптимального повторного использования технической воды.

Оба потока воды обрабатываются отдельно. Для каждого из них предусмотрена специальная технология. Одна линия работает в проточном режиме, вторая — в периодическом (рис.25). На проточную поступают малозагрязненные сточные воды, которые механически очищаются от примесей и возвращаются для повторного использования, и сильно загрязненные кислые, собираемые в накопительную емкость. Загрязненная кислотами вода после предварительной нейтрализации щелочью подается на двухслойные фильтры и затем сбрасывается в канализацию. Часть ее используется для обратной промывки фильтров, после чего с большим количеством загрязнений направляется в накопительную емкость второй линии, работающей в периодическом режиме. В эту же емкость поступают из

депо загрязненные нефтепродуктами сточные воды, имеющие щелочную реакцию.



*Рис. 25. Внешний вид очистных сооружений*

После физико-химической обработки сточная вода с щелочной реакцией дополнительно нейтрализуется путем смешивания с кислыми стоками и добавочными реагентами, а затем сбрасывается в канализацию. Проектные характеристики очистных сооружений на станции Херизау

Производительность линий, м<sup>3</sup>/сут:

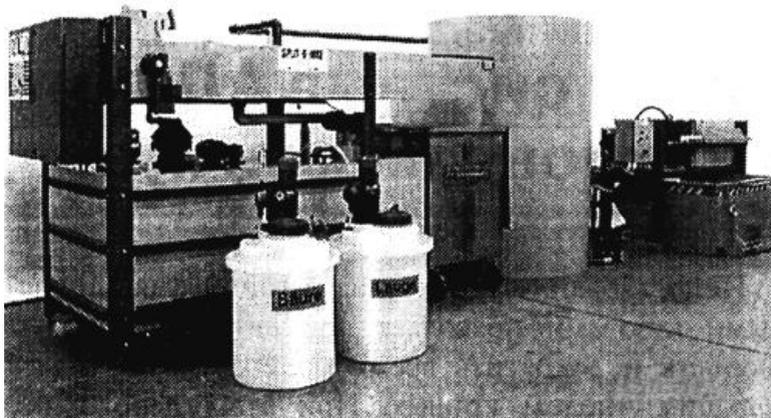
    проточной                               48

    периодической                       18

Система автоматизации               SPS

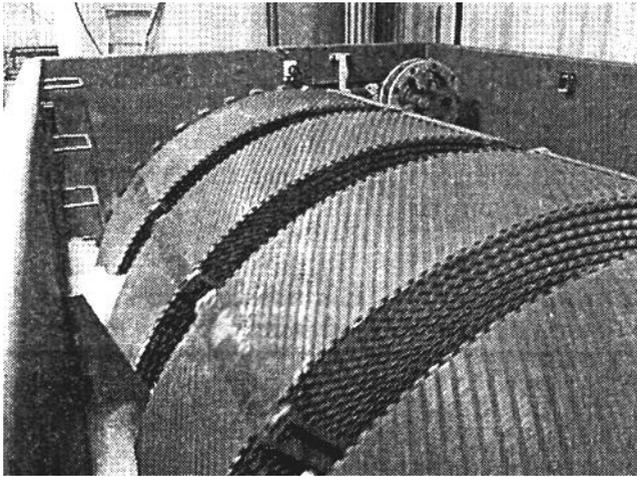
Для пункта промывки цистерн на станции Рейс-сен в Нидерландах, состоящего из двух моечных установок, фирма Enviro-Chemie разработала очистные сооружения с двухэтапной технологией. На одной моечной установке образуются стоки, которые содержат остатки перевозимых жидкостей (жирных кислот, масел, парафинов, смол, щелочей, моющих средств и т. д.). Этот поток первоначально направляется в накопительную емкость, в которой происходит тщательное перемешивание. После этого он поступает в

маслосепаратор, где отделяются нерастворенные нефтепродукты. Отсюда сточные воды дозированно подаются на физико-химическую очистку в серийную установку SPLIT-O-MAT® SOM. На этой стадии очистки при добавлении специальной смеси, состоящей из коагулянтов, флокулянтов, осадителей и т. д., происходит образование нерастворимых осадков. Здесь же образующийся осадок обезвоживают, подавая его на специальную фильтровальную ткань (рис.26).



*Рис. 26. Автоматизированная установка SPLIT-O-MAT® SOM для физико-химической обработки*

Очищенная таким образом вода попадает в промежуточный накопитель, куда подаются также сточные воды из второй моечной установки. После перемешивания (усреднения) вода поступает на биологическую очистку с применением специально разработанной технологии BIOMAR® ОТВ. Особенности ее являются наличие специального носителя биомассы и интенсивная аэрация сточной воды без применения воздуходувок. После ступени биологической очистки вода проходит через фильтры и сбрасывается в открытый водоем (рис.27).



*Рис. 27. Биологическая обработка сточных вод на автоматизированной установке BIOMAR® OTB 1000*

Технические данные системы очистки сточных вод установки для промывки цистерн

Производительность очистки, м <sup>3</sup> /сут:	
физико-химической	12
биологической	15
Потребность в производственных площадях, м <sup>2</sup>	90
Удельная потребляемая мощность, кВт/м <sup>3</sup>	1,2
Система автоматизации	SPS

Для железных дорог не менее важной в экологическом отношении является проблема очистки бытовых стоков вокзалов, а также кафе и ресторанов, расположенных в зоне станций. Для главного вокзала Франкфурта-на-Майне еще в 1998 г. эта тема была чрезвычайно актуальной. В большой степени это было обусловлено особо жесткими требованиями к качеству очистки сточных вод, сбрасываемых в городскую канализацию.

В настоящее время вокзал имеет собственные очистные сооружения, куда от двенадцати кафе и ресторанов поступают сточные воды, загрязненные пищевыми отходами, жирами и другими сложными загрязнителями. Для этого стока фирмой Enviro-Chemie применена запатентованная технология известково-мыльной обработки. Очистные сооружения работают в непрерывном автоматическом режиме. Затраты труда на их обслуживание

составляют 5 - 2 чел.-ч/сут. Основные компоненты очистных сооружений:

- отстойник для осаждения крупных частиц;
- жироуловитель;
- усреднитель-смеситель;
- реактор;
- высокопроизводительный полочный отстойник;
- участок подготовки осадков к утилизации;
- установка конечной нейтрализации;
- выходной колодец.

Благодаря добавлению реагентов находящиеся в воде загрязнения связываются в известковое мыло, которое хорошо осаждается и обезвоживается. Осадок не имеет запаха, что особенно важно при очистке сточных вод, содержащих пищевые отходы. Обезвоженный осадок можно использовать в строительстве и сельском хозяйстве. Производительность физико-химической очистки составляет  $70 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

В 1999—2002 гг. Северо-Восточный Научный Центр НАМ Украины осуществил разработку и освоение замкнутых систем водоснабжения на участках мойки транспортных средств на ряде объектов ЮЖД [28].

Мойка транспортных средств осуществляется постоянно в процессе эксплуатации и перед проведением ремонтных работ. Расход воды на единицу транспортного средства может составлять от десятков литров до десятков кубометров. Например, на мойку железнодорожного транспорта только по городу Харькову этот расход превышает миллион метров кубических воды в год. Около 95% из них, в виде сточных вод, сбрасывается в систему канализации.

Сточные воды загрязнены в основном взвешенными веществами и нефтепродуктами. При мойке грузового транспорта в них попадают остатки перевозимых веществ.

Северо-Восточный Научный Центр НАН Украины совместно с НПФ «Технология» разработали ряд установок для очистки сточных вод в системах оборотного водоснабжения участков мойки транспортных средств. Их производительность от 5 до  $150 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Технологическая схема и аппаратурное оформление установок предусматривает выполнение следующих процессов:

- очистку сточных вод до требуемых нормативов;
- выделение из сточных вод нефтепродуктов;
- сбор нефтепродуктов с поверхности очистных сооружений;
- откачку собранных нефтепродуктов в сборную емкость;
- обезвоживание нефтепродуктов (масел), извлекаемых на очистных сооружениях;
- удаление взвешенных веществ из сточных вод;
- откачку шламовой пульпы;
- обезвоживание шлама, извлекаемого из очистных сооружений.

Технологические схемы и состав оборудования

Технологических схем разработано несколько в зависимости от состава сточных вод и требуемой степени очистки. Их можно разделить на три основных типа для очистки стоков:

1.С повышенным содержанием нефтепродуктов и взвешенных веществ при относительно низких требованиях к степени очистки. Схема предусматривает двухступенчатое отстаивание, на тонкослойных отстойниках и может быть использована для очистки сточных вод, поступающих от мойки цистерн.

2.Со средними показателями загрязненности и высокой степенью очистки оборотной воды. Предусмотрено отстаивание на тонкослойном отстойнике и очистку на механическом фильтре. Применяется в системах мойки грузового железнодорожного и автомобильного транспорта на дизельном топливе.

3.Сточных вод, содержащих свинец, или при использовании в процессе мойки СПАВ. Технологическая схема включает: электрокоагулятор (флотатор), отстаивание на тонкослойном отстойнике, доочистку на механическом фильтре. Схема применяется в очистных сооружениях участков мойки автотранспорта с бензиновыми двигателями и пассажирских железнодорожных вагонов.

В технологических схемах, разработанных СВНЦ НАНУ, используется следующее оборудование:

Тонкослойные отстойники. Применяются для первой или второй ступени очистки. Межполочное расстояние в тонкослойных модулях двух размеров - нормальное и увеличенное, в зависимости от ступени очистки Тонкослойные блоки установлены V-образно с

уклоном к общему шламовому приемнику. Угол наклона блоков 45° Система удаления шлама предусматривает возможность рециркуляции, что увеличивает эффективность процесса очистки. Удаление шлама производится эрлифтными установками.

Скорые механические фильтры с загрузкой кварцевым песком применяются для доочистки оборотной воды на второй ступени. Они в основном безнапорные, т. к. использование напорных фильтров не исключает применение дополнительной перекачки. Электрокоагулятор (электрофлотатор) со стальными растворимыми электродами. Используются для коагуляции (флотации) мелкодисперсных загрязнений сточных вод. Кроме того, коагулятор способствует очистке оборотной воды от соединений свинца и обеззараживанию.

Нефтесорбные устройства эжекционного типа. В зависимости от местных условий применяются паровые или воздушные эжекторы. Они являются источниками вакуума для нефтесорбных устройств. Шламоуплотнитель со сменными кассетами применяется для уплотнения и обезвоживания шлама. Для обезвоживания кассеты оборудованы дренажными трубами с фильтротканью, а для снижения влажности шлама применяется вакуумирование. Очистное оборудование изготовлено индивидуально по чертежам, разработанным НПФ «Технология». Тонкослойные отстойники разработаны шести типоразмеров. Необходимость разработки индивидуального оборудования возникла в связи со строительством очистных сооружений в условиях действующего производства на ограниченных площадях.

Очистное оборудование простое в изготовлении, не требует применения сложной технологической оснастки и может легко производиться хозспособом. На основании результатов пусконаладочных работ была проведена модернизация оборудования для повышения эксплуатационных характеристик.

Результаты эксплуатации установок

В настоящее время пущено в работу четыре установки и пять находятся в стадии строительства. Эксплуатируются следующие очистные сооружения оборотного:

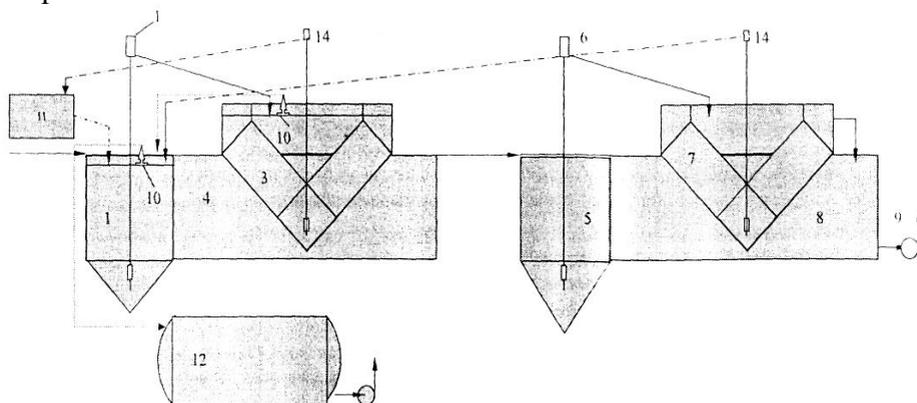
- водоснабжение станции промывки цистерн ст. Кагамлыкская ЮЖД:

- цикла участка мойки тележек вагонного депо Основа;
- цикла участка мойки локомотивов и оборудования ст. Гребенка — 2 установки.

Очистные сооружения оборотных систем водоснабжения ст. Кагамлыкская и вагонного депо Основа находятся в эксплуатации более года. Во время проведения пусконаладочных работ были выявлены узкие места и выполнены мероприятия по их устранению. Основная масса трудностей при эксплуатации возникала в организационных вопросах и в плане бесперебойного снабжения энергоресурсами.

Разработанные технологические схемы и нестандартное оборудование были опробованы в условиях действующего производства, показали высокую эффективность и надежность. Претензий к качеству очищенной воды не возникало ни на одной установке. Для примера приводится краткое описание системы оборотного водоснабжения ППС ст. Кагамлыкская (рис. 28)

В процессе подготовки цистерн к наливу нефтепродуктов, или проведению ремонтных работ используется большое количество воды и пара.



1, 6 — приемная камера 1 ступени; 2 — эрлифтная установка; 3 — тонкослойный отстойник 1 ступени; 4 — промежуточная емкость; 5 — приемная камера 2 ступени; 7 — отстойник 2 ступени; 8 — приемная камера очищенной воды; 9 — насос очищенной воды; 10 — нефтесборные устройства; 11 — шламоуплотнитель; 12 — сборник нефтепродуктов; 13 — насос нефтепродуктов.

Условные обозначения:  
 ————— Вода.  
 - - - - - Шламная пульпа.  
 ..... Нефтепродукты.

*Рис.28. Технологическая схема очистки сточных вод с высоким содержанием нефтепродуктов в системе оборотного водоснабжения ППС ст. Кагамлыкская*

При подготовке одной цистерны может образовываться до 20 м<sup>3</sup> сточных вод. Количество нефтепродуктов в сточных водах колеблется в больших пределах и, в некоторых случаях, достигает 20 %. Сброс воды с таким содержанием нефтепродуктов запрещен даже в промканализацию.

Сточные воды поступают в приемную камеру очистных сооружений где происходит отделение не смешавшихся нефтепродуктов. Далее стоки, эрлифтной установкой подаются на первую ступень очистки — отстойник с тонкослойными модулями. Осветленная вода поступает в промежуточную емкость, где предусмотрена возможность аэрации стоков. Из промежуточной емкости вода, эрлифтными установками, подается на вторую ступень тонкослойного отстаивания. Очищенная вода, после второй ступени, подается в аккумулирующие расходные баки.

Сеть железных дорог Украины размещена на наименее водообеспеченной в Европе территории [1]. Поверхностный сток неравномерно распределяется по времени и площади. На Донецко-Приднепровский и Южный регионы Украины, в которых размещены наиболее водоемкие отрасли промышленности, а также три крупные железные дороги и где проживает около 60 % населения страны, приходится менее одной трети стока. Шестью железными дорогами Украины потребляется около 300 млн м<sup>3</sup> воды в год. На производственные нужды расходуется примерно 42 %, на хозяйственно-питьевые — 50 % воды. Общий сброс в природные водоемы составляет порядка 40 млн м<sup>3</sup> в год, в городскую канализационную сеть — около 50 млн м<sup>3</sup> в год.(прилож.11)

Количество образующихся производственных сточных вод (м<sup>3</sup>/сут) сравнительно невелико:

Локомотивные депо	100...1000
Вагонные депо	50...1200
Ремонтные заводы	300...2000
Промывночно-пропарочные станции	500...2000
Пункты обмывки пассажирских вагонов	100... 1000
Пункты подготовки грузовых вагонов	50...500
Шпалопропиточные заводы	100...150

Дезинфекционно-промывочные пункты	50...400
Малые железнодорожные станции	50. ..80
Крупные станции с локомотивным (вагонным) депо	до 700
Узловые станции	до 1400

Примерно 50...60 % сточных вод являются условно чистыми, а остальные загрязнены отходами производства. Характерной для железнодорожного транспорта является повышенная доля сброса производственных сточных вод при увеличении общего расхода суточного водоотведения. Например, на станциях с суточным расходом 600.. .700 м<sup>3</sup> на производственные стоки приходится в среднем 70 % общего водоотведения.

Анализ работы ряда объектов показывает наличие неорганизованного и неучтенного сброса стоков в естественные понижения рельефа местности и во временные поверхностные водотоки. Обследование показало, что из 78 локомотивных депо очистными сооружениями оборудованы 59 %, флотаторами и отстойниками — 45, нефтеловушками — 23, станциями биоочистки — лишь 5 %. Средствами доочистки до ПДК оснащены лишь 20 % объектов. Степень загрязнения сточных вод локомотивных и вагонных депо показана в табл. 17.

При этом в горканализацию сбрасываются без очистки примерно 70...80 % сточных вод, а в водоемы — 20...40 %. В каждом депо сточные воды по содержанию нефтепродуктов превышают ПДК в десятки раз. Но даже эти показатели определены приблизительно и существенно занижены, так как химические лаборатории имеются не у всех дирекций железных дорог по перевозке.

Среди всех загрязняющих веществ наибольшие суммы выплачивают за загрязнение воды нефтепродуктами — 47,6 %, что соответствует их токсическому воздействию на водные ресурсы. В связи с этим на решении проблемы очистки сточных вод от нефтепродуктов и должны быть сосредоточены усилия транспортных предприятий. Исключить вредное воздействие стоков железнодорожного транспорта на водную среду можно

путем изменения технологии производства, улучшения работы существующих очистных сооружений, применения новейших технологий очистки сточных вод. В частности, заслуживают внимания новые технологии и оборудование, предлагаемые в Украине для очистки нефтесодержащих стоков. Это, например, технологии, разработанные предприятием «Комплект — Экология — Украина» (КЭУ), г. Днепропетровск. Оборудование, выпускаемое этим предприятием, на территории стран СНГ и Балтии начали устанавливать с 1991 г. В настоящее время такое оборудование успешно работает более чем на 200 объектах указанных стран. Материалы и оборудование, применяемые для изготовления установок и станций, отвечают мировым стандартам для данного класса оборудования, как по качеству, так и по антикоррозионным свойствам. Ведущая международная консультативная корпорация CH2MHILL (США), специализирующаяся на предоставлении услуг в сфере экологии, привлекла вышеназванное предприятие к реконструкции крупных очистных сооружений на объектах России с использованием оборудования и технологий предприятия.

Установки типа ВL и КВL (заглубленного и контейнерного типа), предлагаемые предприятием КЭУ, обеспечивают высокое качество и эффективность очистки — до нормативов, определенных законодательством Украины.

В случае повышенных требований к очищенной воде необходимо устанавливать дополнительно блоки доочистки, которые обеспечивают очистку воды до любых требуемых норм.

Установка ВL рис.29 представляет собой блок емкостей с утепленными крышками. Технология очистки основывается на использовании тонкослойного («ламинарного») отстаивания загрязненной воды, что позволяет эффективно сепарировать нефтепродукты и взвешенные вещества. Пленку нефтепродуктов на поверхности воды сорбируют специальные плавающие боны.

Глубокая очистка происходит на двухступенчатом фильтре со специальным сорбентом. Устойчивая работа установки обеспечивается при изменении расхода загрязненной воды от 20 до

120 % от номинального и при изменении концентрации до 100 % от номинальной.

Выпускаются установки производительностью от 1 до 20 л/сек.

Технические характеристики оборудования КЭУ

Площадь, занимаемая установкой 4...35 м<sup>2</sup>

Потребление электроэнергии:

VL 0,4...1,5 кВт

KVL 0,4...1,5 кВт

Эффективность очистки:

по взвешенным веществам (ВВ) 3 мг/л

по нефтепродуктам (НП) 0,05 мг/л

Установки типа KVL — надземные, контейнерного типа с теплоизолирующими стенками и аварийным кабельным подогревом. Блок емкостей разделен внутренними перегородками на отстойник, фильтр первой ступени и фильтр второй ступени.

Такая система позволяет обеспечить высокую степень очистки сточных вод.

Обслуживать установки могут специалисты невысокой квалификации и не постоянно, а периодически.

Осадок в отстойнике по своему составу близок к осадкам в первичных отстойниках на станциях аэрации коммунальных сточных вод. Периодически (2—4 раза в сезон) с помощью специального транспорта осадок удаляется из конусов отстойников и вывозится на ближайшую станцию очистки сточных вод для совместной переработки с осадками первичных отстойников.

Регенерацию пористых пластмассовых фильтров, а также регенерацию и замену сорбента осуществляет предприятие КЭУ по отдельным договорам.

Утилизация нефтепродуктов производится после удаления их с поверхности отстойника в емкость-накопитель (нефтеулавливатель) автоматически. Собранные нефтепродукты 2-3 раза в год вывозятся на регенерацию или сжигаются в котельных, работающих на жидком топливе.

Функционирование установок не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Работа оператора сводится, главным образом, к контролю за накоплением нефтепродуктов, осадков, засоренностью фильтров, своевременной организации их удаления и замены.

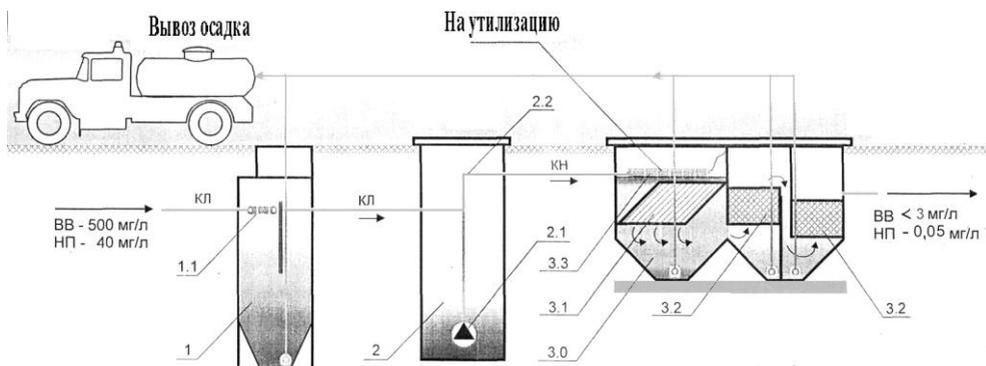


Рис. 29. Технологическая схема очистки стока поверхностных вод на установке ВЛ

1. Песколовка 1.1 Нефтесорбирующий бон 2. Насосная  
 2.1 Насос 2.2 Комплект трубопроводов 3. Установка ВЛ  
 3.1 Тонкослойный модуль 3.2 Кассеты фильтров  
 3.3 Нефтесорбирующий бон

Значительный интерес для железнодорожных объектов представляют установки обратного водоснабжения, предназначенные для мойки автомобилей, подвижного состава, строительной техники и оборудования и для источников системы охлаждения.

Установки типа АУИ производительностью от 0,5 до 10 м<sup>3</sup>, отличаются высокой степенью очистки, простотой и надежностью в эксплуатации, компактны, требуют минимальных затрат на монтаж и незначительных эксплуатационных издержек. Эффективность работы установки показана в табл. 18

Предварительная очистка воды, поступающей с мойки в установку, осуществляется в песколовке и нефтеулавливателе. Сточные воды подаются на установку автоматически из насосной

станции. Установка представляет собой емкость -моноблок, оборудованную мембранными аэраторами, загруженными специальным пластиковым наполнителем. Процесс очистки осуществляется одним из способов биоценоза (прикреплением микроорганизмов). Глубокая очистка происходит в фильтре со специальным сорбентом. Для скорейшего достижения эффекта очистки при запуске установки используются специальный био-препарат и пеногаситель. Устойчивая работа обеспечивается при изменении расхода загрязненной воды в пределах 20...120 % от номинального, при изменении концентраций загрязнений в воде от 25 до 100 % от номинальных.

Процесс биологической очистки обеспечивает разложение трудноокисляемых органических соединений: углеводов и СПАВ, а также дезодорацию оборотной воды.

При работе установки загрязненная вода стекает в открытую траншейную песколовку. Последняя сверху закрывается решеткой с ячейками не менее 20x20 мм, на которой задерживается крупный мусор. Песок по мере накопления периодически удаляется вручную. В колодец за песколовкой вводится специальный биопрепарат, а в насосную добавляется дозами коагулянт.

Подача воды из колодца на установку производится автоматическим фекальным насосом. Трубопроводная обвязка насоса позволяет за счет использования сбросного трубопровода и арматуры регулировать оптимальную (расчетную) подачу воды на реактор.

Очистка воды осуществляется универсальным реактором, представляющим собой цилиндрический аэрируемый резервуар с конусом внизу, в который загружаются пластмассовые пластины. В составе этого реактора имеется встроенный тонкослойный сепаратор-отстойник. Реактор может работать в следующих режимах: химическая очистка с использованием коагулянта марки KES-7; биологическая очистка осуществляется способом биоценоза с использованием биопрепарата ВИСЕМ-1008 FS; биохимическая очистка с одновременным использованием упомянутых коагулянта и биопрепарата. Глубокая очистка осуществляется на фильтре

специальным сорбентом. Для утилизации осадка он из конусной части реактора сбрасывается в передвижную установку обезвоживания. Обезвоженный осадок вывозится на свалку. В установке типа АUI-1 количество осадка при влажности 70% составляет 0,5...0,8 м<sup>3</sup>/год.

Замена сорбента осуществляется примерно один раз в год путем замены кассет фильтра с сорбентом. Поставку кассет гарантирует предприятие КЭУ.

Нефтепродукты при их утилизации связываются коагулянтom и выводятся с осадком, а при биологической очистке разрушаются за счет ферментизации и сорбции с использованием одного из видов процесса биоценоза — биоценоза микроорганизмов. Небольшая их часть (примерно 2...5 %) удерживается сорбентом фильтра.

В процессе эксплуатации установки не требуется постоянное присутствие обслуживающего персонала. Работа оператора сводится, главным образом, к контролю за накоплением нефтепродуктов и осадка, за засоренностью фильтра и к своевременному удалению осадка и замены фильтра.

При пусконаладочных работах устанавливается оптимальная степень использования коагулянта и биопрепарата. Подпитку системы оборотного водоснабжения необходимо осуществлять умягченной водой. Расчетный срок работы элементов фильтра — 1 год. Комплект биопрепарата и коагулянта рассчитан на 1 год работы установки.

Промышленные стоки в локо-мотивных депо характеризуются непостоянством поступления и высоким содержанием нефтепродуктов. Так, в условиях Мелитопольского локомотивного депо колебание интенсивности стока составляет от 3,5 до 8,5 м<sup>3</sup>/ч а содержание нефтепродуктов — от 12 до 150 г/м<sup>3</sup> и выше: [106] Очистка, как правило, производится на промышленных флотаторах различной производительности. Согласно паспортным данным, флотатор может обеспечить, перед выпуском в городской канализационный коллектор, очистку стоков от нефтепродуктов, смол, мелкой минеральной взвеси на 95%. Остальные вредные

вещества, находящиеся в стоках, такие, как азот аммонийный, железо, фосфаты и др., флотационной установкой не улавливается.

Для достижения заданных горводоканалом предельно допустимых концентраций вредных веществ в стоках сотрудниками депо разработана и изготовлена на базе флотационной установки станция водоочистки. Принципиально новым в схеме очистки стоков является применение озono-воздушной смеси, получаемой в генераторе озона, изготовленном по нестандартной технологии в условиях депо.

Генератор озона работает на принципе "тихого" разряда при рабочем напряжении 13... 15 кВ и представляет собой трубчатый аппарат, где в качестве барьера использованы трубки из стекла "Пирекс" диаметром 10 мм. Электродами высокого напряжения служат алюминиевые стержни диаметром 5,5...6,0 мм. Трубчатые элементы ("земля") размещены в стальном корпусе генератора озона. Все разрядные зазоры между электродами и барьером не превышают 4 мм. Основными элементами генератора озона являются электроразрядные модули (рис. 30), которых в корпусе насчитывается 22 шт.

Станция водоочистки, технологическая схема которой показана на рис. 31 запущена в опытно-промышленную эксплуатацию. Она состоит из систем предварительной механической очистки от взвешенных частиц и нефтепродуктов (с максимальной их утилизацией) и химической окончательной очистки от остальных окисляемых вредных веществ.

В систему механической очистки стоков (Рис.31) входят хвостовой отстойник ХО, механический фильтр Ф, щелевой нефтесборник СН-1 и сепаратор нефтепродуктов (флорентина ФЛ).

Система химической очистки помимо флотатора ФИТ содержит оборудование для окисления вредных веществ озono-воздушной смесью: генераторы озона О-1, О-2, осушитель озono-воздушной смеси (адсорбер) АдК, контактный аппарат КА, абсорбционную колонну АК и форконтактный бак ФКБ.

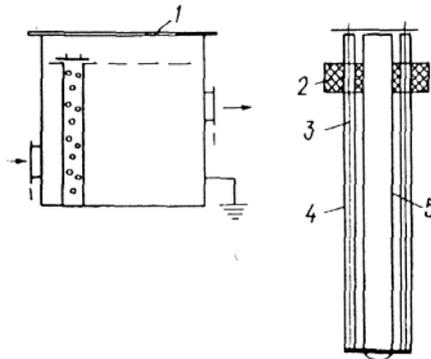


Рис.30. Схема электроразрядного модуля:

1 — генератор озона; 2 — текстолит; 3 — электрод; 4 — стеклянная трубка; 5 — стальная труба.

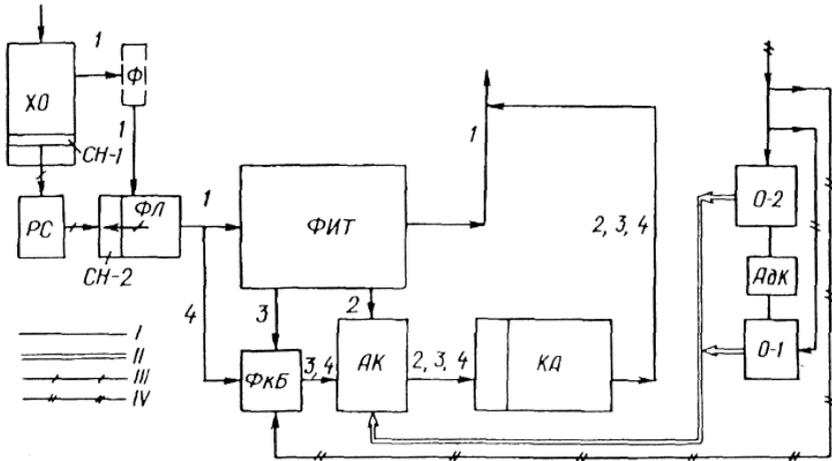


Рис. 31. Блок-схема станции водоочистки:

1 - 4 — варианты потоков (охарактеризованы в тексте); / — производственные стоки; // — озоновая смесь; /// — нефтепродукты; IV — воздух.

Очистка стоков от вредных примесей осуществляется следующим образом.

Из последнего канализационного колодца стоки поступают в хвостовой отстойник, где находящиеся в них тяжёлые частицы оседают, а лёгкие вещества совместно со стоками и

эмульгированными нефтепродуктами перекачиваются насосом на механический фильтр. Отфильтрованные через гидроциклон и джутовую ткань стоки поступают в сепаратор непрерывного действия ФЛ и отстаиваются 10...15 мин. Плёнка нефтепродуктов, которая образуется в сепараторе, непрерывно перетекает в накопитель СН-2, а предварительно очищенная вода через гидрозатвор перетекает в водозаборную камеру (усреднитель).

В хвостовом отстойнике собирается слой нефтепродуктов. По мере его накопления в результате длительного контакта с водой происходят процессы гидролиза и эмульгирования с образованием шлама и уменьшением светлого слоя воды. Для периодического удаления накопившегося слоя нефтепродуктов в хвостовом отстойнике установлен на регламентированном верхнем уровне стоков щелевой нефтесборник СН-1, соединённый трубопроводом с фазоразделительным сосудом РС, в котором с помощью воздушного эжектора создаётся необходимое разрежение для подъёма в него нефтепродуктов из щелевого нефтесборника. Воздух в эжектор поддаётся из воздушной магистрали депо. После заполнения фазоразделительного сосуда нефтепродуктами и отделения их от воздуха последние сливают в накопитель СН-2.

Предварительно очищенные стоки из усреднителя подаются насосом в агрегаты для химической очистки. В зависимости от загрязнённости возможны четыре варианта потока (рис.31)

- 1) через флотатор;
- 2) через флотатор, абсорбционную колонну и контактный аппарат;
- 3) через флотатор, форконтактный аппарат, абсорбционную колонну и контактный аппарат;
- 4) через те же аппараты, что и в варианте 3, кроме флотатора. Для интенсификации очистки стоков во флотаторе применяется добавка раствора сульфата алюминия (коагулянт).

Окисление стоков в абсорбционной колонне производится озono-воздушной смесью, которая поступает от генераторов озона через диспергаторы, установленные в колонне. Доокисление стоков

непрореагировавшим озоном происходит в контактном аппарате. Форконтактный аппарат предназначен для окисления стоков воздухом и отделения масляной плёнки.

Станция водоочистки позволила очистить промышленные стоки локомотивного депо до следующих концентраций вредных веществ, мг/л:

взвешенные вещества — 28,0;

азот аммонийный — 2,8;

нефтепродукты — 0,4;

железо — 0,01;

РН— 6,8,

а также собрать и утилизировать из стоков нефтепродукты в количестве до 2 м<sup>3</sup> в месяц.

### **3.2. Использование современных установок для очистки нефтесодержащих сточных вод**

Из вышеприведенной информации видно, что на многих локальных очистных станциях применяют флотационные установки.

К одному из эффективных методов очистки сточных вод от гидрофобных загрязнений, в том числе от масел и нефтепродуктов, относится их флотация диспергированными пузырьками воздуха. Эффективность этого процесса при всех равных условиях зависит от размера воздушных пузырьков: с уменьшением диаметра пузырьков эффективность очистки повышается.

Существует несколько видов флотации. Наиболее распространенным является метод напорной флотации, при котором мелкодисперсные пузырьки воздуха образуются вследствие изменения парциального давления водовоздушного раствора, полученного при предварительном насыщении воды воздухом под давлением 4-5 ати. Этот метод считается наиболее эффективным, так как обеспечивает достаточно устойчивый дисперсный состав воздушных пузырьков, однако имеет недостатки. Один из них заключается в необходимости применения

специального оборудования: насоса высокого давления, эжектора или компрессора, устройств для смешения воды с воздухом (сатуратора), а также устройств для смешения водовоздушной смеси с исходным потоком сточных вод. Кроме того, при очистке сточных вод, имеющих температуру 40-50°С и выше, использование напорной флотации малоэффективно из-за уменьшения растворимости воздуха. Недостатком метода напорной флотации является также необходимость увеличения в 1,5 раза объема флотокамеры в связи с тем, что многие установки предусматривают насыщение воздухом рециркуляционного потока воды, объем которой составляет 50 % расхода, поступающего на флотацию. Перечисленные недостатки снижают экономическую эффективность метода и усложняют эксплуатацию установок.

Другим методом является импеллерная флотация, при которой диспергирование воздуха осуществляется с помощью импеллера, в зону действия которого из атмосферы подсасывается воздух и дробится в мелкие пузырьки. Известно много конструкций импеллерных диспергаторов, но наиболее интересны конструкции, в которых импеллер вращается внутри статора. В этом случае в зазоре между лопатками импеллера (ротора) и статором возникает интенсивное перемешивание, а за лопатками образуется вакуумная зона, омываемая вихревыми потоками.

Импеллерная флотация нашла широкое применение при обогащении полезных ископаемых, в области очистки сточных вод использование этого метода пока ограничено. В 1959 г. во ВНИИ ВОДГЕО были проведены исследования по применению импеллерной флотации для извлечения жира из сточных вод, образующихся при мойке шерсти. Эффект выделения жира достигал 94 % при продолжительности обработки 1 ч. Из-за значительного содержания в шерстомойной воде ПАВ (мыла, жирные кислоты) в пенный продукт может перейти до 87 % воды.

Известны исследования применения этого метода для очистки сточных вод мясокомбинатов.

Отмечается, что в двухкамерной флотационной машине М-6 (разработчик Механобр) при продолжительности обработки

сточных вод в течение 15 мин эффект очистки воды от жира достигал 70 %, по взвешенным веществам - 64 %.

Широкие исследования применения этого метода для очистки сточных вод рыбокомбинатов были проведены в ЛИСИ, установлена высокая степень выделения жиров (99 %) и взвешенных веществ (86,5 %).

Во всех перечисленных работах исследования проводились на флотационных машинах, выпускаемых промышленностью для обогащения полезных ископаемых.

В последнее время на предприятиях нефтепереработки применяются импеллерные флотаторы фирм «Wemco» и «Premoberg/Petrolite» [30]. Эти флотаторы смонтированы и работают на нескольких НПЗ, в том числе на Ново-Уфимском. Флотатор фирмы «Premoberg/Petrolite», работающий на сточных водах второй системы канализации, имеет производительность 150 м<sup>3</sup>/ч, состоит из четырех флотокамер каждая длиной 2 м и шириной 1,6 м, за четвертой секцией располагается зона отстаивания длиной 2 м. Общая длина флотатора составляет 10 м при ширине 1,6 м. Флотатор наполняется до отметки 0,85 м при общей высоте 1,1 м, а диспергатор погружается под уровень воды на 0,3 м. Двигатель-привод мощностью 7,5 кВт располагается непосредственно на валу ротора и имеет скорость вращения 970 об/мин, что соответствует линейной скорости на периферии лопастей ротора  $U_l = 9,14$  м/с. В схеме предусмотрены два флотатора общей производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч, которые работают с предварительной флокуляцией реагентом ВПК-402, подаваемым в трубопровод перед флотаторами. По данным химической лаборатории, ведущей контроль за качеством очистки сточных вод, концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после флотатора не превышает 15-20 мг/л, перед флотаторами содержание нефтепродуктов в воде составляет 200 мг/л.

Флотатор фирмы «Wemco», работающий на сточных водах маслоблока, имеет производительность 175 м<sup>3</sup>/ч, всего установлено три флотатора общей производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч. Как и вышеописанный флотатор, он имеет четыре камеры флотации.

Ширина флотатора с пеноприемными карманами составляет 3,6 м, общая длина 12 м, длина отстойной части 2,2 м. Диаметр импеллера 500 мм, диаметр статора 930 мм. При исходной концентрации нефтепродуктов 100-120 мг/л их остаточная концентрация после флотации составляет 5-15 мг/л. Флотаторы работают с предварительной флокуляцией реагентом ВПК-402, очищенная вода направляется на сооружения биологической очистки. Величина зазора между лопатками ротора и статором во флотаторе фирмы «Wemco» составляет 215 мм. Рекомендуется этот зазор принимать не более 9 мм, поскольку с увеличением зазора крупность пузырьков воздуха увеличивается.

Отличительной особенностью флотаторов является хорошая герметизация, что снижает загазованность окружающей атмосферы.

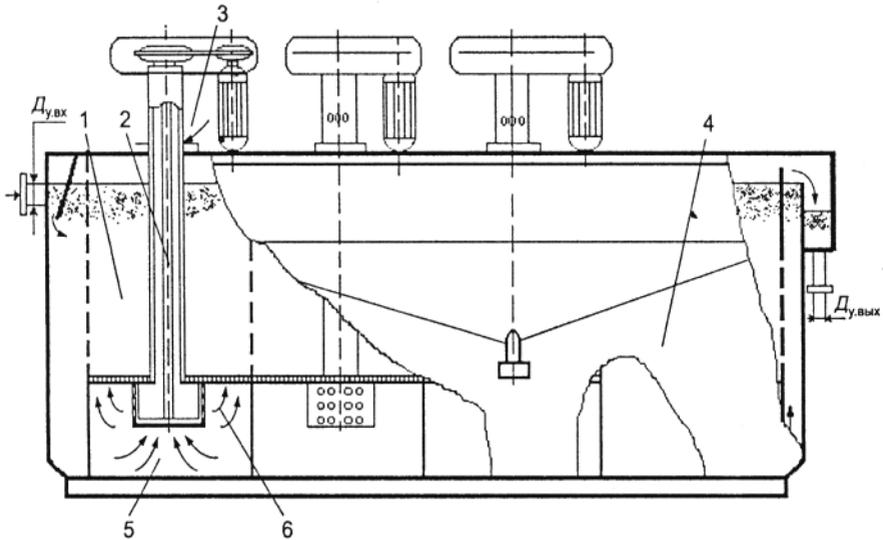
Удаление пенопродукта из флотокамер и отстойной зоны производится в боковые лотки с помощью скребков, располагаемых по обеим сторонам корпуса. Скребки закреплены на общем для каждой стороны валу с самостоятельным приводом и частотой вращения 6 об/мин, мощностью 0,6 кВт.

Во ВНИИ ВОДГЕО уже несколько лет проводятся исследования метода импеллерной флотации с целью разработки конструкции диспергатора для флотации сточных вод.

Исследования позволили определить рациональную конструкцию диспергатора, обеспечивающего устойчивое диспергирование воздуха. Статор диспергатора представляет собой перфорированный цилиндр, влияние на эффективность диспергирования оказывает степень перфорирования перегородки статора. В конструкции диспергатора ВНИИ ВОДГЕО перфорация в сочетании с рациональной скоростью вращения обеспечивает устойчивый режим образования водовоздушной смеси с преобладающей крупностью пузырька 0,5-1,5 мм. Кроме того, разработанная конструкция устойчиво работала при увеличении слоя воды над диспергатором до 1000 мм, в то время как диспергатор фирмы «Wemco» при высоте слоя воды над ним более 500 мм прекращал подсасывать воздух.

Конструкция диспергатора ВНИИ ВОДГЕО (рис.32) промышленных размеров была испытана на прошедшей нефтеловушку сточной воде завода, выпускающего подшипники. Вода характеризуется повышенным содержанием масло-эмульсионных загрязнений, которые попадают в общий поток сточных вод после цеха разложения СОЖ. Испытания проводились на «стационарной» модели с использованием флокулянта Zetag-87 дозой 2 мг/л, диспергатор погружался под уровень воды 1000 мм. Из флотуруемого объема отбирались по времени пробы воды. Это позволило получить кинетику флотационной очистки и определить рациональную продолжительность пребывания потока воды в зоне действия импеллерного диспергатора. Так как в воде завода шарикоподшипников содержатся поверхностно-активные вещества (примерно 5-6 мг/л), величина воздушного пузырька в зоне флотации резко уменьшилась до 0,1-0,2 мм. Поднимающийся мелкий воздушный пузырек не может противодействовать перемещающим циркуляционным потокам, поэтому он увлекается нисходящими потоками снова вглубь флотокамеры. Это означает, что продолжительность его контакта с загрязненной водой увеличивается, а следовательно, повышается степень ее очистки. Исходя из количества воздуха, находящегося в объеме флотокамеры, и размеров пузырьков ( $d \sim 0,2$  мм), общая удельная поверхность воздуха в водовоздушной смеси ориентировочно составила 270  $\text{дм}^2/\text{л}$ . Испытания показали, что при исходной концентрации нефтепродуктов в воде перед флотатором 10,5 мг/л их содержание после 2 мин работы диспергатора сокращается до 1,5 мг/л.

При значительном загрязнении воды поверхностно-активными веществами, во время флотации может образовываться большое количество устойчивой пены, удаление и гашение которой перерастает в сложную проблему.



*Рис. 32. Импеллерный флотатор ВНИИ ВОДГЕО*

*1 - флотокамера; 2 - диспергатор; 3 - подсос воздуха; 4 - зона отстаивания; 5 - подсос воды; 6 - выход водовоздушной массы*

Диспергатор ВНИИ ВОДГЕО был внедрен при очистке сточных вод от мойки рейсовых городских автобусов, расход воды составлял  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Эти сточные воды отличаются большим содержанием минеральных загрязнений (до  $2000 \text{ мг/л}$ ) и нефтепродуктов (до  $100\text{-}150 \text{ мг/л}$ ), поэтому флотатор работает после тонкослойного отстойника. Диспергатор погружен на глубину  $1100 \text{ мм}$ , линейная скорость вращения по местным условиям составляет  $8,9 \text{ м/с}$ , объем подсасываемого воздуха -  $6,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{-ч})$ , крупность пузырька изменяется в пределах  $0,5\text{-}1,5 \text{ мм}$ . Флотатор работает без применения реагента, концентрация взвешенных веществ в исходной воде в среднем составляет  $50\text{-}70 \text{ мг/л}$ , в очищенной воде их содержание снижается до  $25\text{-}30 \text{ мг/л}$ , концентрация нефтепродуктов на момент испытаний составляла  $10\text{-}12 \text{ мг/л}$ . В зоне работы импеллерного диспергатора образуется легкая «воздушная» пена, содержание воды в которой составляет около  $1 \%$ . В зоне отстаивания, где выделяются мелкодисперсные пузырьки воздуха с прикрепленными к ним загрязнениями,

образуется более плотная пена, которая подвижна и легко удаляется через поворотную трубу. Содержание воды в ней 17-18 %, концентрация задержанных минеральных загрязнений 18 г/л, нефтепродуктов - 1,5 г/л. Испытания показали высокую эффективность импеллерной флотации в схемах очистки сточных вод от мойки автобусов.

В настоящее время на станциях мойки легковых машин используется большое количество моющих средств. При их передозировке, когда концентрация СПАВ в воде становится выше определенного предела, во флотаторе образуется мелкопузырчатая устойчивая пена, трудноудаляемая с поверхности воды, так как имеет хорошую адгезию к поверхности скребков что создает сложную проблему.

Для очистки нефте- и жиросодержащих сточных вод с расходом 0,2-2 м<sup>3</sup>/ч в ГосНИИсинтезбелке разработаны механические флотационные машины на основе комбинированного способа извлечения гидрофобных загрязнений, например, нефтепродуктов, жиров [31]. Разработанная и выпускаемая промышленностью базовая модель механической комбинированной машины отличается от известных наличием дополнительных струйных аэраторов в виде коллектора с трубками, внутри которых установлены сопла. Новым элементом является также пластинчатый осветлитель в виде блока наклонных полок, установленных на расстоянии 5-10 см друг от друга. Использование этих элементов позволяет повысить в первой камере степень аэрации и уменьшить размеры пузырьков воздуха. В последней камере применение пластинчатого осветлителя специальной конструкции позволяет уменьшить вынос комплексов частиц - микропузырьков, не успевающих всплыть в предыдущих камерах, что способствует повышению эффективности очистки сточных вод.

Существенным недостатком известных очистных установок нефтесодержащих сточных вод является забивание фильтров, поэтому стадию фильтрации необходимо заменить флотацией с использованием механических (импеллерных) флотаторов. ГосНИИсинтезбелок предложил технологию очистки сточных вод

автомоек по схеме: отстаивание - флотация. Аппаратурное оформление стадии флотации представлено комбинированной четырехкамерной флотационной машиной пневматического типа.

Сточные воды от мойки автомашин направляются в трехсекционные песколовки 7, где осаждаются крупные фракции песка (рис.33). Затем сточные воды направляются в отстойник 2 объемом около 3 м<sup>3</sup> для улавливания тонкодисперсных взвешенных веществ. Предварительно осветленная вода подается насосом 3 в механическую флотомашину (флотатор) 4.



Рис. 33. Принципиальная схема очистки сточных вод после мойки машин.

1 - песколовки; 2 - отстойник; 3 - насос 4 - флотатор; 5 - фильтр; 6- резервуар чистой воды; 7- пеносорбик

Флотатор (рис.34) имеет корпус 1, разделенный на камеры 2, внутри которых установлены импеллерные блоки, состоящие из трубы 3, внутри которой расположен импеллер 4 с электроприводом 5. Флотатор состоит из четырех камер и пластинчатого осветлителя 6. В первой камере установлен коллектор 7 с патрубком подачи сточной воды 8 и четырьмя трубчатыми аэраторами снизу. Между камерами выполнены сквозные отверстия 9, очищенная вода отводится патрубком 10 из камеры с пластинчатым осветлителем. Исходная сточная вода под давлением 0,2-0,3 МПа через патрубок 5 подается в первую камеру флотатора, где за счет струйного истечения через трубчатые аэраторы,

подсоединенные к коллектору 7, происходит турбулизация жидкости и подсос воздуха из атмосферы. В результате вращения импеллера 4 и истечения жидкости через трубчатые аэраторы происходит тонкое диспергирование пузырьков воздуха, засасываемого из атмосферы. На образующихся микропузырьках воздуха выделяются частицы загрязнений, в том числе и нефтепродукты, они всплывают, образуя пенный слой.

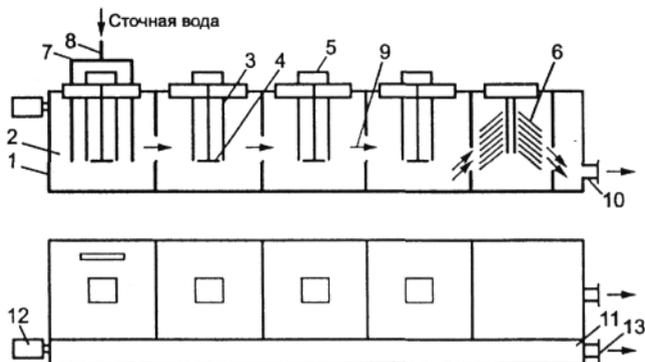


Рис.34. Флотатор

В верхней части флотокамеры пенный слой удаляется механическим лопастным пеногасителем 12 в пенный желоб 11 и далее через патрубок 13 в сборник пенного продукта. Очищенная жидкость последовательно проходит через четыре камеры и пластинчатый осветлитель б и через патрубок 10 выводится в сборный резервуар.

Извлеченные при флотации нефтепродукты и тонкодисперсные вещества в виде пенного продукта направляют в пеносборник 6 (рис. 33). Осветленная вода из флотатора поступает в сборник очищенной воды 5, откуда по мере необходимости с помощью насоса подается на мойку автомашин. Качество осветленной воды полностью удовлетворяет нормативным требованиям, установленным для водооборотных систем мойки автомобилей в Российской Федерации.

Наряду с очисткой сточных вод после мойки автомобилей флотатор ФКМО-0,15 используется для очистки жиросодержащих

сточных вод, в частности для локальной очистки сточных вод пищевых производств. При использовании комбинированного способа флотации удается получить сточные воды, соответствующие ПДК сброса в городскую канализацию.

Анализ данных опытно-промышленных испытаний и опыт внедрения флотационной комбинированной механической машины (в частности ФКМО-0,15) показали, что по эффективности очистки сточных вод, например, от жиров и нефтепродуктов, предлагаемый флотатор находится на уровне современных зарубежных аналогов.

Основные технико-экономические

показатели ФКМО-0,15

Объем камеры, м<sup>3</sup> 0,15

Число камер 4

Установленная мощность  
(для одной камеры), кВт 1,1

Количество засасываемого  
воздуха, м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>-мин) 1,2

Впервые промышленное производство флотационных комбинированных машин освоил АО «Фосфаты» (г. Воскресенск).

В состав напорной флотационной установки обычно входят следующие устройства: флотатор (флотоотстойник), сатуратор, редукционный клапан, смесители, дозаторы, качество которых определяет эффективность установки в целом. В традиционной схеме во флотатор направляется приготовленная смесь, состоящая из сточной воды, реагентов и насыщенной пузырьками осветленной воды. Эта смесь постепенно в результате всплытия пузырьков разделяется на осветленную воду и пену.

Для устранения [32] характерных для этой схемы недостатков предложено изготовить флотатор из двух частей: цилиндрической колонны и прямоугольной разделительной ванны (рис.35) (Пат. 2129528 РФ).

В нем смесь сточной воды, реагентов и пузырьков воздуха подается в нижнюю часть флотатора тангенциально. Сформированный поток по спирали поднимается вверх со скоростью определяемой установленным расходом смеси, и далее

плавно тормозится в разделительной ванне. Осветленная вода опускается вниз вдоль конической вставки, через гидравлический регулятор уровня попадает в резервную емкость, а затем сливается. Накопившаяся пена удаляется скребковым транспортером.

Использование такой схемы уменьшает размер флотатора в десятки раз, поскольку его объем определяется скоростью принудительного движения среды в цилиндрической части и её высотой, а не временем всплытия пузырьков. Кроме того, исключается возникновение застойных зон и неконтролируемых турбулентных вихрей.

Традиционная схема работы сатуратора в составе флотационной установки обеспечивается подачей избыточного количества сжатого воздуха со сбросом излишков в атмосферу и использованием ручных регулировок. Разработан усовершенствованный сатуратор, подача воздуха в который осуществляется сверху через управляемый клапан, срабатывающий по сигналу сигнализатора уровня воды внутри сатуратора (Пат. 21 18294 РФ).

По мере расходования воздуха уровень воды в сатураторе повышается, и после достижения заданного критического значения открывается клапан подачи сжатого воздуха из ресивера компрессора. Таким образом, исключаются потери сжатого воздуха. Для ускорения растворения воздуха внутри сатуратора и уменьшения его объема, вверху на линии подачи воды установлен эжектор, подсасывающий воздух из верхней части сатуратора и обеспечивающий его внутреннюю рециркуляцию. Это способствует диспергированию воды и увеличению газонасыщения.

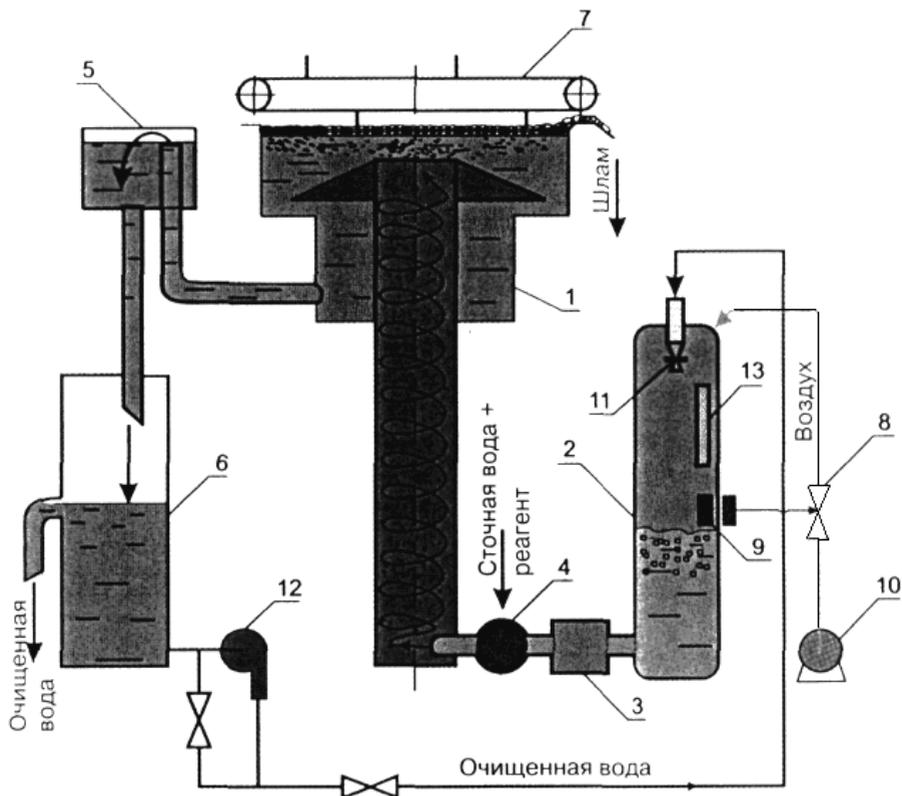


Рис. 35. Схема флотационной установки:

1 — флотатор; 2 — сатуратор; 3 — редукционный клапан; 4 — смеситель; 5 — регулятор уровня; 6 — резервная емкость; 7 — скребковый конвейер; 8 — управляемый клапан; 9 — сигнализатор уровня; 10 — компрессор; 11 — эжектор; 12 — насос осветленной воды; 13 — ультрафиолетовая лампа

Данная схема позволила существенно уменьшить размеры сатуратора. В ряде случаев предусмотрено размещение внутри сатуратора ультрафиолетовой лампы для генерирования озона.

Для очистки нефтесодержащих вод эффективно использовать электрофлотационный способ [33] который осуществляется в аппаратах с нерастворимыми электродами. Перспективность применения электрофлотации связана с

образованием при электролизе раствора высокодисперсных пузырьков газа (водорода и кислорода), равномерно распределяемых в объеме обрабатываемой жидкости.

Пузырьки газов, обладая большой подъемной силой, поднимаясь вверх захватывают частицы загрязнений и капли эмульсий, прилипают к ним и затем флотируют их на поверхность воды, образуя устойчивый пенный слой. Во время обработки изменяется химический состав воды и физико-химические свойства извлекаемых соединений. Образующийся на аноде кислород частично окисляет растворенные органические вещества до более простых соединений. Возможность получения газовых пузырьков диаметром 5-30 мкм обеспечивает высокоэффективную очистку жидкостей от загрязнений, находящихся в коллоидном и молекулярном состояниях. Высокая степень дисперсности газовых пузырьков, сопоставимая с размером извлекаемых примесей, возможность плавного регулирования скорости процесса путем изменения насыщения жидкости микропузырьками газа по электрофлотационному оборудованию обеспечивают преимущество по сравнению с флотационными системами, гидроциклонами и отстойниками. При этом эффект удаления примесей электрофлотацией значительно повышается, что следует считать главным преимуществом электрофлотационного способа.

На рис.36 приведена технологическая схема очистки сточных вод, включающая отстойник, электрофлотатор, угольный фильтр. Очищенные по такой схеме стоки могут быть многократно использованы в технологическом цикле или сброшены в водоем. Электрофлотатор разработан учеными Российского химико-технологического университета. Производительность установки до  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

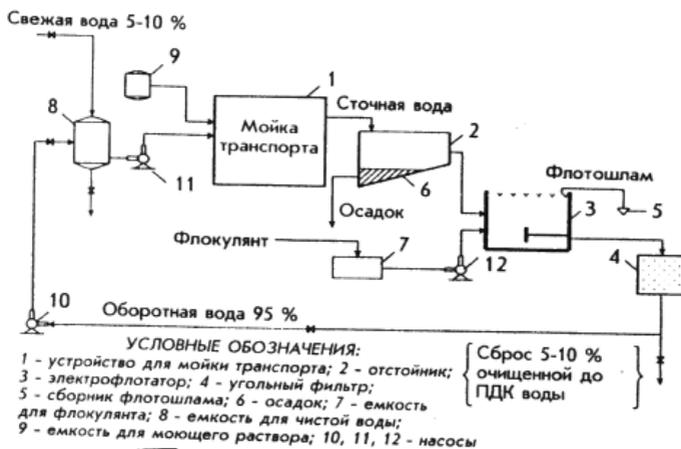


Рис.36. Схема очистки сточных вод

Электрофлотация применяется при исходных концентрациях нефтепродуктов в сточной воде до 1000 мг/л и взвешенных веществ до 500 мг/л и может быть использована самостоятельно или после других способов очистки. Параметры процесса зависят от состава, свойств очищаемой воды и от дисперсности извлекаемых загрязнений. Плотность тока принимается 0,5 -2,5 А/дм<sup>2</sup>, продолжительность процесса 5-15 мин, при этом в зависимости от солесодержания расход электроэнергии составляет 0,2-0,5 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Эффективность очистки значительно повышается за счет применения коагулянта (соли железа и алюминия, квасцы), при этом остаточная концентрация масел в воде находится в пределах 0,1-1,0 мг/л. Для доочистки от растворимых органических соединений используют угольный фильтр. Технология электрофлотационной очистки нефтесодержащих стоков, образующихся после мойки железнодорожного транспорта, с применением электрофлотатора внедрена в вагонном депо «Москва» Октябрьской дороги.

В Национальном техническом [34] университете Украины «КПИ» (г. Киев) были проведены исследования по определению оптимальных условий электрофлотационной очистки воды от нефтепродуктов. Исследована зависимость степени очистки от материала анода, рН исходного раствора и плотности тока.

Установлено, что наилучший эффект достигается в диапазоне рН 5-7 при плотности тока 0.25-0.30 А/дм<sup>2</sup>. В присутствии сульфатов очистка протекает лучше, чем в присутствии хлоридов, так как ионы С1- интенсифицируют точечное выкрашивание материала анода. Из исследованных материалов для анода можно рекомендовать сталь 08кп. Изучен характер электрохимического растворения стали 08кп в зависимости от ее предварительной обработки и влияние такой обработки на степень очистки воды от нефтепродуктов.

### **3.3 Глубокая очистка нефтесодержащих промстоков**

Очистка нефтесодержащих стоков в различных отраслях промышленности на протяжении многих лет продолжает оставаться сложной и труднорешаемой проблемой. Не является исключением решение этой проблемы и в такой важной базовой отрасли экономики, как железнодорожный транспорт. Наиболее концентрированные по нефтепродуктам стоки образуются в локомотивных депо, где проходят различные виды ремонта и технического обслуживания тепловозы, использующие разнообразные виды топлива и смазки [35].

Согласно проектам некоторых институтов Министерства путей сообщения, выполненных в 60-70 гг., типовая схема очистки промстоков в локомотивных депо предусматривает две стадии очистки: механическую и физико-химическую. Эти две стадии, в принципе, рассчитаны на удовлетворительную очистку стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ по нормативам 20-30-летней давности.

Чтобы уточнить и обобщить накопленный опыт и дать предложения по совершенствованию технологии очистки промстоков локомотивных депо, авторами были проанкетированы около ста локомотивных депо России и стран ближнего зарубежья (Украины, Казахстана, Белоруссии, Молдавии). При этом запрашивались следующие сведения: применяемые технологии и оборудование для очистки промышленных стоков в депо; производительность по стокам (часовая, суточная или годовая); концентрация нефтепродуктов и взвешенных веществ на различных

стадиях очистки; допускаемые остаточные концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ на выпуске в городские очистные сооружения или открытые водоемы в соответствии с требованиями местных контролирующих органов (Саннадзора, Комитета по экологии, Водоканала и др.).

Как показали полученные результаты, механическая очистка промышленных стоков в депо осуществляется в основном с использованием нефтеловушек, изготовленных по типовым проектам (например, ТП 902-2-157 Гипротрубопровод), или смолемаслоуловителей Гипротранспуть различной производительности. Кроме того, в некоторых депо используются песколовки, выполненные по типовым проектам.

В состав очистных сооружений депо входят также канализационная насосная станция, флотационная, инженерные сети, ряд вспомогательных аппаратов, в том числе резервуары для накапливаемых загрязненных и очищенных стоков и др. В некоторых депо встречаются иловые площадки для обработки осадков из нефтеловушек, песколовок и флотомашин, однако, как правило, из-за низкой эффективности они не эксплуатируются. Эффективность работы нефтеловушек и песколовок, по полученным данным, достигает 50-60 %, что соответствует проектным величинам и сведениям, имеющимся в технической литературе.

Физико-химическая стадия представлена в депо флотационной очисткой с коагуляцией с помощью флотаторов, расположенных во флотационной. Последняя представляет собой здание, в котором размещаются флотаторы двух типов: ЦНИИ-5 (69О6А) производительностью 10 м<sup>3</sup>/ч и ЦНИИ-10 (А1395) производительностью 20 м<sup>3</sup>/ч.

Эффективность работы флотаторов достигает 80 % по нефтепродуктам и взвешенным веществам за счет применения растворов коагулянтов - сульфата или окиси алюминия. Однако на практике в силу многих причин эффект очистки значительно ниже паспортных данных.

Количество промышленных стоков в депо колеблется от 5 до 50 м<sup>3</sup>/ч - в зависимости от численности обслуживаемого парка тепловозов, видов их ремонта и технического обслуживания, а также сезона года. В процессе очистки весьма важным фактором является постоянство подачи стоков во времени. Однако на практике наблюдается неравномерность их подачи из-за залповых и аварийных сбросов нефтепродуктов в цехах, что приводит к пиковым нагрузкам на всю цепочку очистных сооружений. Вследствие этого наблюдаются сбои в работе флотационных машин. Ведь они рассчитаны на максимальную начальную концентрацию нефтепродуктов 300 мг/л, в то время как концентрация нефтепродуктов в периоды пиковых нагрузок доходит до 5000-6000 мг/л.

Требуемые остаточные концентрации по нефтепродуктам и взвешенным веществам со стороны местных органов надзора зависят от ряда факторов регионального характера. Однако в первую очередь эти концентрации определяются местом сброса очищенных стоков. Если стоки сбрасываются на городские очистные сооружения, концентрация нефтепродуктов может допускаться от 0,3 мг/л и выше, иногда - до 20 мг/л. Если же сброс происходит в открытые водоемы, эта величина составляет лишь 0,05 мг/л, что соответствует величине предельно допускаемой концентрации (ПДК) для открытых водоемов.

Значительный недостаток существующих флотационных - их территориальное ограничение имеющимися зданиями, путями, инженерными сетями, расположенными на территории локомотивных депо. Это практически не позволяет перестраивать здания флотационных для размещения дополнительного очистного оборудования.

Поскольку в состав стоков входят различные по физико-химическому состоянию вещества (взвешенные, растворенные, эмульгированные), весь очистной узел должен представлять собой комплекс аппаратов, позволяющих проводить селективную очистку от тех или иных углеводородов на определенных механической и физико-химической стадиях. Вместе с тем, принимая во внимание

особый дефицит производственных площадей на территориях локомотивных депо, реконструкцию очистки необходимо проводить с использованием уже имеющегося оборудования путем его модернизации, а также максимально использовать небольшие свободные площади во флотационных без дополнительных капитальных затрат за счет применения высокоэффективного очистного оборудования.

Для улучшения предварительного выделения из стоков грубых и тяжелых примесей минерального происхождения (песок, шлак и др.) предлагается установить напорный гидроциклон типа ГЦ-150 серийного производства.

Гидроциклон целесообразно разместить либо в корпусе песколовки, либо в корпусе нефтеловушки. В последнем случае лучше всего разместить его под перекрытием над уровнем жидкости. При этом осветленная вода отводится от гидроциклона на очистку в нефтеловушку, а шлам - в шламовый колодец нефтеловушки. Напорный гидроциклон можно установить вертикально, наклонно или горизонтально. Например, установка гидроциклона в вертикальном положении в песколовке позволила снизить концентрацию взвешенных веществ, подаваемых на флотатор, на 20-40 % по сравнению с исходной; снижения концентрации нефтепродуктов при этом не наблюдалось.

Для обеспечения стабильной работы флотомашин необходимо равномерно подавать стоки во времени. При существующих схемах подачи и накопления стоков в приемном резервуаре перед флотомашинами это условие не выполняется, и стоки поступают на флотацию периодически, по мере их накопления в приемном резервуаре. В связи с этим нами была осуществлена постоянная и равномерная подача стоков за счет применения глубинного насоса собственной конструкции, опущенного в приемный резервуар практически до дна. Это позволило обеспечить непрерывную и равномерную подачу стоков на флотомашин и, как следствие, добиться их стабильной работы.

Чтобы улучшить подачу воздуха в процессе флотации, авторами были предложены специальные аэраторы, которые

применяются в некоторых флотомашинах пенной сепарации, работающих в процессах обогащения руд цветных и черных металлов.

В настоящее время в основном применяются аэраторы, изготовленные из резиновых перфорированных трубок, которые обеспечивают получение сравнительно равномерных пузырьков диаметром 0,2-1,0 мм. Поры резиновых эластичных аэраторов при их закупорке самоочищаются. С уменьшением внутреннего диаметра трубки и увеличением толщины ее стенок повышается равномерность аэрации жидкости по длине трубки, но возрастает давление, необходимое для продувания воздуха. Испытания показали, что для равномерной аэрации диаметр трубки должен находиться в пределах 20 мм, а толщина стенки 4 мм. Оптимальное число отверстий (проколов) на 1 см<sup>2</sup> поверхности трубки составляет 40-60. При увеличении числа отверстий в 2 раза необходимое давление воздуха внутри трубки снижается на 30-50 %, но при этом значительно ослабляется механическая прочность аэраторов. Надежность работы аэраторов зависит также от качества резины и от среды, в которой они работают.

Резиновые аэраторы были установлены в трехкамерной флотомашине ЦНИИ-5. В течение пяти лет практически непрерывной работы они позволили обеспечить стабильную очистку стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ на уровне 80 %.

При флотации с коагулянтами следует учитывать еще один важный фактор процесса - дозированную и непрерывную подачу раствора коагулянта. При существующей схеме работы флотомашин эта подача не ведется непрерывно по ряду причин, в том числе из-за процесса кристаллизации сульфата алюминия и, как следствие, частичного или полного закупоривания подводящих к флотомашине коммуникаций.

Для реализации непрерывной и регулируемой подачи раствора коагулянта в процессе флотации был установлен дозировочный насос производительностью 2 л/ч. Кроме того, авторами проводились эксперименты по замене глинозема и

сульфата алюминия другими коагулянтами - оксихлоридом алюминия и хлоридом железа. По своим коагулирующим свойствам они не уступают глинозему, а скорость кристаллизации у них намного ниже. Благодаря этому коммуникационные трубы работают гораздо дольше.

Процесс флотации можно интенсифицировать, применяя флокулянты, например, выпускаемый в настоящее время водный раствор полиакриламида (ПАА). Однако повышенная стоимость этого вещества (по сравнению с сульфатом алюминия) сдерживает его внедрение. Поэтому более перспективным следует признать применение относительно дешевого флокулянта ВПК-402, также выпускаемого в промышленном масштабе.

Ужесточение в последнее время нормативов по остаточной концентрации нефтепродуктов не позволяет ограничиться флотацией как последней стадией очистки. Поэтому необходимо было изыскать еще одну стадию физико-химической очистки, которая обеспечивала бы не только требуемую ее глубину, но и достаточные простоту и дешевизну. С точки зрения авторов такой стадией могла бы стать очистка стоков методом адсорбции на напорных фильтрах-адсорберах.

В качестве адсорберов были использованы фильтры типа ФОВ, серийно выпускаемые Бийским котельным заводом. В качестве адсорбента на первой стадии адсорбции был выбран коксовый орешек производства АО «Алтайкоксохим». Применение этого адсорбента на первой стадии доочистки целесообразно в связи с его низкой стоимостью, а также с отсутствием необходимости в регенерации, что позволяет после срабатывания использовать его как добавку к твердым топливам на местной котельной. Для второй ступени адсорбции применены различные зернистые высокоэффективные адсорбенты широкого спектра действия, требующие периодической регенерации из-за высокой стоимости. Проведенные эксперименты показали высокую эффективность двухстадийной адсорбционной доочистки. Содержание нефтепродуктов на выходе составляло в среднем от 2

до 4 мг/л, что вполне согласуется с данными, имеющимися в технической литературе.

Возможный дополнительный вариант процесса доочистки - использование угольных тканевых фильтрующих элементов, располагаемых в фильтрах собственной конструкции. Дешевизна и простота исполнения при достаточной эффективности делает их применение конкурентоспособным с более дорогими и громоздкими адсорбционными фильтрами.

Окончательной стадией доочистки, позволяющей максимально снизить концентрацию растворенных углеводородов, возможно применение озонирования. С помощью этого процесса, согласно результатам работ ряда исследователей, можно добиться остаточной концентрации нефтепродуктов на уровне всего 1-2 мг/л.

Следует отметить, что предлагаемые методы очистки промышленных стоков депо являются довольно дорогостоящими и для небольших предприятий могут составлять значительную долю общих расходов. Поэтому необходимо снижать загрязненность свежей воды и уменьшать ее потребление за счет водооборота в обмывочных устройствах различного типа. Это позволит сократить расход воды на 70-90 %, даст возможность внедрять бессточные системы водоснабжения, повторно используя сточные воды после очистки.

В обмывочных устройствах можно использовать стоки с содержанием нефтепродуктов до 10 мг/л, а очищенные стоки, содержащие до 1-5 мг/л нефтепродуктов, - в охлаждающих системах такого технологического оборудования, как компрессоры, дизели, водяные реостаты для испытаний тепловозов.

Отдельный вопрос, связанный с очисткой промышленных стоков, - утилизация обводненной пены с нефтепродуктами, получаемой во флотомашинах. В крупных депо ее количество может достигать около 100 кг/сут. С точки зрения авторов наиболее экономичным и реальным путем утилизации таких отходов является получение водотопливных эмульсий с последующим их сжиганием в котельных. Технология получения таких эмульсий относительно проста. Её можно осуществить на основе применения

различных эмульгаторов, например, с помощью сирены гидродинамического типа СГС-3 производства Златоустовского машиностроительного завода.

Нами [36] предлагается (рис.37) новая технология, оборудования и реагенты для глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод ( $C_{нф}$  – концентрация нефтепродуктов, мг/л), которая позволяет довести концентрацию нефтепродуктов до ПДК = 0,05 мг/л. По данным ЮНЕСКО нефтепродукты, вследствие их высокой токсичности, принадлежат к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды.

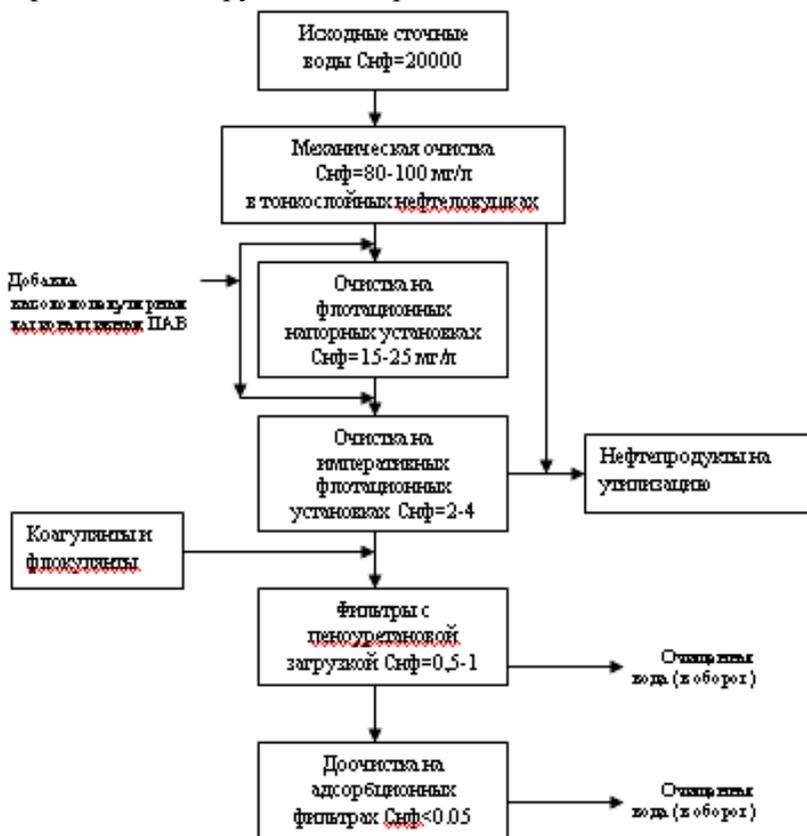


Рис. 37. Технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод

Среди физико-химических методов доочистки сточных вод от нефтепродуктов (озонирование, окисление, коагуляция, сорбция) лучший эффект дает сорбция на углях. Наиболее широкое применение получили дорогостоящие и дефицитные активированные угли. Одной из приоритетных современных задач по защите окружающей среды является замена используемых для очистки воды дорогостоящих синтетических веществ дешевыми природными материалами [37].

Сведения об использовании природных углеродосодержащих материалов в процессах доочистки воды ограничены. Возможность применения для сорбции мезопористого ископаемого угольного сорбента (МИУ-С) после определенной обработки и при некоторых ограничениях (начальные концентрации нефтепродуктов не выше 1,5 мг/л, отсутствие в воде мешающих компонентов) обсуждается в работе.

Особенностью разработанной установки [37] блока доочистки сточных и ливневых вод (БДО), прошедших предварительную очистку от взвешенных веществ и нефтепродуктов на типовых очистных сооружениях, является использование в качестве фильтрующего и сорбционного материала - шунгитовой породы (ШП), содержание 25 – 30 % кремния, 4 % оксида алюминия и различные примесные соединения. ШП, широко распространенные в Карелии, привлекательны сочетанием свойств минеральных и синтетических сорбентов и могут использоваться для очистки, без предварительной обработки.

На рис. 38 показана принципиальная схема единичного БДО, включающего 2 основных узла: фильтрационно-адсорбционную колонну и гидроаккумулятор чистой воды, которые могут работать независимо друг от друга или одновременно для обеспечения очищенной водой различных участков производства (например, автомойки).



Рис.38. Принципиальная схема единичного БДО

Очищаемая вода ( $T=20-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) подается на доочистку с помощью электронасоса и последовательно проходит четыре царги (унифицированные очистные элементы адсорбционной колонны) с промежуточными трубопроводами. Первая из царг (Ф1) представляет собой песчано-гравийный фильтр, загруженный гравием крупностью 5 — 15 мм и песком фракции 0,5 — 1,5 мм. Три следующие царги Ф2-Ф4 загружены ШП, имеющей фракционный состав 0,5 — 2,5 мм, насыпную массу 1,15т/м<sup>3</sup>, прочность 90%. На используемую ШП получены сертификат соответствия № 0089633 и гигиенический сертификат № 77.01.02.490. П. 41968. 11.9.

Очищенная вода собирается в гидроаккумуляторе, откуда с помощью насоса поступает потребителю. В зависимости от потребности БДО может работать непрерывно или периодически. В табл. 21 приведены значения контролируемых входных и выходных показателей, полученные при длительной (несколько месяцев) эксплуатации БДО-1,5 на очистных водооборотных сооружениях мойки автотранспорта АТП "Агригазавтосервис", г. Малоярославец. Установка обеспечивает снижение загрязнений по взвешенным веществам в 10 — 20 раз, по нефтепродуктам до 100 раз, по полному БПК до 8 раз. Конечные показатели отвечают

требованиям к воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

ТАБЛИЦА 21.

*Основные показатели работы БДО*

Вода	Взвешенные вещества, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	БПК, мгО <sub>2</sub> /л	рН
Исходная	20 – 40	1 – 5	10 – 25	7,0 – 7,5
После установки	1 – 3,5	0,05	3	6,5 – 8,5

Среднее значение основных показателей санитарно - химического анализа показывает, что эффективность удаления нефтепродуктов достигает 99 %, взвешенных веществ 91 %, а БПК 85%.

ШП относится к материалам многократного использования, поэтому при обработке ресурса – появлении проскока загрязнений производится промывка фильтрующей загрузки и регенерация сорбентов.

Длительность рабочего цикла в каждом случае определяется на основании выбранной производительности БДО и концентрации примесей после предварительной очистки на входе в БДО. При производительности 1 м<sup>3</sup>/ч обеспечивается гарантированная очистка дождевых сточных вод с территории объекта площадью 0,5 га. Фильтрующая и сорбционная загрузка БДО обеспечивает ресурс непрерывной работы до 4-х месяцев без их замены.

ТАБЛИЦА 22.

*Изменение показателей в процессе эксплуатации БДО на автомойке большегрузного транспорта в водооборотной схеме*

Время эксплуатации	Нефтепродукты в побе, мг/л		Эффективность очистки, %
	До очистки	После очистки	
1 сут.	0,92	0,05	95
10 сут.	0,49	0,045	91
9 мес.	1,1	0,05	96

Данные табл. 22 свидетельствует о том, что после длительной эксплуатации БДО (около 9-ти месяцев) эффективность очистки воды от нефтепродуктов соответствует получаемой на начальном этапе очистки и достигает 96 %.

Для установки производительностью 12 м<sup>3</sup>, используемой при очистке дождевых стоков, полный ресурс ШП в фильтрующей колонне по взвешенным веществам составляет 110 сут круглосуточной работы, а расчетный ресурс работы сорбционных царг установки той же производительности при максимальной нагрузке по нефтепродуктам — около 48 сут непрерывной работы. После выработки полного ресурса фильтрующий материал промывают в соответствующей царге либо заменяют на новый.

Отработанный шунгитовый сорбент регенерируется путем парогазовой активации при 300 — 500 °С или обжига на воздухе при 600 — 800°С. Сорбционная активность ШП после регенерации практически полностью восстанавливается или даже на 5 — 30 % может превышать активность исходного материала (табл. 23). Предположительно это обусловлено образованием слоя адсорбционно активного кокса в результате закоксования при высоких температурах сорбированных на поверхности ШП углеводородов.

ТАБЛИЦА 23. Способы регенерации замасленной ШП

Способ регенерации	Температура, °С	Изменение сорбционной активности относительно исходной ШП, %
Обжиг на воздухе	600	96,2
	800	105,2
Парогазовая активация (H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> )	300	104,0
	500	119,7
	860	128,6

БДО может поставляться в комплекте с узлом регенерации ШП. В этом случае регенерация ШП проводится на самом производстве путем поочередного отключения и помещения царг с отработанным материалом в узел регенерационной системы, включающей регенерационную печь, которая обеспечивает

нагрев материала до требуемой температуры, и таль на монорельсе для транспортирования царг к печи.

При регенерации происходит не только восстановление сорбционных свойств ШП, но в присутствии окислителей (воздух и др.), благодаря каталитической активности ШП, обеспечивается практически полное дожигание сорбированных углеводородов до  $\text{CO}$ , и  $\text{H}_2\text{O}$ . Время регенерации для одной царги составляет 8 ч.

При отсутствии на производстве узла регенерации отработанный материал в царгах заменяют на новый, с вывозом ШП на станцию регенерации.

Средний ресурс работы фильтрующего элемента в цикле "работа-промывка" составляет до 10 циклов, сорбционного материала в режиме "сорбция-регенерация" до 20 циклов.

Технология доочистки воды в подобных системах и технология регенерации ШП защищена (Пат. 2073354 РФ). Установки БДО эффективны для использования на мойках автомобилей, бензозаправочных станциях, станциях технического обслуживания, в автопарках, гаражах, а также на нефтеперерабатывающих предприятиях и других промышленных объектах.

БДО может применяться в водооборотных системах и обеспечивать очистку сточных и ливневых вод для сброса в канализацию и водоемы хозяйственно-бытового назначения. Он компактен, прост и надежен в эксплуатации. Вышедший из строя шунгитовый материал экологически безопасен и может использоваться при отсыпке грунта на рельеф.

Удаление трудноокисляемых органических загрязнений, в частности нефтепродуктов, методом адсорбционно-каталитического фильтрования обладает рядом преимуществ: возможностью удаления загрязнений разнообразного происхождения практически до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости; отсутствием вторичного загрязнения воды; управляемостью процессом.

В НПО "Катализ" [38] разработано несколько типов гетерогенных адсорбентов-катализаторов на керамической основе,

которые обладают уникальной возможностью решать сложные задачи водоочистки. Адсорбенты-катализаторы типа АК обеспечивают высокую степень очистки сточных вод широкого спектра примесей при сравнительно низком темпе прироста потерь напора в течение фильтроцикла, восстанавливают свою адсорбционно-каталитическую способность при водовоздушной промывке. Керамическое происхождение адсорбента-катализатора типа АК обуславливает высокую долговечность, поскольку он обладает высокой устойчивостью к химическим и гидролитическим воздействиям. Промышленные катализаторы, разрабатываемые НПО «Катализ», представляют собой многокомпонентные и многофазные металлокомплексные гетерогенные каталитические системы.

При приготовлении катализаторов важную роль играет выбор носителя. Носитель нельзя рассматривать как совершенно инертную в каталитическом отношении подложку, структура и химия поверхности носителя определяют адсорбционные и каталитические свойства катализатора.

В качестве носителя в указанных адсорбентах катализаторах использована глина Максимовского месторождения Иркутской обл. Результаты рентгено-структурного анализа показывают, что основными ее компонентами являются монтмориллонит и каолинит. Изменять каталитическую активность адсорбента-катализатора, энергию и направление химических реакций можно в широких пределах, используя различные по своей природе лиганды и ионы металлов переменной валентности. При этом создаются как селективные, так и полифункциональные катализаторы.

Опытно-промышленные испытания по оценке эффективности адсорбента-катализатора проводились на фильтровальной станции БОС-2 ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» площадью поперечного сечения  $54 \text{ м}^2$ , с высотой загрузки  $h = 1,2 \text{ м}$ ,  $d_{\text{зерен}} = 3-5 \text{ мм}$ , поддерживающим слоем служил гравий.  $d_{\text{зерен}} = 5-20 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{слоя}} = 1,2 \text{ м}$ . При использовании в качестве фильтрующей загрузки адсорбента-катализатора рекомендована скорость фильтрования  $7 \text{ м/ч}$  при времени фильтроцикла  $48 \text{ ч}$ .

Скорость фильтрования может быть увеличена с 7-8 до 12 м/ч без ухудшения качества фильтрата.

Технология очистки в фильтрах неразрывно связана с восстановлением их фильтрующей способности путем промывки (регенерации) от накопившихся загрязнений, поэтому фильтровальные качества фильтрующих материалов должны сочетаться с их определенными регенерационными свойствами. Для адсорбента-катализатора принят следующий режим регенерации: пятиминутная воздушная промывка с интенсивностью 15-25 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) для взрыхления и расширения слоя на 30-40 % с последующей десятиминутной промывкой водой с интенсивностью 8,2-10 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с).

Оценка эффективности адсорбента-катализатора АК-1 проводилась в сравнении с фильтрующей загрузкой из гранодиорита, рекомендованного Хабаровским АО «ВОДЭКО».

Степень очистки воды после фильтра с загрузкой адсорбентом-катализатором в течение четырех лет промышленной эксплуатации стабильна и составляет, %: по ХПК - 70, взвешенным веществам - 90-95, солевому аммонии - 70, нефтепродуктам - 70-80, фенолам - 70-80, БПК<sub>5</sub> - 60-70. По остаточным концентрациям эффективность очистки с адсорбентом-катализатором (по сравнению с гранодиоритом) выше: по ХПК в 1,5 раза, по взвешенным веществам в 2 раза, по солевому аммонии и БПК<sub>5</sub> в 1,5 раза.

В настоящее время на очистных сооружениях ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» загружены фильтры общей производительностью 1500 м<sup>3</sup>/ч.

Проводимый комплекс исследований эффективности адсорбента-катализатора предусматривал и гигиеническую оценку АК-1.

Экспериментальные данные свидетельствуют об отсутствии гигиенически значимой миграции химических соединений, входящих в состав катализатора АК-1, в водную среду, поскольку практически все компоненты нормированы по органолептическому признаку вредности.

НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН выдано экспертное заключение от 23 июня 2000 г. о возможности применения катализатора АК качестве фильтрующей загрузки на стадии обеззараживания и доочистки питьевой и сточной воды от взвешенных и органических веществ, патогенной микрофлоры на очистных сооружениях.

НПО «Катализ» имеет патент РФ на катализатор на минеральном носителе для процесса адсорбционно-каталитической доочистки сточных вод, а также Гигиеническое заключение на продукцию Минздрава РФ № 77994515 П12394.7.00 от 3 июля 2000 г.

В 2000-2001 гг. осуществлена загрузка адсорбентом-катализатором фильтровальной станции ОАО «Ачинский НПЗ» общей производительностью 800 м<sup>3</sup>/ч. Высокая эффективность адсорбента-катализатора, достигнутая в промышленных условиях, свидетельствует, что он не только значительно превосходит по адсорбционным свойствам природные и углеродсодержащие сорбенты, но и благодаря выраженному каталитическому эффекту обеспечивает глубокую конверсию органических и азотсодержащих соединений. Адсорбент-катализатор соответствует всем требованиям качества фильтрующего материала и может быть рекомендован для широкого использования в качестве фильтрующей загрузки на фильтровальных станциях.

(40)

Результаты многочисленных опытно-промышленных испытаний по обеззараживанию очищенных сточных вод НПЗ ультрафиолетовым излучением и значительный опыт эксплуатации промышленных УФ-станций свидетельствуют о высокой эффективности и надежности УФ-обеззараживания. Несмотря на многокомпонентный состав производственных и бытовых сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, технически возможно их глубокое обеззараживание УФ-излучением для обеспечения требований МУ 2.15.1183-03 при повторном использовании сточных вод в производственных оборотных циклах предприятий. Широкое внедрение УФ-метода

для обеззараживания производственно-бытовых сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий перспективно, так как позволяет полностью исключить хлорирование из технологии очистки сточных вод.

## **ГЛАВА 4.**

### ***Современные технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод, нефтешламов и почв.***

#### **4.1. Биологическая очистка сточных вод**

На очистных сооружениях нефтеперерабатывающих заводов в зависимости от принятой на предприятии системы канализации, а также от качества исходной нефти, глубины ее переработки и номенклатуры получаемых нефтепродуктов на стадии биологической очистки применяют одно- и двухступенчатые аэротенки [41]. Большое количество потоков сточных вод, образующихся на НПЗ, обусловило необходимость использования раздельной системы канализации, при которой производственно-дождевые и химически загрязненные воды отводятся двумя системами.

Схемы очистки сточных вод первой и второй канализационных систем аналогичны. Первоначально сточные воды проходят песколовки, где из воды выделяются крупнодисперсные нефтепродукты, а также тяжелые механические примеси и песок. Затем сточные воды направляются в нефтеловушки, в которых осуществляется очистка от мелкодиспергированных нефтепродуктов и тяжелой взвеси гидравлической крупностью 0,8 мм/с. Пройдя радиальные отстойники, вода подается на сооружения биологической очистки. Сооружениями биологической очистки для предварительно очищенных сточных вод на отечественных НПЗ стран СНГ служат в основном аэротенки с рассредоточенным впуском воды и аэротенки-смесители. Аэротенки-вытеснители чаще всего применяют на второй ступени очистки. В зарубежной практике наряду с аэротенками используются биофильтры. Однако при этом требуется более тщательное удаление нефтепродуктов из

сточных вод. В том случае, если после механической очистки концентрация нефтепродуктов превышает предельно допустимую величину (25 мг/л), при которой вода может подаваться на сооружения биологической очистки, в общую технологическую схему включается физико-химическая очистка. На некоторых НПЗ для доочистки воды перед ступенью биологической очистки применяют песчаные фильтры.

Сточные воды нефтехимической промышленности содержат органические и другие примеси в широком диапазоне концентраций. Значительная часть загрязнений представлена трудноокисляемыми и токсичными веществами. В технологических схемах очистки сточных вод НПЗ нецелесообразно смешивать концентрированные и слабоконцентрированные потоки. Концентрированные сточные воды подвергаются отстаиванию, нейтрализации, осаждению, флотации, фильтрации, анаэробной и аэробной биологической очистке, окислению, микрофильтрации и обработке активированным углем.

Количество ступеней биологической очистки выбирается в зависимости от качественного состава стока и принятой системы канализации. Ориентировочные концентрации загрязнений, обуславливающие применение одно- или двухступенчатых схем биологической очистки, приведены в табл.24 Традиционные схемы очистки сточных вод представлены на рис.38.

На большинстве НПЗ для очистки стоков второй системы канализации в основном построены двухступенчатые аэротенки, что вызвано наличием в стоках загрязняющих органических веществ в достаточно высоких концентрациях. Однако, как показали обследования ряда очистных сооружений НПЗ, в настоящее время лишь на нескольких заводах необходима двухступенчатая схема очистки, так как БПК смеси сточных вод второй системы канализации не превышает 200 мг/л.

Фактические и проектные значения окислительной мощности аэротенков, характеризующие их производительность при очистке сточных вод НПЗ, приведены в табл. 25. Из данных табл. 25 видно, что проектная окислительная мощность достигается

только при биологической очистке сточных вод второй ступени канализации в одноступенчатых аэротенках.

ТАБЛИЦА 24

Загрязнения*	Концентрация загрязнений при схеме очистки	
	одноступенчатой	двухступенчатой
БПК <sub>полн</sub> , мг/л	250-500	500 и выше
Взвешенные вещества, мг/л	100	300
Сульфиды, мг/л	20	25
Нефтепродукты, мг/л	25	25
Фенолы, мг/л	2-3	5-8
Общее солесодержание, мг/л	1	5-6

*\*)Прим. автора. Во Франции число НПЗ, применявших биологическую очистку, увеличилось с 23 до 78 % (с 1970 по 1985 гг.)*

При применении традиционных технологий на очистных сооружениях НПЗ невозможно достичь современных требований на сброс, в частности, по нефтепродуктам, фенолам и другим, токсичным трудноокисляемым компонентам. При этом фактические концентрации нефтепродуктов в очищенной воде оказываются в 10-20 раз выше предельно допустимых, а фенолов - в 100-200 раз. За последние годы произошло качественное и количественное изменение состава сточных вод НПЗ в сторону уменьшения концентрации загрязняющих ингредиентов при одновременном увеличении требований к качеству очищенного стока. В связи с этим НИИ ВОДГЕО (Россия) проведены обширные исследования, направленные на интенсификацию и повышение эффективности процессов биологической очистки. Поскольку сточные воды НПЗ являются многокомпонентными смесями различных классов органических веществ, первоначально была разработана методология расчета сооружений биологической очистки по лимитирующему компоненту с учетом кинетики окисления всех специфических ингредиентов, в отличие от ранее принятой методики расчета только по БПК.

Разработки новых технологий и процессов проводились по трем основным направлениям: новые технологии и схемы глубокого удаления из сточных вод органических загрязнений при

различных условиях аэробноза; новые загрузочные материалы для повышения производительности, надежности и стабильности работы сооружений биологической очистки; комбинированные аппараты, совмещающие биологические и адсорбционные процессы, для глубокого удаления из сточных вод специфических ингредиентов до нормативов ПДК на стадии доочистки.

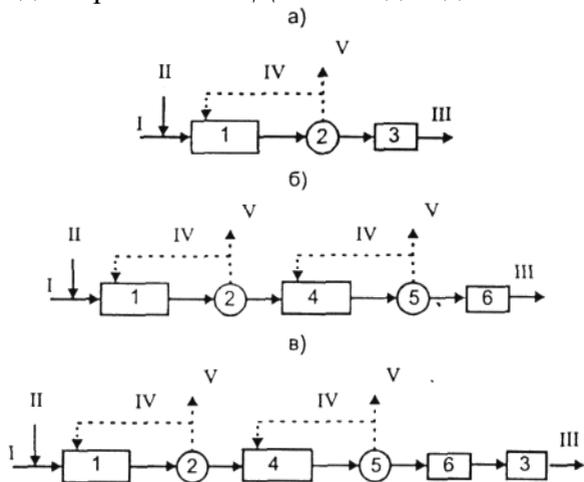


Рис.38. Схемы очистки сточных вод

*a* - одноступенчатая; *б, в* - двухступенчатые; / - производственный сток; // - хозяйственно-бытовой сток; /// - очищенная вода; *IV* - возвратный активный ил;

*V* - избыточный активный ил; 1 - аэротенк-смеситель или аэротенк с рассредоточенным впуском воды; 2 - вторичный отстойник; 3 -биологический пруд; 4 - аэротенк-вытеснитель или аэротенк с рассредоточенным впуском воды; 5 - третичный отстойник; 6 - фильтр доочистки

Из мировой и отечественной практики биологической очистки сточных вод известно, что оптимальное сочетание анаэробных (или анаэробных) и аэробных процессов позволяет наиболее полно использовать преимущества каждого метода и исключить их недостатки, тем самым увеличить эффективность и производительность процесса в целом. Применение комбинированных схем позволяет не только увеличить глубину очистки, но и улучшить седиментационные свойства активного ила, что немаловажно при обработке сточных вод НПЗ в аэротенках,

активный ил которых характеризуется высоким иловым индексом. В анаэробных (бескислородных) условиях многие органические соединения могут окисляться за счет кислорода, содержащегося в окисленных соединениях серы и азота, восстанавливаясь при этом до свободного азота (процесс денитрификации).

НИИ ВОДГЕО разработана циклическая схема в аэротенках-нитриденитрификаторах, сочетающая аноксичную (бескислородную) и аэробную зоны (рис. 39). Эта схема обеспечивает параллельное удаление органических загрязнений и соединений азота. Существенным преимуществом данной технологии является и то, что ее реализация возможна путем переоборудования существующих аэротенков в аэротенки-нитриденитрификаторы с рециркуляцией иловой смеси,

ТАБЛИЦА 25

Канализационная система	Окислительная мощность БПК <sub>5</sub> , г/(м <sup>3</sup> ·сут)	
	по нормам ВНТП 25-79	фактически
Первая, одноступенчатая система	500	192
Вторая: одноступенчатая схема	375	391
двухступенчатая схема	624	304

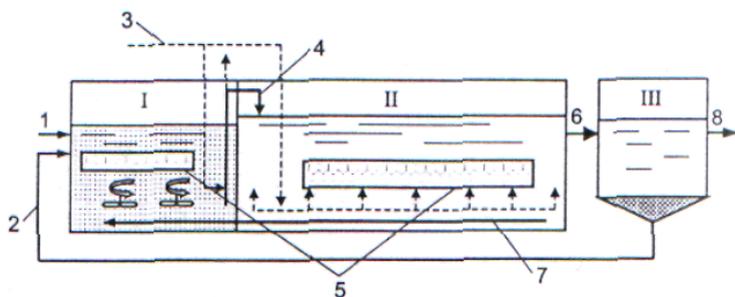


Рис. 39. I – зона денитрификации; II – зона нитрификации; III – вторичный отстойник; 1 – сточная вода; 2 – возвратный ил; 3 – воздух; 4 – эрлифт; 5 – загрузка; 6 – иловая смесь; 7 – канал циркуляции иловой смеси; 8 – очищенная вода

и при этом, как правило, нет необходимости в строительстве дополнительных сооружений. Рециркуляция иловой смеси может осуществляться из конца аэробного реактора в начало денитрификатора насосами или эрлифтами.

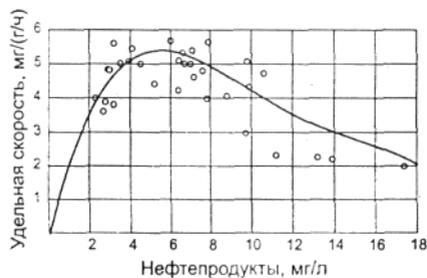
Принцип работы такой схемы основан на рециркуляции части иловой смеси между аэробной и аноксичной зонами. При этом окисление органического субстрата, окисление и восстановление соединений азота происходит не последовательно (как в традиционных схемах), а циклически, небольшими порциями, в зависимости от степени рециркуляции. В соответствии с этой схемой предусмотрено два циркуляционных контура: возврат активного ила из вторичных отстойников в аноксичную зону аэротенка; возврат иловой смеси из аэробной зоны в аноксичную, осуществляемый насосами или эрлифтами.

Оптимальный технологический режим в аэротенках-нитриденитрификаторах создается на основе экспериментальных кинетических зависимостей, позволяющих рассчитать требуемое соотношение объемов аноксичных и аэробных зон при поддержании баланса между трансформируемыми формами соединений азота и окислением органического вещества на каждой стадии обработки.

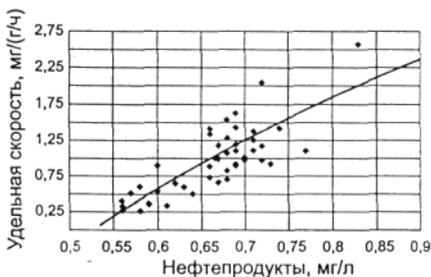
На основе проведенных исследований с модельными и реальными сточными водами получены кинетические зависимости окисления органических веществ, оцениваемых через БПК, и специфических загрязнений (нефтепродукты, СПАВ, фенолы) на каждой стадии биологической очистки.

Окисление нефтепродуктов осуществляется по закономерностям кинетики ферментативных реакций с торможением субстратом. При концентрации нефтепродуктов в очищенной воде свыше 8-10 мг/л наблюдается снижение скорости окисления, и эта концентрация является максимально допустимой при расчете аэротенков первой ступени. Оптимальная степень очистки составляет 4-5 мг/л при удельной скорости окисления 5-5,5 мг/(г·ч). Все это указывает на необходимость расчета аэротенков на основе фактически определенной удельной скорости окисления по

заданному лимитирующему показателю (ХПК, БПК, специфическим загрязнениям) в зависимости от требований, предъявляемых к качеству очищенной воды. Полученные кинетические зависимости для аэротенков первой и второй ступеней (рис.40,41) позволяют рассчитать очистные сооружения до любой заданной степени очистки.



*Рис. 40 Кинетика окисления нефтепродуктов в аэротенке первой ступени*



*Рис. 41 Кинетика окисления нефтепродуктов в аэротенке второй ступени*

Для окончательного выбора исходных данных по составу сточных вод, поступающих на сооружения биологической очистки, производится статистическая обработка параметров сточных вод на основании фактических данных. Ее результаты представляются в виде гистограмм частоты вариации расчетных показателей качества сточной воды (рис. 42). Полученные гистограммы позволяют установить частоту и диапазон вариации загрязнений за большой промежуток времени.

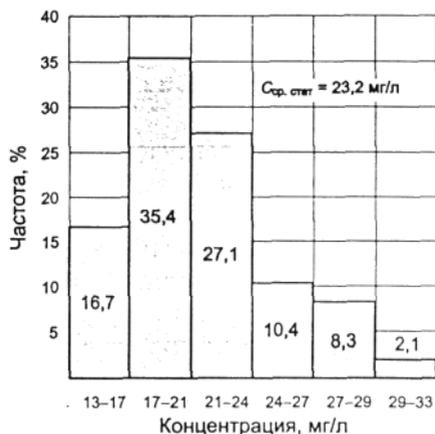


Рис.42 Гистограмма частоты вариаций нефтепродуктов смешанного стока

По нижеприведенной формуле определяется средняя статистическая концентрация  $C_{cp.стат}$  по каждому компоненту как отношение суммы произведений каждого диапазона вариаций  $C_i$  на соответствующее число проб в этом диапазоне  $n_i$  к сумме всех проб  $n$ :

$$C_{cp.стат} = \sum C_i \cdot n_i / n$$

По гистограммам определяют расчетную исходную концентрацию загрязнений при 90 % обеспеченности надежности и стабильности работы аэрационных сооружений. Так, например, средняя статистическая концентрация нефтепродуктов в сточной воде составляет 23,2 мг/л. однако на основании построенных гистограмм (рис.42) расчетная концентрация нефтепродуктов должна быть 27 мг/л.

Для оптимизации схемы, расчета ее технологических параметров и распространения на другие предприятия разработана компьютерная программа, которая позволяет на основе кинетических уравнений и уравнений материального баланса разделить процесс по стадиям, произвести технологический расчет по ступеням. Реализация процесса биологической очистки при

низкой концентрации органических загрязнений (до БПК 100 мг/л) и соответственно низком приросте активного ила возможна путем использования аэротенков с иммобилизованной на инертной загрузке микрофлорой для обеспечения их надежной и стабильной работы.

В качестве загрузочного материала (насадки) для аэротенков целесообразно использовать загрузку из призм ПР-50, обладающую высокой пористостью и значительной удельной поверхностью. Применение инертных насадок в аэротенках приводит к интенсификации процесса, увеличению окислительной мощности аэрационного сооружения за счет повышения концентрации активного ила, а следовательно, к сокращению объемов сооружений и занимаемых площадей, к улучшению седиментационных характеристик активного ила, что позволяет увеличить гидравлическую нагрузку на вторичные отстойники и сократить их количество. Кроме того, использование загрузочных материалов для иммобилизации микроорганизмов создает лучшие условия для адаптации, осуществлению процессов автоселекции и отбора в аэротенках. Это приводит к формированию специализированных биоценозов, обладающих эффективным метаболизмом и низкой скоростью роста, не способных развиваться в сооружениях со свободноплавающей микрофлорой, что обеспечивает глубокую очистку по БПК и специфическим ингредиентам.

Учитывая остаточное содержание трудноокисляемых и токсичных веществ, представленных в основном нефтепродуктами, фенолами, соединениями азота и имеющих низкие скорости окисления микроорганизмами активного ила, в отечественной и зарубежной практике большое внимание уделяется их удалению на стадии доочистки. Дальнейшее снижение специфических загрязнений и ХПК после сооружений биологической очистки сточных вод НПЗ происходит при использовании активированного угля на стадии доочистки.

НИИ ВОДГЕО разработаны биотехнология и сооружения для ее реализации - биосорберы, которые обеспечивают доочистку

биологически очищенных сточных вод по всем показателям до нормативов рыбохозяйственных водоемов. Адсорбция и биологическая обработка хорошо сочетаются между собой при удалении из сточных вод органических загрязнений, взаимно дополняя друг друга в отношении типов молекул, которые они способны удалять. Совмещение биологических и адсорбционных стадий в единый «биофизико-химический» процесс позволяет максимально использовать преимущества адсорбционнобиологической кооперации и является перспективным направлением совершенствования технологии биологической очистки.

Проведены исследования с более чем 20 видами промышленных и городских сточных вод различного состава, природными водами, а также с индивидуальными веществами различной природы, степени биоразлагаемости. К их числу относятся ряд типов красителей, СПАВ, соединения азота, нефтепродукты, сернистые, хлорорганические и фосфорорганические соединения. Технологические испытания показали высокую эффективность биосорберов как сооружений глубокой доочистки сточных вод, очистки природной воды от консервативных и биоокисляемых органических соединений. Основным механизмом, ответственным за удаление как биоразлагаемых, так и биорезистентных соединений, является биологическое окисление, осуществляемое по схеме: адсорбция - ферментативная модификация в микропористой структуре сорбента - десорбция биоразлагаемого продукта - биологическое окисление.

Биосорбционный процесс реализован в виде двухслойного реактора, сочетающего зону псевдооживленного слоя и зону фильтрования в слое гранулированного сорбента. Конструкция биосорбера обладает высокими массообменными характеристиками для эффективного подвода кислорода, обеспечивает устойчивость загрузки и водораспределительных систем против кольматации и засорения биомассой или взвешенными веществами сточных вод, эффективное отделение очищенной воды от загрузочного материала и взвешенных веществ. Окисление основной массы

растворенных органических загрязнений осуществляется в псевдооживленном слое активированного угля в аэробных или анаэробных условиях микроорганизмами, иммобилизованными на его поверхности. Удаление взвешенных и окончательное окисление органических веществ происходят в плотном слое угля при фильтрации жидкости в восходящем или нисходящем потоке.

Исследования с чистым раствором трихлордифенила, хлорфенолом, дихлорэтаном, гексадеканом, трибутилфосфатом и актелликом (слаботоксичным пестицидом) с добавлением СПАВ и биогенных элементов показали, что при обработке этих веществ на биосорберах с активированным углем в зависимости от условий аэрирования можно достичь нормативов ПДК рыбохозяйственного водоема.

На основе этой программы разработаны рекомендации для проектирования и реконструкции очистных сооружений Ново-Куйбышевского НПЗ.

Институт биосинтеза белковых веществ разработал принципиально новый биотехнологический подход, позволяющий полностью очистить нефтесодержащие сточные воды от сернистых соединений и вывести их из водной фазы в виде компактного нетоксичного осадка элементарной (молекулярной) серы [42]. Это практически исключает загрязнение очищенных сточных вод кислородсодержащими соединениями серы. Кроме того, в процессе очистки наблюдается достаточно полное окисление фенолов до углекислого газа и воды.

Разработан способ локальной очистки сернистых и фенольных сточных вод с применением биопрепарата тионовых бактерий. Биопрепарат может использоваться в качестве катализатора окисления сульфидов и фенолов кислородом воздуха при стандартных режимах аэрации стоков, применяющихся на действующих заводах. Исследования, проведенные в лабораторных условиях на технологическом конденсате Московского и Уфимского нефтеперерабатывающих заводов, показали, что биопрепарат способствует более полной отгонке сероводорода в газовую фазу, а также окислению оставшегося количества до

элементарной серы. При этом наблюдается активное окисление фенолов и меркаптанов и снижение содержания аммонийного азота. Так, в процессе очистки стока Уфимского нефтеперерабатывающего завода было зафиксировано снижение содержания сульфидов (сероводорода) с 8500 до 0-5 мг/л, аммонийного азота - с 5100 до 1500 мг/л, фенолов - с 750 до 50 мг/л.

Концентрация снизилась по всем компонентам технологического конденсата, кроме аммонийного азота, до уровня, соответствующего наиболее чистым заводским потокам. Для решения проблемы снижения концентрации аммонийного азота в технологических конденсатах предложен способ его полной отгонки в газовую фазу из стока, полученного после очистки технологического конденсата с применением биопрепарата. В лабораторных условиях показано, что возможна практически полная отгонка аммонийного азота в виде аммиака на второй ступени очистки сточных вод после применения биопрепарата на первой ступени очистки и повышения pH очищенного стока до 10-11. После второй ступени очистки концентрация аммонийного азота составила всего 20-100 мг/л, фенолов - 15-25 мг/л (табл.26).

Таблица 26

Загрязняющий компонент	Сточные воды, мг/л		
	исходные	после первой очистки	после второй очистки
Сульфиды	8500	0 - 5	0 - 5
Тиосульфаты	0	340	340
Аммонийный азот	5100	1000 – 1500	20 – 100
Фенолы	750	20 – 50	15 - 25

Для проверки полученных результатов на Московском нефтеперерабатывающем заводе были проведены испытания в промышленной колонне установки Г-43-107 по очистке сточных вод с применением биопрепарата. Испытания проводились в стационарном режиме при аэрации технологического конденсата объемом около 5 м<sup>3</sup> в течение 2 ч без нагрева, результаты полностью подтвердили лабораторные исследования (табл.27).

ТАБЛИЦА 27

Заполняющий компонент	Сточные воды, мг/л	
	исходные	после очистки
Сумма сернистых соединений	4400	1,7
Сульфиды	3700	1,2
Тиосульфаты	0,09	15,8
Меркаптаны	0,59	0
Фенолы	28	0,4

Из результатов проведенных исследований следует, что в процессе очистки из концентрированных токсичных стоков, содержащих сульфиды, фенолы и аммонийный азот, возможно практически полное удаление загрязняющих компонентов с незначительной остаточной концентрацией кислородных соединений серы; при практически полном удалении сульфидов остаточная концентрация тиосульфатов составляет всего 15,8 мг/л. Введение на нефтеперерабатывающих заводах предложенного способа локальной очистки технологического конденсата значительно повысит эффективность биологической очистки общего стока завода, удешевит этот процесс, позволит применить биофильтры, снижающие объем очистных сооружений и количество избыточного активного ила.

ГосНИИсинтезбелок предлагает биофильтры специальной конструкции с иммобилизованными микроорганизмами-биодеструкторами, обеспечивающими высокие скорости утилизации нефтяных загрязнений (до 20 000 мг/кг в течение одного месяца).

Загрязненные нефтепродуктами шламы и осадки образуются в различных технологических операциях процесса нефтепереработки. Они, как правило, представляют собой стойкие дисперсные системы с содержанием воды от 50 до 95 %. Наиболее распространенный прием обезвоживания шламов и осадков состоит в использовании химической обработки их коагулянтами и

флокулянтами с последующим обезвоживанием на вакуумных фильтрах, центрифугах или ленточных фильтрах. При этом предусматривается возможность получения нефтяной фракции с возвращением ее в цикл нефтепереработки вместе с сырой нефтью. Переработка полученной в этом процессе твердой фазы, а также избыточного активного ила наиболее целесообразна способом биокомпостирования. Концентрация нефтепродуктов в осадке, пригодном для биокомпостирования, может составить от 10 до 100 г/кг воздушно-сухого осадка. Процесс предусматривает наличие дренажной системы, позволяющей снизить затраты на обезвоживание шламов. Возможна дополнительная утилизация солей, полученных на установках ЭЛОУ, в качестве микроэлементов для биокомпостирования.

ГосНИИсинтезбелок разработал и производит нефтеокисляющий биопрепарат ОЛЕОВОРИН, состоящий из высушенных живых нефтеокисляющих микроорганизмов. Препарат прошел необходимые испытания и разрешен для очистки почвы и воды. Технология ОЛЕОВОРИН включает в себя комплекс мероприятий, направленных на снижение концентрации нефтепродуктов в осадке, в том числе обработку биопрепаратом, минеральными подпитками и биогенными компонентами. Для оптимизации очистки предлагается введение структурирующих добавок, перемешивание, увлажнение осадка, химико-аналитический и микробиологический контроль, и управление процессом биоокисления.

В процессе очистки осадка по предложенной технологии активизируются два основных биологических процесса: аэробный, протекающий в присутствии молекулярного кислорода, и анаэробный - при его отсутствии. На первой стадии очистки наиболее важную роль играет аэробный процесс окисления микроорганизмами углеводов как основных загрязняющих компонентов. Это осуществляется с помощью биопрепарата ОЛЕОВОРИН, в состав которого входят бактерии вида *Acinetobacter olevorum* и другие микроорганизмы, обладающие способностью разлагать большинство фракций нефти как в

естественных смесях (различные типы нефти), так и в нефтепродуктах. Разложению подвергаются также парафины с длиной цепи до 35-40 атомов углерода и полиядерные ароматические соединения (бенз-а-пирен и другие канцерогены). Препарат работает в широком диапазоне температур (от 3 до 45 °С) и величины рН (от 4 до 9,5), нефтеокисляющая способность его составляет 5-7 мг углеводов на один миллиард бактерий в час. Внесение биопрепарата в сочетании с определенными агротехническими приемами позволяют активизировать и анаэробные микробиологические процессы, протекающие с участием аборигенной почвенной микрофлоры. Совместное протекание аэробных и анаэробных микробиологических процессов позволяет полностью окислить и разложить нефтепродукты до углекислого газа, гумуса и воды.

Полученный в процессе биокомпостирования очищенный осадок может быть использован в составе грунтов для озеленения территорий. Таким образом, предлагаемая схема позволит комплексно решить экологические проблемы нефтеперерабатывающих заводов.

К наиболее экологически опасным относятся сточные воды лакокрасочного производства, в состав которых входят: ксилол, толуол, бутанол, фталевый и малеиновый ангидриды, циклогексанон, ацетон, бутилацетат, уайт-спирит, акролеин, сольвент, жирные кислоты, масла, а также ионы тяжелых металлов: свинца, кобальта, цинка, кадмия, железа, меди, никеля и других при суммарной концентрации 20 - 60 мг/дм<sup>3</sup>, а также сульфаты ~ 500 мг/дм<sup>3</sup>. ХПК сточных вод лакокрасочного производства колеблется от 2 до 10 тыс. мг/дм<sup>3</sup>. Сточные воды не поддаются обработке активным илом в традиционных биологических очистных сооружениях - аэротенках и даже в окситенках. Разбавление их также неоправданно ни с экологической, ни с экономической точек зрения, а также в связи с большим содержанием ионов тяжелых металлов, которые могут сорбироваться на активном иле, накапливаться в нем и тем самым значительно осложнять его дальнейшую утилизацию.

Последние достижения микробиологии, биохимии и биотехнологии очистки сточных вод, применение эффективных носителей для иммобилизации гидробиоценозов, использование в процессе селекционированных высокоактивных ассоциаций микроорганизмов-деструкторов, способных использовать альтернативные кислороду терминальные акцепторы электронов, способствовали разработке и внедрению анаэробных процессов при очистке такого рода сточных вод.

До внедрения предложенной биотехнологии [43] на Лидском ПО "Лакокраска" были построены аэробные биологические очистные сооружения (с использованием воздуха, обогащенного техническим кислородом)- окситенки. Всего в этих сооружениях задействовано пять параллельно включенных окситенков. Процесс очистки сточной воды предполагалось осуществлять селекционированным к загрязняющим веществам активным илом. Однако адаптированный активный ил оказался не способным очищать такие сточные воды.

Разработанная биотехнология (рис. 43) включает в себя несколько последовательных стадий: анаэробное биологическое окисление органических веществ селекционированным биоценозом, использующим нитрат в качестве терминального акцептора электронов; стадию сульфатредукции, на которой происходит разрушение загрязняющих веществ сульфат-восстанавливающими бактериями и химическое связывание ионов тяжелых металлов сероводородом в нерастворимые сульфиды, которые удаляются с анаэробных биореакторов в шламонакопители; аэробную очистку сточных вод в биореакторе интенсивного массообмена и доочистку сточной воды аэробными гидробионтами на последующей стадии.

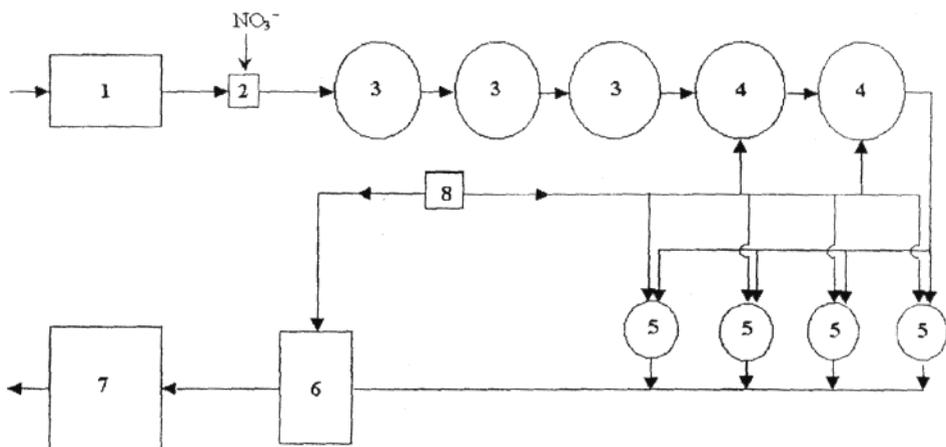


Рис. 43. Принципиальная технологическая схема биологической очистки сточных вод Лидского ПО "Лакокраска": 1 - флотатор, 2 - промежуточная емкость, 3 - анаэробные реакторы, 4- аэробные биореакторы I ступени, 5-аэробные биореакторы II ступени, 6 - зоореактор, 7 - накопитель очищенной воды, 8 - воздуходувка

В каждом биореакторе равномерно размещена волокнистая насадка типа "ВИЯ" с иммобилизованными специально селекционированными микроорганизмами-деструкторами. Количество насадки в анаэробных биореакторах составляет 2, в аэробных - 1 кг/м<sup>3</sup>. Проведенные исследования показали, что на 1 кг такой насадки иммобилизуется и удерживается до 1 кг биомассы (по сухой массе).

Так как в сточных водах лакокрасочного производства практически отсутствуют нитраты, по разработанной нами биотехнологии их вносили в качестве терминальных акцепторов электронов для дыхания денитрифицирующих бактерий в виде калийной и аммиачной селитры из расчета ХПК : NO<sub>3</sub> = 4 : 1, с тем, чтобы восстановление окисленных форм азота осуществлялось до его элементного состояния. В таком же направлении проводили селекцию бактериальных культур.

Необходимо отметить, что указанная биотехнология обработки сточных вод разработана с учетом существующих на предприятии очистных сооружений, которые были рассчитаны для

очистки сточных вод активным илом с использованием воздуха, обогащенного техническим кислородом. В соответствии с разработанной нами технологической схемой сточные воды после усреднения и физико-химической обработки проходят через три последовательно размещенных анаэробных биореактора с объемом по 250 м<sup>3</sup> каждый. Общий объем сточных вод составляет ~ 2000 м<sup>3</sup> в одни сутки. Таким образом, продолжительность пребывания сточных вод на анаэробной стадии - ~ 9 ч. Далее сточные воды очищают на аэробной стадии в двух последовательно подключенных биореакторах такого же объема в течение ~ 4 ч и они поступают на аэробную доочистку в параллельно расположенные биореакторы (по старой схеме - отстойники) общим объемом 500 м<sup>3</sup>. На последующей стадии (в зоореакторе) сточные воды обрабатываются иммобилизованными олиготрофными микроорганизмами и простейшими, которые трофически удерживаются в теле насадки ВИЯ, расположенной в биореакторе. Общий объем зоореактора ~ 500 м<sup>3</sup>. Затем сточные воды поступают в резервуар очищенной воды (объемом - ~ 600 м<sup>3</sup>), их отстаивают и сбрасывают в городской канализационный коллектор. Осадок, образуемый на анаэробной стадии и содержащий сульфиды тяжелых металлов, периодически откачивают на флотацию. На остальных стадиях обработки активный ил не отбирают.

Таким образом, общий объем очистных сооружений, с учетом резервуара условно чистой воды, составляет 2850 м<sup>3</sup>, т. е. продолжительность пребывания сточных вод в сооружениях ~ 1,5 сут. Очищенную воду (ХПК - 100, БПК<sub>5</sub> - 6, взвешенные вещества - 40 мг/дм<sup>3</sup>) сливают в общегородскую канализацию.

В таблице 28 показана эффективность очистки сточных вод Лидского ПО "Лакокраска" (Беларусь) на анаэробной и первой аэробной стадиях обработки по разработанной биотехнологии (среднемесячные показатели).

ТАБЛИЦА 28

Стадия	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>			
	ХПК	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Начальная (сточная вода)	1840	550	90	430
Денитрификация	740	70	76	400
Сульфатредукция	380	7	50	270
Аэробная	120	27	40	325

Как видно, на стадии денитрификации за счет окисления органических загрязняющих веществ окисленными соединениями азота снижение ХПК происходит с 1840 до 740 мг/дм<sup>3</sup>, концентрации нитратов и нитритов - с 550 до 70 мг/дм<sup>3</sup>. Снижается также концентрация аммонийного азота в результате ассимиляционного использования его денитрифицирующей ассоциацией иммобилизованных микроорганизмов. На этой же стадии несколько уменьшается и концентрация сульфатов, что свидетельствует о восстановлении окисленных соединений азота до его элементного состояния, который в виде N<sub>2</sub> выделяется в воздух, не загрязняя окружающей среды. Окислительно-восстановительный потенциал в первом анаэробном биореакторе-денитрификаторе изменяется в диапазоне 100 - 50 мВ.

На стадии сульфатредукции происходит снижение ХПК сточной воды с 740 до 380 мг/дм<sup>3</sup> в результате окисления загрязняющих веществ ассоциацией сульфатредуцирующих бактерий. Концентрация оксидов азота уменьшается до 7, аммонийного азота - до 50, SO<sub>4</sub> - с 400 до 270 мг/дм<sup>3</sup>. На этой же стадии полностью удаляются ионы тяжелых металлов путем химического связывания с сероводородом, который образуется бактериями. Окислительно-восстановительный потенциал снижается с -50 до -200 мВ.

Аэробная обработка воды на первой стадии позволяет снизить ХПК до 120 мг/дм<sup>3</sup>. Возрастает концентрация оксидов азота и сульфата. На последующих стадиях аэробной обработки сточной воды ее качество полностью соответствует нормам ПДК для сброса в городской канализационный коллектор.

Количество загрязняющих веществ, которые минерализуются на биологических очистных сооружениях, можно определить по уравнению

$$M_{\text{загр}} = (C_{\text{св}} - C_{\text{ов}}) Q,$$

где  $M_{\text{загр}}$  - количество минерализованных загрязняющих веществ, кг/сут,  $C_{\text{св}}$  - концентрация данных веществ в сточной воде,  $C_{\text{ов}}$  - в очищенной воде, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  - производительность сооружения, м<sup>3</sup>/сут.

Принимая во внимание, что концентрация загрязняющих веществ по ХПК в сточной воде Лидского лакокрасочного производства составляет 2 кг/м<sup>3</sup>, в очищенной по разработанной нами и внедренной биотехнологии - 0,1 кг/м<sup>3</sup>, производительность сооружения - 2000 м<sup>3</sup>/сут, всего извлекается из сточной воды в одни сутки 3800 кг органических загрязняющих веществ по ХПК.

Количество осадка, который удаляется из анаэробных биореакторов на флотацию, составляет в среднем 800 кг/сут.

Таким образом, в очистных сооружениях при продолжительности пребывания сточной воды 1,5 сут в трофической цепи гидробионтов минерализуется без образования избыточной биомассы 3 т ХПК в одни сутки.

Разработанная биотехнология внедрена в производство в 1990 году и непрерывно функционирует до настоящего времени, свидетельствуя о том, что сточные воды, в состав которых при высоких концентрациях входят такие токсические соединения, как растворители и ионы тяжелых металлов, могут быть эффективно очищены в анаэробных условиях с использованием альтернативных кислороду терминальных акцепторов электронов для дыхания бактерий. Трофическая цепь гидробионтов решает проблему избыточной биомассы, которая образуется в биотехнологическом процессе утилизации органических загрязняющих веществ микроорганизмами.

Предложенная биологическая технология очистки сточных вод лакокрасочного производства может быть успешно применена для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Для нормальной работы стана холодного проката металла требуется большое количество смазочно-охлаждающих жидкостей

(СОЖ) - от двух до трех тысяч тонн в один час. Срок эксплуатации СОЖ составляет в среднем 6-7 сут. Основными компонентами маслосодержащих стоков металлургического производства являются нефтяные масла, представляющие собой продукт вакуумной перегонки сырой нефти и состоящие, в основном, из смеси высокомолекулярных углеводородов (УВ). В процессе применения они накапливаются в биосфере, нарушая ее экологическое равновесие. Использование высокоэффективных средств очистки и восстановления СОЖ позволяет увеличить срок их эксплуатации, но не решает проблему повторной длительной эксплуатации.

В мире ежегодно в биосферу попадает 6 млн. т. нефтепродуктов. Экологические показатели загрязняющих веществ биосферы украинских металлургических предприятий в 5 - 40 раз превышают основные нормативные показатели природоохранных стандартов, а по нефтяным загрязняющим веществам в 1,5-4 раз превышают ПДК. Как правило, такие стоки являются устойчивыми эмульсиями, содержащими, кроме минерального масла, большое количество токсичных и трудно поддающихся распаду органических добавок и продуктов их термохимической деструкции.

Существующие в настоящее время химические и механические способы борьбы с этим видом загрязняющих веществ трудоемки, дорогостоящи и часто представляют собой экологическую опасность, поскольку предполагают использование химических реагентов, сорбентов и ПАВ.

Биологическое разложение нефти и нефтяных отходов под действием микроорганизмов в естественных условиях происходит очень медленно, зачастую столетиями. При интенсивном загрязнении биосферы не приходится рассчитывать на самоочищаемость последней. Поэтому интенсификация естественных процессов биологического разложения нефтепродуктов путем культивирования различных видов микроорганизмов, потребляющих нефть для своего питания, является в настоящее время наиболее перспективным методом очистки. На сегодняшний день известно множество видов

микроорганизмов, потребляющих органические вещества нефтепродуктов, причем каждый из них проявляет узкую специфичность к определенному классу УВ.

Целью работы [44] было создание оптимального комплекса микроорганизмов, в результате жизнедеятельности которых происходит минерализация УВ маслосодержащих стоков металлургического производства, а также изучение процесса трансформации сложного УВ-субстрата микроорганизмами и определение оптимальных параметров биологической деструкции этого вида загрязняющих веществ.

Для получения культур микроорганизмов-деструкторов УВ нефти использовали метод накопительных культур. Их выделяли из проб смазочно-охлаждающих эмульсий после окончания срока эксплуатации последних: из почвы, загрязненной маслами и мазутом; со стенок трубопроводов и емкостей, многие годы контактирующих с маслосодержащими стоками.

Установлено ранее, что в прокатных эмульсиях, бывших в эксплуатации длительное время, содержится 15 - 80 г/дм<sup>3</sup> свободных и эмульгированных масел, причем количество парафиновых углеводородов уменьшается в 8 раз в сравнении со свежеприготовленными СОЖ, ароматических - в 1,5. В два - три раза повышается количество нафтеновых углеводородов и смолоподобных веществ. Исследования показали, что все ингредиенты изучаемых стоков в той или иной мере разлагаются бактериями и микромицетами, которые используют их как источник питания. Более длительной деструкции подвергались полициклические ароматические углеводороды и нафтенy. Слабая деструкция смолообразных веществ многими изученными микроорганизмами объясняется сложностью и разнообразием их химического строения.

Исследовали деструктивную активность ряда штаммов грибов и бактерий, как свободных, так и иммобилизованных, иммобилизация в большинстве случаев повышала деструктивную активность не только отдельных штаммов, но и смешанной культуры.

Известно, что смесь культур микроорганизмов с различным метаболизмом более интенсивно и полно разлагает субстраты сложного химического состава, чем отдельные чистые культуры. Это вполне согласуется и с полученными данными (табл.29). Разнообразии химической структуры УВ отходов СОЖ и масел требует использования многих микроорганизмов для их деструкции.

Определены оптимальные параметры процесса деструкции: рН - от 6 до 8, температура - в интервале 18 - 30° С. Значительное повышение метаболического коэффициента вызывало обогащение очищаемого стока минеральными солями.

Оптимальные значения концентраций этих солей (в частности  $K_2HPO_4$  и  $NH_4(NO_3)_2$ ) определены экспериментально и составляют 0,3 г/дм<sup>3</sup>. Деструкция нефтяной фракции СКМ при исходной концентрации 5 г/дм<sup>3</sup> составляет 94 - 96 %, при концентрации 10 г/дм<sup>3</sup> - ~ 90 %.

ТАБЛИЦА 29

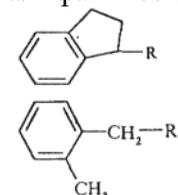
Углеводы	На входе в биореактор		На выходе из биореактора	
	%	г/дм <sup>3</sup>	%	г/дм <sup>3</sup>
Парафины	19,1	9,5	30,1	0,54
Нафтены:				
моноциклические	40,1	20,1	42,2	0,54
бициклические	13,0	6,5	-	-
трициклические	3,0	1,5	-	-
Алкилбензолы	8,0	4,0	27,7	0,50
Инданы, тетралины	2,0	1,0	-	-
Динафтенбинзолы	2,5	1,3	-	-
Нафталины	2,9	1,5	-	-
Аценафтены	2,6	1,3	-	-
Флюорены	2,8	1,4	-	-
Фенантрены, антрацены	3,9	1,9	-	-

*Примечание. (-) – углеводы не выявлены*

Положительным фактором можно считать присутствие в сформированном комплексе микромицетов.

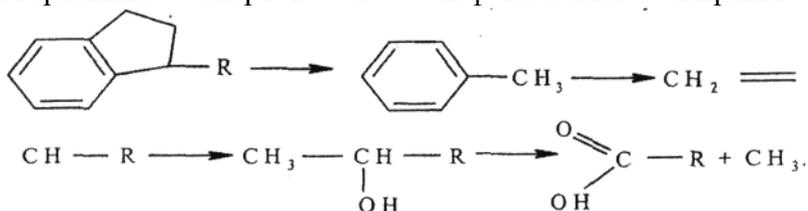
В исходном стоке были идентифицированы парафины, моно- и трициклические нафтены и семь групп ароматических

углеводородов разной степени цикличности. На выходе из установки состав органической фракции содержит, в основном, парафины, моноциклические нафтены и алкилбензолы. Гомологический состав последних изменился в сторону уменьшения молекулярной массы и содержит только гомологи C<sub>6</sub> - C<sub>10</sub>, которых не было в исходной пробе. Очевидно, произошли деструктивные изменения как исходных высокомолекулярных алкилбензолов, так и комбинированных нафтено-ароматических структур за счет раскрытия нафтеновых циклов и удаления алифатических фрагментов. Например, инданы



могут деструктурировать с образованием алкилбензолов, которые далее распадаются на алкилбензолы меньшей молекулярной массы и парафины  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{CH}_3\text{R}$ . Идентично под

воздействием микроорганизмов деструктируют и другие типы полициклических нафтенов и ароматических углеводородов. Одним из направлений деструкции того же индана может быть образование кислородсодержащих соединений, например вторичных спиртов и алифатических жирных кислот:



Это подтверждает молекулярно-массовое распределение алкилнафталинов и алкилфенантронов, обнаруженных в исходной пробе (табл.30). Отсутствие указанных алкилпроизводных ароматических УВ на выходе из установки подтверждает нашу гипотезу и свидетельствует об изменении их состава за счет деструктивных процессов.

УВ, входящие в состав легкокипящей фракции, утилизируются практически полностью (табл. 30). Появились

отсутствовавшие ранее вторичный бутанол в следовых количествах и гептадиен при концентрации 1,2 мг/дм<sup>3</sup>. Их можно рассматривать как продукт трансформации ранее присутствовавших соединений: вследствие микробиологической деструкции образуются непредельные углеводороды, которые далее окисляются до вторичных спиртов и кетонов.

ТАБЛИЦА 30.

*Деструкция низкокипящей фракции маслосодержащего стока микроорганизмами в биореакторе*

Соединение	Формула	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
		на входе в биореактор	на выходе из биореактора	
2-Метил-пентан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,56	отс.	-
3-Метил-пентан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,27	тоже	-
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1,60	"	1,0
1-Метил-этил-циклопропан	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	0,87	"	-
1-Гексен	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	1,56	"	-
3-Этил-пентен	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	1,17	"	1,0
<i>n</i> -Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	1,64	"	-
Метил-циклогексан	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	0,61	"	1,0
Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,70	"	0,5
Этилбензол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,83	"	0,5
Мета-ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	2,70	"	0,05
Орто-ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,94	"	0,05
1-Метил-этил-бензол	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	0,36	"	0,05
1,3,5-Триметил-бензол	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	0,32	"	0,05
Сероуглерод	CS <sub>2</sub>	5,13	0,04	1,0
Вторичный бутанол	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	отс.	0,015	1,0
гептадиен	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	отс.	1,2	-

Изучение количественного и качественного составов жирных кислот на входе и на выходе установки показало, что относительное содержание длинноцепочечных жирных кислот в стоке (10 г/дм<sup>3</sup> УВ на входе), прошедшем очистку, начиная с C16,

значительно уменьшилось и в конечном итоге составило 25,9 %, что вдвое меньше, чем в исходной пробе. Вместе с тем относительное содержание жирных кислот с углеводородной цепью меньшей, чем C<sub>16</sub>, увеличилось (на 74,2 %) за счет деструктивных процессов.

Таким образом, разложение нефтяной фракции маслосодержащих стоков под воздействием полученной СКМ происходит многоступенчато с различным направлением деструкции и соокисления, осуществляемого микроорганизмами с неодинаковым метаболизмом при образовании ряда промежуточных продуктов.

Анализируя полученные результаты, можно предположить, что в деструктивных процессах микроорганизмы за один акт действия усваивают как минимум одну CH<sub>2</sub>-, CH- или CH<sub>3</sub>-группы. Ненасыщенные углеводороды первоначально окисляются до кетонов и вторичных спиртов с различным положением функциональной группы в алкильной цепи с последующим образованием кислот. Алифатические, нафтеновые и ароматические кислоты являются одними из конечных продуктов микробиологической деструкции, что ведет к образованию гуминовых кислот, питательных компонентов, как для наземных, так и для водных высших и низших растений.

Сточные воды, поступающие на очистные сооружения Туапсинского нефтеперерабатывающего завода [45] содержат органические вещества, как растворимые в воде, так и эмульгированные, например углерод от C<sub>5</sub> до C<sub>70</sub> (предельные, непредельные, нафтеновые, ароматические, кислородсодержащие углеводороды, ПАВ, растворители и присадки). Неорганические соединения представлены в основном сульфидами различных металлов. Такие сточные воды необходимо подвергать предварительной механической и физико-химической очистке от нефтепродуктов, что имеет большее значение при дальнейшей очистке на сооружениях биологической очистки.

С внедрением интенсивной технологии добычи нефти на очистные сооружения в последнее время поступают сложные

нетрадиционные химические загрязнители, которые, смешиваясь дождевыми водами, образуют сложные химические соединения, плохо поддающиеся гравитационному расслаиванию при механической очистке.

Это вызвано в первую очередь тем, что на очистку подаются: сточные воды разного качества и температуры от многих объектов завода; подтоварные воды резервуаров сырой нефти с промыслов с различными химическими соединениями; сернисто-щелочные стоки, образующиеся в процессе снижения содержания серы в нефтепродуктах; сильноокисленные воздухом нефтепродукты после их физико-химической очистки; остатки нефтешлама после его биологического разложения, а также стоки с быстроменяющейся динамикой, во многом зависящей от погодных условий. Применяемая в настоящее время схема флотации позволяет значительно снизить уровень загрязнений. Однако в связи с тем, что на флотаторы поступают сточные воды, содержание нефтепродуктов в которых в 5 — 10 раз превышает регламентированные нормы, то физико-химический способ не обеспечивает необходимой степени очистки. Это в свою очередь снижает эффективность и биологической очистки.

Таким образом, существующий процесс очистки нефтесодержащих сточных вод имеет ряд значительных недостатков, не отвечает возросшим требованиям к качеству Очищенной воды и не позволяет осуществлять глубокую очистку сточных вод до установленных нормативов, что отрицательно сказывается на работе микроорганизмов, на стадии биологической очистки. Кроме того, ужесточение экологических требований к сбрасываемым сточным водам выдвигает новые требования к качеству очистки на существующем оборудовании.

ТАБЛИЦА 31.

*Эффективность очистки сточных вод при использовании в насадке различных материалов*

Показатель	Режим работы очистных сооружений			
	№1	№2	№3	№4
Содержание нефтепродуктов, мг/л:				
поступающих	2,34/2,73	5,95/8,03	7,63/6,82	29,4/23,19
очищенных	0,7/1,12	1,56/4,56	4,59/5,44	10,9/17,15
Эффективность очистки, %	70/43	74/43	40/20	63/26

*Примечание: Числитель – материал насадки геотекстиль, знаменатель – ранее применявшийся.*

Для повышения степени очистки сточных вод необходимо провести оптимизацию процесса биологической очистки, повысить устойчивость его к сложным и изменяющимся условиям работы. Наиболее простой и эффективный способ — подбор оптимального материала загрузки биофильтров.

Для этого специалисты Экологического науч-но-производственного предприятия "Сириус" (Россия) исследовали возможность применения новых полимерных материалов, например геотекстиля. Геотекстиль изготавливают из полипропилена. Его плотность  $0,9 \text{ г/см}^3$ , предел прочности  $8,5 \text{ кН/м}^2$ , температура плавления  $165 \text{ }^\circ\text{C}$ . Этот материал получают соединением непрерывных волокон диаметром  $60 — 300 \text{ мкм}$ . Материал водонепроницаем благодаря наличию пор (размер пор  $120 \text{ мкм}$ ), устойчив к воздействию кислот и щелочей, а также УФ стабилизирован.

При проведении эксперимента на одном из блоков биологической очистки в насадках использовали новый материал для загрузки и традиционный. Сточные воды подавались двумя потоками. Это позволило произвести сравнительную оценку эффективности очистки сточных вод при использовании разных материалов при различных режимах работы биофильтров, отличающихся концентрацией поступающих на них нефтепродуктов (табл.31).

Из таблицы 31 видно, что геотекстиль оптимально подходит для проведения биологической очистки в сложных условиях. В

результате исследований установлено, что эффективность очистки увеличивается в таких условиях на 20 — 40 % при минимальных затратах. Это происходит, прежде всего, из-за того, что предлагаемая насадка обладает хорошими регенерационными свойствами и не происходит ее забивание нефтепродуктами и биомассой при залповом поступлении сложных загрязнителей. В конечном итоге удалось оптимизировать работу блока биологической очистки и значительно снизить влияние негативных факторов на степень очистки.

Геосинтетические материалы обеспечивают устойчивое развитие биоценозов закрепленных микроорганизмов, легко адаптирующихся к изменению состава сточных вод, направляемых на очистку. Это способствует интенсификации процесса биологической очистки нефтесодержащих сточных вод, снижению прироста избыточной биомассы за счет использования трофических взаимодействий и повышению устойчивости биоценозов к возможным экстремальным ситуациям.

#### **4.2 Очистка воды, нефтешламов и почв с помощью биопрепаратов-деструкторов**

Разложение нефти и нефтепродуктов в почве в естественных условиях — процесс биогеохимический, в котором решающее значение имеет функциональная активность почвенных микроорганизмов, обеспечивающих полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды. Так как углеводородокисляющие микроорганизмы являются постоянными компонентами почвенных биоценозов, появилось стремление использовать их катаболическую активность для восстановления загрязненных нефтью почв. Ускорить очистку почв от нефтяных загрязнений с помощью микроорганизмов возможно в основном двумя способами [46]:

- активизируя метаболическую активность естественной микрофлоры почв путем изменения соответствующих физико-химических условий среды;

•внесением специально выделенных из естественной микрофлоры активных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненную почву.

Фирма «Экойл» создала «Технологию рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвы и воды при помощи выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов», прошедшей государственную экологическую экспертизу в Нижневартовском межрайонном комитете по охране окружающей среды и Государственном комитете по охране окружающей среды Томской области (Россия)

Выделенные группы нефтеусваивающих микроорганизмов прошли контроль на патогенность и разрешены для практического применения при ликвидации замазученности на предприятиях нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности центрами Государственного санитарно — эпидемиологического надзора г. Нижневартовска и г. Томска, а также Томской областной станцией защиты растений.

Масштабирование культур микроорганизмов-деструкторов для промышленного применения производится в жидком виде на ГП НПО «Вирион» в соответствии с требованиями ТУ 92-9199-004-04868221-97.

Технология рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвы и воды с помощью выделенных из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов применяется при рекультивации замазученных территорий с 1993 г. В 1996 г. впервые за весь период освоения нефтяных месторождений Крайнего Севера была создана, а в 1997 г. модернизирована экологическая машина, которая предназначена для рекультивации замазученных территорий по технологий фирмы «Экойл» и НТО «Приборсервис» (табл.32). Всего было разработано четыре модификации.

ТАБЛИЦА 32.

*Результаты рекультивации с внесением культуры  
микробов-деструкторов (1997 г.)*

Место-рождение	Район куста	До рекультивации		После рекультивации		Площадь, га	
		Дата	Содержание нефтепродуктов, г/кг	Дата	Содержание нефтепродуктов, г/кг	Рекультивированная	Сданная в природопользование
НГДУ «Приобьнефть»	454	15.06.97	250	22.08.97	2	1,35	1,35
	1844	15.06.97	393	22.08.97	58	1,4	1,4
	451 - 941:						
	выдел 1	15.06.97	341	22.08.97	36	16,15	16,15
	выдел 2	15.06.97	435	22.08.97	2	1,32	1,32
	выдел 3	15.06.97	418	22.08.97	7	0,5	0,5
	829	15.06.97	960	11.09.97	10	5,6	5,6
451	15.06.97	237	22.08.97	39	2,3	2,3	
Всего по НГДУ «Приобьнефть»						28,62	28,62
НГДУ «Саматлорнефть»	569	01.06.97	85	22.08.97	17	15,6	15,6
Всего по НГДУ «Саматлорнефть»						15,6	15,6
СП «Ваньеганнефть»	24:						
	выдел 1	18.04.97	164	04.09.97	74	0,7	
	выдел 2	18.04.97	164	04.09.97	35	12,3	
	выдел 3	18.04.97	164	04.09.97	44	0,3	
	28 – 31:						
	выдел 1	07.07.97	126	04.09.97	19	1,3	1,3
	выдел 2	07.07.97	126	04.09.97	80	1,1	1,1
	выдел 3	07.07.97	126	04.09.97	51	1,8	1,8
выдел 4	07.07.97	126	04.09.97	47	0,9	-	
Всего по СП «Ваньеганнефть»						18,4	17,5
Всего по договору субподряда с ТОО «Грин»						62,62	61,72

Машина автономна, глубина обработки почвы в зависимости от замазученности достигает 40 см. Она имеет два бункера для удобрений и семян однолетних и многолетних трав с аборигенной культурой микробов-деструкторов, которые разбрасываются с помощью транспортера одновременно с фрезерованием почвы, т.е. происходит комплексная обработка замазученных земель. Машина

устанавливается на любую технику, способную передвигаться в условиях болот. После окончания рекультивации ее снимают, а техника высвобождается для других работ.

### **Техническая характеристика экологической машины «ЭМ-2М»**

<i>Мощность двигателя, кВт</i>	79,5
<i>Габаритные размеры, м</i>	6,7х3,2х2,1
<i>Масса, кг</i>	3500
<i>Производительность, га/ч</i>	До 0,5
<i>Частота вращения фрезы, мин-1</i>	300-400
<i>Скорость движения, км/ч</i>	До 5
<i>Обслуживающий персонал, чел.</i>	1
<i>Вместимость загрузочного бункера, м<sup>3</sup></i>	1
<i>Расход препарата, л/га</i>	0,5

До 1999 г. работы по микробиологической очистке воды и почвы проводились на загрязненных территориях Тюменской (ООО "Лукойл Западная Сибирь" — ТПП Когалымнефтегаз, ТПП "Ланге-паснефтегаз", "Мегионнефтегаз", "Нижевартовскнефтегаз", СП "Ваньеганнефть"), Томской (ОАО "Томскнефть" ВНК) и Иркутской областей. В 1999 г. начались работы на загрязненных территориях Тюменской (ОАО "Славнефть-Мегионнеф-тегаз", СП "Ваньеганнефть", Корпорация "Югра-нефть", НГДУ "Самотлорнефть", НГДУ "Белозер-нефть", НГДУ "Приобьнефть") и Томской (НГДУ "Васюганнефть", ОАО "Томскнефть" ВНК) областей. Работы осуществлялись под контролем комитетов по охране природы этих регионов.

#### **Достоинства технологии:**

- снижение содержания нефти и нефтепродуктов в воде и почве в 10 — 70 раз за сезон (табл.32);
- применение микробов-деструкторов, выделенных из естественного микробиоценоза, исключает непредсказуемые экологические последствия, возможные при использовании посторонних видов микроорганизмов (деваройл, путидойл и др.);
- комплекс выделенных штаммов микробов-деструкторов обеспечивает полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды;

•возможность использования для ликвидации замазученности нефтью и нефтепродуктами (бензин, керосин, дизтопливо и др.) во всех регионах земного шара;

•безопасна для человека;

•внесение в почву всех компонентов одновременно;

•низкая стоимость концентрированного биологического препарата.

За весь период применения технологии (1993 — 1999 гг.) рекультивировано и сдано в природопользование соответствующим комитетам охраны природы около 800 га замазученных нефтью и нефтепродуктами почвы и водной поверхности.

С помощью агротехнических приемов можно ускорить процесс самоочищения загрязненных нефтью почв путем создания оптимальных условий для проявления потенциальной катоболитической активности углеводородоксилирующих микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза.

Одним из основных факторов, лимитирующих процесс разложения углеводов, является газовойоздушный режим загрязненной почвы. Для окисления углеводов микроорганизмами необходимо наличие молекулярного кислорода, в анаэробных условиях процесс окисления крайне затруднен.

Рыхление загрязненных почв увеличивает диффузию кислорода, снижает концентрацию углеводов в почве, обеспечивает разрыв поверхностных пор, насыщенных нефтью, но в то же время способствует равномерному распределению компонентов нефти и нефтепродуктов в почве и увеличению активной поверхности взаимодействия. При этом создается оптимальный водный, газо-воздушный и тепловой режим растет численность микроорганизмов, их активность, усиливается активность почвенных ферментов, увеличивается энергия биохимических процессов. Оптимальная температура почвы 20 - 37 °С.

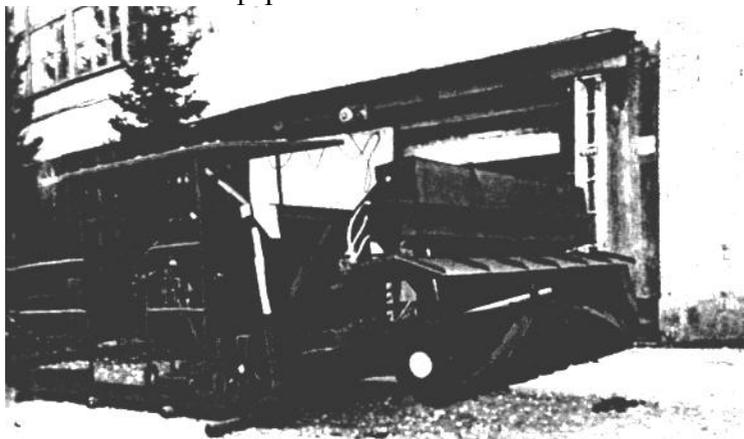
Обеспеченность почв биогенными элементами (азотом, фосфором и калием) — важный фактор, определяющий

интенсивность разложения нефти и нефтепродуктов. Недостаток биогенных элементов необходимо восполнять путем внесения в почву минеральных удобрений. Потребность в питательных элементах зависит от типа почв, однако практически во всех случаях внесение биогенных элементов в виде минеральных удобрений стимулирует разложение углеводов. Биогенные элементы вносят в почву при фрезеровании (табл. 2)

При фрезеровании на меньшую глубину расход минеральных удобрений уменьшается. Понижающие коэффициенты следующие: при фрезеровании на 20 см — 1,5; на 15 см — 2,0; на 10 см — 2,5; от 0 до 5 см — 3,0.

При внесении культуры микробов-деструкторов с минеральными удобрениями на участки, залитые водой, понижающий коэффициент равен 2,0 на 1000 м<sup>3</sup> воды.

Влажность почв оказывает положительное влияние на скорость разложения нефти и нефтепродуктов. После полива улучшаются агрохимические свойства почвы, в частности увеличивается подвижность питательных веществ, микробиологическая и ферментативная активность.



Новая машина, изготовленная в г. Искитиме, перед отправкой на Север (1998 г.)

Кислотность почвы также играет важную роль. Значения рН, близкие к нейтральным, являются оптимальными для роста на углеводах большинства микроорганизмов. Для раскисления

почвы дополнительно можно вносить известь или доломитовую муку в количестве 2000 кг на 1 га. Известь снижает подвижность токсичных веществ, содержащихся в нефти. Для активного восстановления дерново-подзолистых почв, превратившихся в результате нефтяного загрязнения в техногенные солончаки и солонцовые почвы, рекомендуется химическая мелиорация, в частности гипсование. В этом случае при достаточном количестве влаги в присутствии гипса поглощенный натрий вытесняется кальцием, а образующийся сульфат натрия вымывается, техногенно-обусловленная щелочность почвы снижается.

ТАБЛИЦА 33.

*Нормы внесения вместе с культурой микробов-деструкторов минеральных удобрений на 1 га замазученной территории при фрезеровании на глубину 25 – 30 см*

Содержание нефтепродуктов, г/кг	Масса продуктов микробов-деструкторов, кг	Масса удобрения, кг				
		Аммиачная селитра	Диамоний фосфат	Хлористый калий	Азофоска	Нитро-аммофоска
<100	120	150	60	50	300	280
100-250	150	300	120	90	570	540
>250	200	500	200	150	950	900

Посев в загрязненную нефтью почву трав с разветвленной корневой системой способствует ускорению разложения углеводов. Положительное воздействие сельскохозяйственных растений, в частности многолетних трав, объясняется тем, что их развитая корневая система способствует улучшению газовой воздушного режима загрязненной почвы, обогащает почву азотом и биологически активными соединениями. Все это стимулирует рост микроорганизмов и ускоряет разложение нефти и нефтепродуктов. Также следует учитывать способность самих растений разлагать различные нефтяные углеводороды.

Проведение работ по рекультивации земель (1997 г.)



Для фиторекультивации загрязненных земель болотных и лесоболотных экосистем используют семена однолетних и многолетних трав, кг/га: рогоза широколистого 40, мятлика лугового 35, канареечника 20, лисохвоста 30, осоковых 35, костра 35, овса 200.

Общая длительность процесса рекультивации зависит от почвенно-климатических условий и характера загрязнения. Наиболее быстро этот процесс может быть завершен в степных, лесостепных, субтропических районах. В северных районах он будет продолжаться более длительное время.

Полная стоимость рекультивации 1 га загрязненных нефтью земель составляет в 1999 г. 100000 — 180000 руб., срок окупаемости вложений 30 дней.

"ЭКОНАДИН" новый биопрепарат, выпускаемый в Украине, сочетающий положительные свойства природных или синтетических сорбентов с бактериальными препаратами для биodeградации углеводородов нефти [47]. Препарат не имеет аналогов за рубежом, защищен двумя патентами.

"ЭКОНАДИН" представляет собой порошок коричневого цвета. В основе препарата бактерии супердеструкторы углеводородов нефти, иммобилизованные по специальной технологии на органическом субстрате - торфе. Экологически

чистый, нетоксичный, без запаха. Препарат не утрачивает своих деструктивных и адсорбционных свойств при длительном хранении.

"ЭКОНАДИН" адсорбирует широкий спектр нефтей и нефтепродуктов с последующей их биодеградацией в природной среде (вода, донные отложения, почва), либо в специальных фильтрах при водоочистке.

В препарате сочетаются быстро проявляемая адсорбционная способность и деструктивная активность. Препарат плавуч и гидрофобен, локализует и устраняет пленочные загрязнения, очищает водную толщу от эмульгированных нефтей, интенсифицирует природные процессы самоочищения водоемов.

При ликвидации аварийных разливов препарат наносится на загрязненную поверхность с нефтесборщика, с помощью технических средств; в случаях крупномасштабных разливов могут использоваться авиасредства. Эффективность очищения водного зеркала высокая и достигает 90 - 95 % площади при снятии радужных пленок.

Натурные и модельные испытания показали эффективность применения препарата в широком диапазоне температур. У "ЭКОНАДИНА" отсутствует явление десорбции, что исключает вторичное загрязнение. Препарат утилизируется непосредственно в природной среде, что делает необязательным его сбор.

Натурные наблюдения за очисткой и рекультивацией почвы, загрязненной нефтепродуктами, показали высокую эффективность препарата для этих целей. Эффект очистки достигал 70-90% при одноразовой обработке в течение 14 дней - 2 месяцев. Система очистки включает использование препарата "ЭКОНАДИН", органоминеральных удобрений и набора агротехнических приемов, принятых в конкретном регионе. Глубокая очистка производственных нефтесодержащих сточных вод.

Система очистки обеспечивает стабильный эффект очистки при длительной эксплуатации до уровня нефтепродуктов 0,05 мг/л. Технология безотходная, очищенная вода безвредна, прозрачна, может быть использована повторно в оборотных циклах. Расход

биопрепарата при использовании на водной поверхности и почве составляет 50 – 200 г/м<sup>2</sup>. Ориентировочная стоимость препарата – 10 у.е. за 1 кг (1 кг соответствует объёму 2,5 л)

В результате систематических аварийных разливов нефти в России ежегодно в окружающую среду попадает около 25 млн. т нефти. Среди методов ликвидации разливов наиболее перспективны следующие: механический, физико-химический и микробиологический. Микробиологические методы, в которых, как правило, используется инокуляция микроорганизмами - деструкторами нефти, произведенными *ex situ*, высоко эффективны при низком уровне нефтяных загрязнений. При высоком уровне загрязнения их эффективность не так ярко выражена. Низкие среднегодовые температуры на большей части территории России, особенно в нефтедобывающих регионах, являются другим ограничением успешного применения этих методов, так как активность микроорганизмов - деструкторов нефти резко снижается при температуре ниже 10°C. Несмотря на отмеченные выше ограничения, микробиологические методы привлекают к себе все большее внимание в нашей стране, особенно в качестве завершающей стадии при ликвидации аварийных разливов. Это обусловлено их экономической привлекательностью (дешевизна) и возможно с их помощью существенно снижать уровень нефтяного, загрязнения.

В статье [48] рассматривается опыт применения биопрепарата «Родер» для биоремедиации загрязненных нефтью водной поверхности и почв, накопленный в результате лабораторных, пилотных и полевых испытаний, проведенных Всесоюзным нефтегазовым институтом и МГУ им. М. В. Ломоносова в Подмосковье, Центральной России, Западной Сибири и Республике Коми. Биопрепарат «Родер» (сертификат № 77.99.04.515Д. 4855. 08.01 Минздрава РФ) состоит из двух непатогенных бактерий (*Rhodococcus ruber* и *Rhodococcus erythropolis*), выделенных из почв, загрязненных нефтью, и особенно эффективных для очистки водной поверхности от нефтяных загрязнений. Этот феномен связан с физиологическими

особенностями родококков, составляющих биопрепарат. Они имеют липофильную клеточную стенку и живут, прикрепляясь к пленке нефти, на разделе фаз нефть - вода. Биodeградирующая активность родококков продолжается до тех пор, пока не будет утилизирована вся пленка нефти.

Биопрепарат «Родер» представляет собой концентрат живых или лиофильно высушенных высокоактивных клеток обеих бактерий, применяемых в соотношении 1:1 (по массе). Температурный диапазон применения биопрепарата 10-30°C, pH 5,5-7,8. Биопрепарат «Родер» действует в широком диапазоне загрязнений (20 % и выше), но наиболее эффективен при низком уровне загрязнения (0,1-0,5 %), который остается после предварительной механической очистки. Без углеводов биопрепарат теряет свою биологическую активность из-за отсутствия углерода как источника питания и энергии.

Рабочий раствор биопрепарата готовится путем разбавления его водой (0,1-1 кг на 1000 м<sup>3</sup>) до нужной концентрации клеток в рабочем растворе (1x10<sup>6</sup>-7 кл/мл). В виде суспензии, обогащенной минеральными компонентами - источниками азота, фосфора в концентрации 0,02-0,2 % и биостимуляторами, биопрепарат наносится дождеванием на загрязненные нефтью водную поверхность или грунт. Биопрепарат применяют в теплый период - от двух недель до нескольких месяцев в зависимости от степени загрязнения. Обычно он наносится на загрязненные объекты с интервалом 2-3 недели.

Пилотные эксперименты ставились в г. Урае в 1996 г. на разливах нефти 20-летней давности с уровнем загрязнения 150-200 г/кг грунта, в г. Нижневартовске в 1999 г. - на труднопроходимом болоте верхового типа с шестилетним нефтяным загрязнением (720-800 г/кг), в Республике Коми близ г. Усинска в 2001 г. на разливах в 1994 г. и в 1996 г. на болоте и песчаном грунте (50-87 и 786-911 г/кг соответственно), причем погодные условия не всегда благоприятствовали проведению биоремедиационных работ. В пилотных экспериментах в зависимости от первоначального уровня нефтяного загрязнения и погодных условий биопрепарат «Родер»

снижал этот уровень на 23-75 %, тогда как в контроле наблюдалось снижение от 0 до 18 %.

Биопрепарат «Родер» показал высокую эффективность (> 99 %) при биоремедиации открытой водной поверхности при начальном уровне нефтяного загрязнения 0,4-19 г/л в природных условиях: заводь р. Черной (площадь около 100 м<sup>2</sup>) и два озера в г. Вынгапуре (5000 м<sup>2</sup> каждое). Заводь р. Черной (1995 г.) только дважды обрабатывали биопрепаратом, при благоприятных погодных условиях она была полностью очищена от пленки нефти. Водоемы на Вынгапуре (1995 г.) биопрепаратом обрабатывали три раза, и погодные условия также благоприятствовали биоремедиации. Все три объекта после биоремедиации сданы в природопользование, поскольку остаточный уровень нефтяного загрязнения не превышал ПДК. Агрохимический и микробиологический мониторинг состояния водоемов в процессе биоремедиации не выявил отрицательного воздействия на состав воды и аборигенную микрофлору.

Летом 1996 г. в г. Урае при ликвидации свежего нефтяного разлива с водной поверхности болота площадью 2000 м<sup>2</sup> применили механический сбор загрязнения; в результате начальный уровень нефтяного загрязнения (10,5 г/л) был снижен на 75 %. Последующее трехкратное применение биопрепарата «Родер» позволило снизить концентрацию остаточной нефти на 57 %. В общей сложности уровень нефтяного загрязнения снизился на 94 %. В процессе биоремедиации довольно сухого болота (площадью 10 тыс. м<sup>2</sup>) на Вынгапуре с высоким начальным уровнем нефтяного загрязнения, оставшимся после сжигания нефти, равным 243 г/кг, невозможно было применить механические методы сбора загрязнения, и эффективность биопрепарата «Родер» составила 65%.

Таким образом, эффективность использования биопрепарата «Родер» для биоремедиации почв и почвогрунтов как в лабораторных, так и в полевых условиях изменялась от 17 до 90 % в зависимости от начального уровня и возраста нефтяного загрязнения, возможности применения механических методов

сбора нефти, характеристик почвы и нефти, климатических условий. Наилучшей стратегией для ре-медиации подобных объектов является комбинированное применение различных методов, которые завершались бы микробиологическим воздействием на остаточное нефтяное загрязнение.

Биопрепарат «Родер» на свежих разливах нефти, особенно на водной поверхности, за один сезон деградирует нефтяные загрязнения на 57-99 % при их исходной концентрации 0,4-19 г/л; на загрязненных нефтью грунтах, с концентрацией нефти 80-240 г/кг, при относительно благоприятных погодных условиях - на 57-75 % за один теплый сезон. При неблагоприятных погодных условиях и при загрязнении грунта нефтью 700-800 г/кг трехкратное внесение биопрепарата снижает уровень загрязнения на 19-34 % за один сезон.

Исследована способность некоторых углеводородокисляющих штаммов олигоазотрофных микроорганизмов утилизировать углеводороды дизельного топлива в средах с азотным питанием и ограниченным количеством азота (с «стартовыми» дозами), а также фиксировать атмосферный азот [49]. Показано, что для бактериальных штаммов *Azotobacter* sp.2, *Rhodococcus* sp.4 и *Pseudomonas rathonis* 5 характерна нитрогеназная активность. Фиксация азота происходит наиболее активно в ассоциации микроорганизмов-деструкторов, чем в монокультурах. При использовании ассоциации деструктивные процессы дизельного топлива протекают интенсивнее как в условиях достаточного обеспечения азотного питания, так и при его дефиците.

При решении проблемы рекультивации нефтезагрязненных торфяных почв более целесообразным представляется разработка способов стимулирования активности аборигенной нефтеусваивающей микрофлоры загрязненного грунта, не требующих трудоемких, дорогостоящих операций, связанных с выделением, культивированием и внесением углеводородокисляющей культуры микроорганизмов.

Один из таких способов (приоритетная справка от 18.05.02) был разработан НТО "Приборсервис" [56]. В основу способа положено применение природных алюмосиликатных минералов, обогащенных необходимым для почвенных микроорганизмов комплексом микроэлементов и обладающих благодаря своей высокопористой структуре большой площадью активной поверхности, обеспечивающей одновременно сорбцию углеводородов нефти и адгезию клеток нефтеусваивающих микроорганизмов из почвы. Такое совмещение в одном объеме углеводородного субстрата и агентов его трансформации при наличии достаточного количества азота, фосфора и необходимых микроэлементов способствует формированию в загрязненном грунте центров активной деструкции веществ загрязнителей.

Кроме того, высокие концентрации углеводородных поллютантов в почве приводят к расширению соотношения углерода и азота и частичной гипоксии, что способствует 1,5 — 2-кратному усилению в нефтезагрязненной почве процессов микробиологической азотфиксации. Введение в нефтезагрязненную почву минерала-мелиоранта, содержащего в составе микроэлементного комплекса молибден, обеспечивает максимальный уровень не-симбиотической азотфиксации в грунте за счет активации нитрогеназного ферментного комплекса азотфиксирующих бактерий.

Согласно экспериментальным данным применение минерала-мелиоранта в количестве 2 т на 1 га торфяной почвы, степень загрязнения которой нефтепродуктами составляет 15 % при фоновом содержании азотфоски 1 т, обеспечило очистку почвы на 85 — 88 % в течение одного летнего месяца. При этом внесение минерала-мелиоранта вместе с препаратом нефтеусваивающих микроорганизмов не обеспечило дополнительного положительного эффекта. Показатели численности углеводородокисляющих микроорганизмов, уровня азотфиксации и степени очистки в обоих вариантах значительно не различались (табл. 34)

ТАБЛИЦА 34

*Динамика численности УВ-окисляющих микроорганизмов и активность азотобактера в нефтезагрязнённом грунте*

Исследуемый образец почвы	Продолжительность наблюдений	Количество УОМ, тыс. клеток/1 г	Активность азотобактера, %
Контрольный	7 – 10 сут	12580	76,5
С минералом-мелиорантом		62330	100
С минералом-мелиорантом и микробным препаратом		13500	100
Контрольный	2,5 – 3 мес	7,5	0
С минералом-мелиорантом		15,4	0
С минералом-мелиорантом и микробным препаратом		11,9	0
Контрольный	4 – 4,5 мес	2075,0	0
С минералом-мелиорантом		3550,3	0
С минералом-мелиорантом и микробным препаратом		2001,0	0

В целях определения эффективности применения минерала-мелиоранта для очистки почвы с высокой степенью загрязнения нефтепродуктами (25 — 30 %) было проведено исследование трех образцов почвы: с минералом-мелиорантом (2,5 т/га); с минералом-мелиорантом и микробным препаратом (2,5 т/га); без минерала-мелиоранта (контрольный образец).

Минерал-мелиорант применяли при фоновом содержании аммиачной селитры 600 кг/га и суперфосфата 1 т/га.

Визуальные наблюдения за состоянием нефтезагрязненного грунта показали резкое скачкообразное изменение структуры грунта примерно через 5 — 6 сут после начала опыта. При этом исходная пастообразная, маслянистая масса грунта приобрела более рассыпчатую, рыхлую структуру.

Микробиологический анализ численности УОМ в контрольных и опытных образцах грунта показал, что максимальное количество УВ-окисляющих микроорганизмов в первые 7 — 10 сут опыта было установлено при использовании чистого минерала-мелиоранта без микробного препарата. Численность

УОМ при контрольном варианте и применении минерала-мелиоранта с микробным препаратом была почти в 5 раз ниже. Активность азотобактера во всех исследованных образцах в этот период была довольно высокой. Внесение минерала-мелиоранта в обоих случаях привело к усилению азотфиксации (табл. 2).

Согласно данным химического анализа на 10-е сутки от начала опыта наибольшее количество остаточной нефти было обнаружено в случае контрольного варианта, а наименьшее — при использовании минерала-мелиоранта. В соответствии с этим наибольшая степень деструкции нефти была получена при использовании минерала-мелиоранта (47 — 53 %), а наименьшая — при контрольном вариант (32,3 %).

Микробиологический анализ численности УОМ спустя 3 месяца от начала опыта показал резкое уменьшение количества УВ-окисляющих микроорганизмов в\* исследуемом грунте всех вариантов. По-видимому, это обусловлено сокращением в составе нефти легкодоступных парафинонафтовых низкомолекулярных углеводородов и истощением биогенных элементов. Кроме того, велика вероятность накопления в грунте токсичных продуктов деструкции нефти. Максимальное количество УОМ, как и в начале опыта, по-прежнему сохранялось и при внесении в грунт чистого минерала-мелиоранта.

ТАБЛИЦА 35

*Интенсивность деструкции нефти через 4 месяца наблюдений*

Исследуемые образец почвы	Исходное содержание нефти, г/г грунта	Содержание остаточной нефти, г/г грунта	Интенсивность деструкции нефти, %	Разница с контролем, %
Контрольный	0,15	0,074	50,7	-
С минералом-мелиорантом	0,15	0,055	63,4	12,7
С минералом-мелиорантом и микробным препаратом	0,15	0,067	56,0	5,3

\* - УОМ углеводородокисляющие организмы

Необходимо отметить резкое снижение активности азотобактера при всех вариантах исследования, по-видимому, из-за сокращения количества легкодоступных источников углерода (парафиновых углеводородов нефти), а также уменьшения гипоксии. Парциальное давление углекислого газа в почвенном воздухе благодаря замедлению деструкционных процессов уменьшается, а кислорода, в связи с улучшением структуры грунта, возрастает.

Следовательно, приходится констатировать, что активное поступление азота в грунт, загрязненный нефтепродуктами, имеет место только на начальных этапах деструкции нефти. По мере снижения содержания в грунте нефтяных углеводородов и восстановления нормального газообмена азотобактер теряет свои преимущества, и активность его падает. Представляется интересным установить связь между уровнем активности азотобактера, содержанием нефти в почве и степенью ее токсичности. Возможно, активность азотобактера станет одним из качественных критериев степени очистки загрязненной почвы.

Микробиологический анализ грунта через четыре месяца показал, что численность УОМ во всех вариантах опыта вновь заметно возросла, хотя и не достигла исходных значений. Причем анализ систематической принадлежности микроорганизмов выявил перестройку микробного УВ-окисляющего сообщества грунта в этот период по сравнению с начальными этапами деструкции нефтепродуктов. Культуры, выделенные через четыре месяца с начала опыта, обнаружили способность активного роста не только на исходной нефти, но и на углеводородах с высоким содержанием тяжелых ароматических фракций, в том числе на мазуте. По-видимому, возрастание численности УОМ, обнаруженное на четвертом месяце наблюдений, свидетельствует, во-первых, о снижении уровня токсичности грунта, а во-вторых, о перестройке микробного УВ-окисляющего комплекса грунта в направлении увеличения в его составе доли активных деструкторов тяжелых фракций нефти.

Результаты анализа содержания остаточной нефти в исследуемом грунте через четыре месяца показали, что наиболее эффективным является вариант с внесением чистого минерала-мелиоранта, обеспечивающего максимальную степень деструкции нефти — 63,4 — 65 % (табл.35).

Сравнение темпов деструкции нефти в первые 7—10 сут. опыта и в последующий период свидетельствует о резком замедлении деструкционных процессов в последние месяцы опыта, что обусловлено исчерпанием в почве источников азотного и фосфорного питания для микробов. Основная масса нефтепродуктов была утилизирована УВ-окисляющими микроорганизмами в первые 7 — 10 сут после внесения минерала-мелиоранта и удобрений.

Учитывая высокий уровень естественной биологической азотфиксации в нефтезагрязненной почве и ее дополнительное стимулирование внесением минерала-мелиоранта, можно сделать предположение о целесообразности дробного внесения азотных и фосфорных удобрений. Причем на первом этапе в период интенсивного притока атмосферного азота в почву можно ограничиться внесением не более 1/3 общего объема применяемых удобрений. Оставшиеся 2/3 минеральных удобрений целесообразнее внести через 10 — 20 сут после начала рекультивации, когда количество нефтепродуктов в почве и, следовательно, уровень азот-фиксации заметно снижается.

Украинской холдинговой компанией «Комплект-Экология» разработаны биопрепараты «VI-CHEM 2000 GU» и «VI-CHEM 1008 SF» для разрушения в воде, почве, трубопроводах — жиров, растворителей, масел, углеводов, ПАВ, белков, крахмала и других органических веществ.[51] Применяются в нефтеперерабатывающей промышленности, на автозаправочных станциях и кожевенных заводах, в канализации и других отраслях промышленности.

Выпускается в порошкообразном виде или в виде жидкости.

В России (г. Новосибирск) выпускается биопрепарат-деструктор нефтешламов и почв «Путедойл» в виде порошка белого или желтого цвета.

Препарат «Аквамар 2000» - высокоэффективное и экологически безопасное средство, пригодное для очистки поверхностей, загрязненных нефтепродуктами и жирами, а также нефтесодержащих сточных вод. [52] В его состав входят поверхностно-активные вещества (ПАВ) и активаторы, обеспечивающие моющие свойства, а также органические кислоты, растительные экстракты, которые служат питательной средой для бактерий, находящихся в естественном состоянии в воде и воздухе. Очищающее действие заключается в разрушении входящих в состав нефтепродуктов сложных органических веществ на более простые соединения, которые в дальнейшем вместе с остатками моющих компонентов подвергаются биологической деструкции бактериями, находящимися в воде и воздухе.

Образующиеся в результате использования препарата «Аквамар 2000» сточные воды разрешается сбрасывать в городскую канализацию для последующей очистки на биологических очистных сооружениях, имеющихся в каждом городе Украины.

Сбросу в канализацию подлежат сточные воды, содержащие 50 мг/л препарата «Аквамар 2000» (концентрация ПАВ 5 мг/л), что соответствует действующим на Украине нормативным требованиям на сброс в канализацию поверхностно-активных веществ.

Поступление в указанных концентрациях Аквамара и продуктов его разложения на биологические водоочистные сооружения:

не токсично для активного ила; активизирует процесс размножения его микрофлоры;

стимулирует протекание биохимических процессов детоксикации стоков.

Содержащийся в стоке препарат, в процессе очистки на биологических очистных сооружениях разрушается до нетоксичных компонентов (диоксид углерода и воду), не оказывающих отрицательного воздействия на окружающую природную среду.

Методом биотестирования с помощью генетически измененных штаммов бактерий установлено, что в интервале концентраций препарата от 0,3 мг/л до 1000 мг/л не проявляются эффекты канцерогенности и наследственной аномалии (генных мутаций).

Это позволяет использовать препарат «Аквamar 2000» в различных сферах хозяйственной деятельности без ущерба для здоровья человека (Табл. 36).

ТАБЛИЦА 36

*АКВА-МАР2000 (A-Q-MAR 2000) Пропорции разведения водой*

ПОЛЬЗОВАНИЕ	A-Q-MAR 2000	ВОДА
Общая очистка - ручная обработка	1 часть	1 часть
Пароочистение	1 часть	Сколько требуется
Мытье под давлением	1 часть	До 10 частей
Чистка полов	1 часть	До 10 частей
Обезжиривающая ванна, холодная	1 часть	1 часть
Обезжиривающая ванна, 60°C	1 часть	До 5 частей
Обезжиривающая ванна, 90°C	1 часть	До 10 частей
Обезжиривающая разбрызгивающая система, холодная	1 часть	До 10 частей
Обезжиривающая разбрызгивающая система, горячая	1 часть	До 10 частей

## **HYDROBREAK**

Реагенты серии HYDROBREAK производятся в Соединенном Королевстве в соответствии со стандартами качества BS5750/ISO9000 [58]

Удаляя загрязняющие вещества с загрязненных поверхностей, средства HYDROBREAK разрушают длинные молекулы углеводов, содержащихся в этих веществах, с образованием более коротких цепей, легче поддающихся дальнейшему воздействию. Уникальный состав HYDROBREAK стимулирует затем «взрывное» размножение бактерий, которые имеются в этих веществах в естественных условиях и которые перерабатывают остатки, превращая их в воду и диоксид углерода. После этого, когда ресурсы для их питания исчерпаны, бактерии просто погибают. HYDROBREAK не просто перемещает загрязнители куда-то в другое место, как это происходит при использовании обычных детергентов, растворителей, диспергаторов нефти или обезжиривающих реагентов на углеводородной основе, он обеспечивает разложение загрязнителей. И поскольку HYDROBREAK сам по себе не оставляет пятен и подвержен полному биологическому разложению даже в смеси с загрязняющими веществами, после споласкивания от него не остается никаких следов.

Чистящие/обезжиривающие средства, а также средства для разложения нефтепродуктов уникального ассортимента HYDROBREAK BS 5750/ISO 9000. Они рассчитаны на то, чтобы не оказывать неблагоприятного воздействия на окружающую среду, (не на базе растворителей).

HYDROBREAK обладает способностью разлагать масла, смазки, жиры и многие ароматические вещества животного, минерального и синтетического происхождения на более приемлемые в экологическом отношении компоненты с меньшим размером молекул.

Биореагенты ассортимента HYDROBREAK полностью безопасны при их использовании в любой ситуации, где приемлемо использование воды.

У средства HYDROBREAK отсутствуют вредные факторы, связанные с применением этих продуктов.

.В отличие от большинства обычных средств очистки/обезжиривания, HYDROBREAK классифицируется как не представляющий опасности.

HYDROBREAK можно применять в сочетании с определенными штампами бактерий для обработки стоков особого состава, либо в сочетании для удаления различных углеводов для обработки загрязненной поверхности земли и дорог.

Средства обладают способностью при их использовании делать углеводороды негорючими.

HYDROBREAK Universal - это универсальное очищающее и обезжиривающее средство, предназначенное для применения во всех случаях, когда возникают проблемы связанные с маслами, жирами или смазкой. В качестве примера можно назвать удаление смазки с пола в целях безопасности или чистку механизмов для повышения эффективности их работы. HYDROBREAK Universal можно разбавлять по мере необходимости, от минимальной рекомендуемой величины 5 : 1 для обычного применения до максимального эффективного разбавления 100 : 1. Средство поставляется в контейнерах по 25 и 205 литров, не подлежит возврату.

HYDROBREAK 2000 - более концентрированная форма HYDROBREAK Universal .Может использоваться в тех же областях применения, но особо эффективно при удалении растекшегося масла и углеводов, а также при обработке стоков и рекультивации почвы. В связи с более высокой концентрацией, которая делает HYDROBREAK 2000 весьма ценным средством, рекомендуется разбавление от 10:1 до 200:1. Средство поставляется в контейнерах по 25 и 205 литров, не подлежащих возврату.

HYDROBREAK Plus - высококонцентрированное средство, что облегчает его транспортировку и хранение. Предназначен для тех же областей применения, что и менее концентрированные составы, но особенно подходит для применения на морском флоте

и в открытом море (его можно разбавлять морской водой), а также для системы дозирования стоков и для экспорта. Рекомендуется разбавление от 25 : 1 до 500 : 1. Использование его в системах дозирования при обработке стоков дает возможность значительно повысить производительность станции очистки сточных вод. Средство поставляется в контейнерах по 25 и 20 литров, не подлежащих возврату.

**HYDROBREAK DR** - средство, состав которого специально подобран для использования в аэрозольных моющих системах при температуре выше 40° С. HYDROBREAK DR позволяет без пенообразования произвести очистку и обезжиривание недавно изготовленных деталей. Включенная в него система краткосрочного предотвращения коррозии делает его подходящим средством для очистки, как черных, так и цветных металлов, а также пластмасс, каучука и окрашенных поверхностей. Минимальное разбавление для обычного применения составляет 10 : 1, но HYDROBREAK DR остается эффективным при разбавлении до 100 : 1. Средство поставляется в контейнерах по 25 и 205 литров, не подлежащих возврату.

**HYDROBREAK POWER** - очень мощное средство для обезжиривания и разложения углеводов, предназначенное для удаления самого плотного осадка высоковязкого топлива, а также сырой нефти, смол, тяжелых восков. Для обеспечения максимальной эффективности очистку следует производить с помощью напорных моющих устройств при 40° С. Это средство особенно эффективно удаляет застарелые углеводородные загрязнения. Разбавление до 200 : 1. Средство поставляется в контейнерах по 25 и 205 литров, не подлежащих возврату.

Типичные области применения HYDROBREAK:

Средства ассортимента HYDROBREAK могут использоваться для удаления смазки и масла с самых различных поверхностей в самых разнообразных областях применения.

Удаление растекшегося масла: при работе с топливом и маслами, их транспортировке, перегрузке или просто утечке из труб и т.д.

*Основные потребители:* компании - дистрибьюторы нефтепродуктов, аэропорты, управления шоссейных дорог, электрические компании и прочие предприятия, где возможна утечка нефтепродуктов.

Очистка/обезжиривание: там, где имеет место накопления масел, смазки или жиров.

*Основные потребители:* заправочные станции, компании владеющие заводами, пищевая промышленность, промышленные предприятия широкого профиля, технические компании, местные органы власти, обезжиривание кухонного оборудования, чистка емкостей, морской флот, обезжиривание полов, а также везде, где накопление масла и жира может привести к созданию опасной рабочей обстановки.

Подготовка поверхности: там где перед окраской, сборкой и другими операциями необходимо удалять масло, смазки или воски.

*Основные потребители:* обрабатывающая, металлообрабатывающая и судостроительная промышленность, а также везде, где перед дальнейшей обработкой поверхности необходимо ее обезжиривание.

Обработки сточных вод: в тех отраслях промышленности, где очистка стоков связана с проблемой удаления углеводородов и ароматических соединений.

*Основные потребители:* компании, занимающиеся водоснабжением и очисткой сточных вод, обрабатывающая промышленность, пищевая, молочная, перерабатывающая промышленность, предприятия общественного питания, а также все предприятия, стоки которых не отвечают приемлемому уровню.

Рекультивация земли: с целью очистки территорий, загрязненных углеводородами или органическими загрязняющими веществами.

*Основные потребители:* электрические, железнодорожные компании, местные органы власти, компании, ведущие

разработки, а также все те, кто обязан производить очистку своей территории.

## ГЛАВА 5

### *Использование сорбентов для очистки нефтесодержащих сточных вод и поглощения углеводородов с поверхности воды и почв.*

Для действующих производств характерны следующие проблемы:

- отсутствие свободных площадей для строительства очистных сооружений;
- невозможность либо затрудненность перекладки канализационных сетей;
- насыщенность сточных вод большим количеством разнородных загрязнений и нередко невозможность разделения потоков от разных технологических процессов;
- при наличии очистных сооружений их технологическая и возрастная несостоятельность

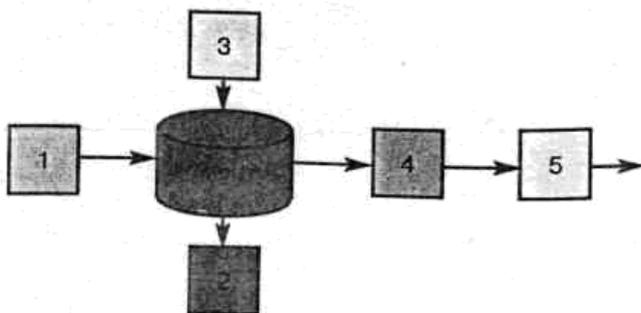
Забота об этих проблемах в большинстве случаев возложена на главных энергетиков или главных механиков, которые в силу занятости основными профессиональными вопросами, не в состоянии грамотно решить экологические вопросы.

Для большинства отраслей промышленности очистить воду можно физико-химическим методом с последующей доочисткой на фильтрах с сорбционной загрузкой.

В качестве загрузки фильтров можно применять шунгит, глауконит, активированный уголь, углетканый материал "Бусофит" и углеродный сорбент высокой реакционной способности УСВР. Выбор загрузки определяется составом загрязнений, скоростями фильтрования и условиями регенерации загрузки [53].

Фильтры доочистки с сорбирующей загрузкой:

- фильтры с регенируемой загрузкой, промываемой очищенной водой. В качестве загрузки удобно использовать шунгит или глауконитимеющие невысокую стоимость и достаточн высокую сорбционную способность. К их недостаткам можно отнести появление рециркуляционного потока промывной воды и, как следствие, большеобъемные емкости чистой и промывной воды и высокопроизводительный высоконапорный насос.



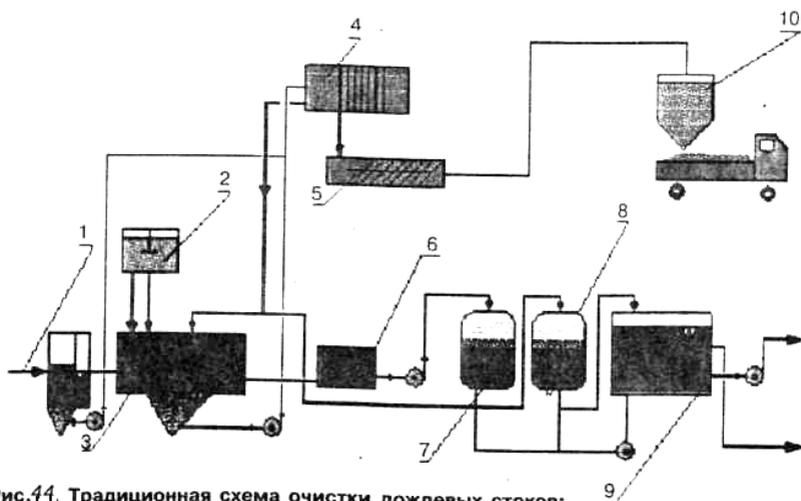
**Рис. 45 Предлагаемая схема очистки дождевых стоков:**  
1 — ступенчатая решетка-песколовка; 2 — установка флотации, совмещенная с аппаратом обезвоживания под гидростатическим давлением; 3 — узел реagentной обработки; 4 — фильтр доочистки; 5 — установка обеззараживания

- фильтры с нерегенируемой заменяемой загрузкой. Наиболее эффективен углеродный сорбент УСВР, разработанный НИИ физики фуллеренов и новых материалов РАЕН, обладающий высокой сорбционной способностью к большому спектру загрязнений и сорбционной емкостью, достигающей 80 г на 1 г сорбента. Это значительно увеличивает продолжительность фильтроцикла до замены сорбента. Стоимость его по сравнению с активированным углем и углетканым материалом в 5 — 10 раз ниже.

В качестве примера сравним схемы (рис. 44 и 45) очистки дождевых стоков (расход до 40 л/с).

Оборудование для очистки по типовой схеме занимает объем  $12 \times 9 \times 6 \text{ м} = 648 \text{ м}^3$ , по предлагаемой схеме — объем  $9 \times 6 \times 4 = 216 \text{ м}^3$ . Это позволяет значительно сократить эксплуатационные затраты. При этом эффективность очистки обеспечивает достижение показателей очищенной воды для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения.

В качестве примера использования сорбента УСВР можно привести очистные сооружения АЗС в г. Будогощь Киришского района Ленинградской области. Содержание взвешенных веществ в очищенной воде составило 3 — 6 мг, нефтепродуктов — 0,06 мг/л. Установка фильтрующих кассет с сорбентом УСВР на заводе музыкальных духовых инструментов и в НИИ материалов (С.-Петербург) снизила концентрацию загрязнений (в том числе и по тяжелым металлам) до нормируемых показателей.



**Рис.44. Традиционная схема очистки дождевых стоков:**  
 1 — нефтесепараторная приемная камера; 2 — узел реагентного хозяйства; 3 — отстойник-аккумулятор; 4 — узел механического обезвоживания осадка; 5 — гидропресс-транспортер; 6 — промежуточная емкость; 7 — фильтр I ступени; 8 — фильтр II ступени; 9 — резервуар очищенной воды с узлом обеззараживания; 10 — бункер осадка

Являясь разработчиками технологии, разработчиками [54] и изготовителями оборудования, ЧЛ "Конвест" г. Черкассы предлагает заинтересованным предприятиям новый высокоэффективный и

экономичный способ очистки воды от примесей тяжелых металлов (в т.ч. ртути), нитратов, соединений фосфора, сероводорода, следов нефтепродуктов, радионуклидов и других типичных антропогенных загрязнителей, содержащихся в воде, с использованием технологического комплекса "ЭДИМ-СКиФ", работа которого основана на применении специальной мелкодисперсной суспензии.

Достоинством данной технологии является то, что она позволяет очищать воду не только от какой-либо одной примеси, как большинство существующих способов водоочистки, но и от смеси всех самых разных примесей одновременно в самом широком интервале их концентраций и соотношений до чистоты питьевой воды и чище.

Наиболее эффективен этот способ для очистки вод с суммарным содержанием примесей до  $100 \text{ мг/дм}^3$ . В случае превышения указанного предела концентрации загрязнителей очистка также происходит, но при этом увеличивается расход суспензии и возможно некоторое снижение производительности установки.

Технология очистки заключается в смешивании жидкости, подлежащей очистке с определённым количеством суспензии, их перемешивании в течение 3-5 минут и последующей фильтрацией от осадка. Расход суспензии - 2-5 граммов по сухому веществу на 1 грамм примесей в очищаемой воде. Примеси сорбируются порошком, входящим в состав специальной суспензии. Она не токсична и не горюча. Срок хранения до 3 лет. Суспензия может поставляться потребителям в канистрах, бочках, цистернах, а также может производиться непосредственно у потребителя на специальном оборудовании изготавливаемом фирмой.

Очищенную воду можно направлять для повторного использования или направлять в канализацию (табл. 37)

Отфильтрованный сухой шлам может утилизироваться или использоваться в смежных отраслях промышленности.

ЧП "Конвест" разрабатывает технологию очистки, изготавливает и поставляет оборудование, производит его наладку и сдачу в эксплуатацию.

Имеется 10 летний опыт эксплуатации и работы оборудования на предприятиях СНГ.

В технологический комплекс "ЭДИМ-СКИФ" входят:

- установка по получению специальной суспензии "ЭДИМ-100", производительностью 150-200 л/час;
- установка по очистке воды "СКИФ", производительностью от 10 до 200 м<sup>3</sup>/час, и более.

ТАБЛИЦА 37

*Результаты очистки сточных вод суспензией (после первого цикла обработки, подтверждены протоколами очистки на предприятиях )*

№	Примеси	Обозначения	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		ПДК питьевой воды, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК рыбхоз. вод, мг/дм <sup>3</sup>
			До очистки	После очистки		
1	Хром общ.	Cr	100	<0,001	0,05	0,001
2	Хром +6	Cr +6	80	<0,001	0,05	0,001
3	Хром +3	Cr +3	56	<0,001	0,05	0,005
4	Никель	Ni	42	<0,05	0,1	0,01
5	Медь	Cu	43	<0,005	1,0	0,005
6	Цинк	Zn	220	<0,001		
7	Олово	Sn	17	<0,01	0,1	0,01
8	Кадмий	Cd	1.3	Не обн.	0,005	0,005
9	Марганец	Mn	0.3	Не обн.	0,1	0,01
10	Свинец	Pb	3	0,03	0,003	0,1
11	Алюминий	Al	13	<0,05	0,1	0,08
12	Ртуть	Hg	5	<0,0005	0,0001	0,001
13	Мышьяк	As	15	<0,05	0,05	0,05
14	Фосфаты	PO <sub>4</sub>	1.7	0,12		
15	Нитраты	NO <sub>3</sub>	175	4,3	45	40
16	Вольфрам	W	14	<0,05		
17	Цианиды	CN	10.4	0,04		
18	Радионуклиды	Cs 137, Sr 90	0.15мкКи/л	0.003мкКи/л		
		Sr 90, Y 90	1,55мкКи/л	0.032мкКи/л		
19	Сероводород	H <sub>2</sub> S	35	<0,001		
20	Нефтепродукты		21	1,6	0,1	0,05
21	Сульфиды	S <sub>2</sub>	85	Не обн.		
22	Сероуглерод	CS <sub>2</sub>	0,14	Не обн.		

При наличии высококонцентрированных стоков очистка их производится в несколько ступеней.

Рекомендуемые области применения технологического комплекса «ЭДИМ-СКиФ»

- Очистка гальваносточков от тяжелых металлов, цианидов
- Очистка стоков каустического и хлорного производства от ртути

- Очистка стоков кожевенного производства от хрома
- Очистка стоков при обработке цветных металлов
- Очистка стоков красильных и меховых фабрик
- Очистка стоков химического производства от тяжёлых металлов

- Очистка питьевой воды от тяжёлых металлов, радионуклидов, нитритов

- Очистка воды бассейнов выдержки ОТВС первой очереди АЗС от радионуклидов

Адсорбент (С-ВЕРАД) предназначен [55] для фильтрационной очистки стоков электростанции и предприятий (как промышленных, так и бытовых), а также ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов, органических и токсичных жидкостей с твердой поверхности и поверхности акваторий.

С-ВЕРАД изготовлен на основе вермикулита. Сорбционная емкость вермикулита по органическим веществам низкая и составляет от 0,1 до 0,3 мг/ г. В результате переработки химико-термическим способом вермикулита по особой технологии происходит его увеличение объема в 6-8 раз. В С-вераде вермикулит является минеральной матрицей (носителем) углеродной пленки (до 3 %), приобретающей в результате взаимодействия с минеральной подложкой вермикулита высокие сорбционные свойства по ряду органических примесей. Кроме того, С-ВЕРАД приобретает, как и активированный уголь, гидрофобность, что позволяет использовать его, в частности, для очистки воды. В состав сорбента С-ВЕРАД не входит промышленно выпускаемый уголь какой-либо марки

*Химический состав (%) вермикулита*

SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Mn	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	FeO
34.00-36.00	1.02-1.22	5.60-6.50	9.10-9.90	24.70-26.00	0.05-0.07	0.40-0.47	0.70-0.87	0.20-0.27

Канцерогенные примеси (в том числе асбест) отсутствуют, что подтверждается результатами испытаний лабораторий, в частности ANALYTICAAB AHLSELL, MIMERAL A3 Atin. Lars-Frik Karisson Lab Швеция (SF.CERTIFICATE N 87-41962).

Средняя сорбционная емкость по нефтепродуктам –3 г/г (табл. 38)

ТАБЛИЦА 38

*Нефте-, масло-, толуол-емкость С-верада в водной среде*

Размер	Удерживающая способность, г/г *			
	Мазут	Масло технич.	Дизельное	Толуол
8+5	1,9	1,1	1,0	1,0
5+2,5	2,4	2,9	2,2	2,2
2,5+1,25	4,3	3,7	2,9	2,9
1,25+0,63	5,9	3,9	3,3	3,3
0,63+0,315	2,76	2,89	3,15	-

*\*) Удерживающая способность определялась по методике: Viiti VTI/POV Tiedonato 31: Thun. Asplund, Korshunov. Zhemkova, Testing and Development of Sorbent Research Methods,*

**Разливы нефти на поверхности земли.** Сорбционная емкость 1,9- 5,9 г/г. Для удаления разливов нефтепродуктов с твердых поверхностей используется С-ВЕРАД с размером зерна не менее 1,25 мм. Для этого пятно обрабатывается споем адсорбента, адсорбент выдерживается на поверхности пятна в течение 10-15 минут, после чего механически удаляется. Отработанный адсорбент утилизируется в соответствии с федеральными законами. С-ВЕРАД - глинистый минерал абсолютно совместимый с почвой. **Рекультивация земельных участков.** На загрязненный земельный участок наносится смесь, состоящая из С-ВЕРАДа (1 часть) и торфа (2 части), толщиной 1-2 см. В данном случае С-ВЕРАД выполняет следующие функции: постепенно впитывает углеводороды внутрь гранул, создает среду для развития

нефтеокисляющих почвенных бактерий, присутствующих в естественном биогеоценозе данного региона; является воздухововлекающей, влагоудерживающей и РН корректирующей добавкой к почвенному субстрату.

По органическим веществам. С-ВЕРАД способствует:

- Снижению БПК при исходном значении 20-25 мг/л до 2-3 мг/л
- Снижению фосфатов в 10-15 раз, т.е. с 3-5 мг/л до 0,3-0,2 мг/л.
- Снижению азота аммонийного при 10-15 мг/л до 1-3 мг/л.
- Снижению нитратов с 10-15 мг/л до 3-4 мг/л, нитритов с 3-5 мг/л до 0,0001-0,0002 мг/л. З.

Необходимое время контакта для изъятия:

Нефтепродуктов

При их высокой концентрации (разливы). Определяется временем очистки от трудно извлекаемых компонентов и составляет 5-6 минут. При их низкой концентрации (30 – 50 мг/л). В проточных фильтрах С-ВЕРАД удовлетворяет требованиям СНИП 2.04.03-85. п.6.285, где линейная скорость фильтрации для адсорберов с плотным слоем загрузки ограничивается величиной 12 м/час, т.е. работает не хуже активированного угля. Соответственно, скорость контакта определяется толщиной слоя загрузки, определяемым по СНИП 2.04.03-85, и выбранной линейной скоростью фильтрации (не выше 12 м/час).

Для органических веществ.

Также рекомендуется линейная скорость фильтрации для адсорберов с плотным слоем загрузки не более 12 м/час при расчете адсорбера согласно СНИП 2.04,03-85, п.п. 6.283-6.289.

Возможности сорбента С-ВЕРАД:

Сорбционная емкость из сточных вод, имеющих загрязнения нефтепродуктами и органическими соединениями суммируется по каждому соединению, т.к. у каждого соединения свой механизм сорбции.

Регенерация сорбента С-ВЕРАД:

Использованный сорбент экономически нецелесообразно регенерировать, т.к. стоимость С-ВЕРАДа существенно ниже стоимости

его регенерации, и разница затрат не компенсируется стоимостью извлеченных при очистке нефтепродуктов. В результате С-ВЕРАД подвергается утилизации;

От задержанных нефтепродуктов.

Сжигание: собранную нефть можно смешивать с углем для ТЭЦ, но более перспективным методом является сжигание в инсинераторах с псевдожидким слоем. Мусоросжигающие установки коммунального хозяйства могут принимать отходы с теплотой сгорания между 714 и 1190 кДж/кг, а инсинераторы для сжигания промотходов могут принимать любые виды отходов.

Запахивание в почву: Для выбора площадки необходимо знать: проницаемость почвы, наличие в данном месте водозабора. Захоронение необходимо обваловывать и обеспечить дренажными канавами. Максимальное количество нефти, распределенной по поверхности при захоронении не более 10 кг/м<sup>3</sup>. Вспашка производится от 1 раза в месяц до 1 в сезон через 2 года, РН почвы не менее 6,5 для успешной переработки нефтепродуктов нефтеокисляющими бактериями. Эта технология применяется для захоронения шлама нефтеперегонных заводов в течении многих лет.

Городские свалки: Ввиду того, что С-ВЕРАД иммобилизует бактерии, перерабатывающие нефтепродукты в активный ил, через определенное время в отработанном сорбенте нефти не остается. Так, отработанный после сбора нефтепродуктов до насыщения 80% сорбент был сброшен на свалку слоем 30 см и через 2 недели в весенне-осенний период нефть была полностью переработана бактериями.

Утилизация сорбентов, содержащих органические вещества, фосфаты, нитраты, нитриты, аммонийный азот производится аналогично указанному выше

В НПО «Катализ» разработано несколько типов гетерогенных адсорбентов-катализаторов на керамической основе, которые обладают уникальной возможностью решать сложные задачи водоочистки [56]. Адсорбенты-катализаторы типа АК обеспечивают высокую степень очистки сточных вод широкого спектра примесей при сравнительно низком темпе прироста потерь

напора в течение фильтроцикла, восстанавливают свою адсорбционно-каталитическую способность при водовоздушной промывке. Керамическое происхождение адсорбента-катализатора типа АК обуславливает высокую долговечность, поскольку он обладает высокой устойчивостью к химическим и гидролитическим воздействиям. Промышленные катализаторы, разрабатываемые НПО «Катализ», представляют собой многокомпонентные и многофазные металлокомплексные гетерогенные каталитические системы.

При приготовлении катализаторов важную роль играет выбор носителя. Носитель нельзя рассматривать как совершенно инертную в каталитическом отношении подложку, структура и химия поверхности носителя определяют адсорбционные и каталитические свойства катализатора.

В качестве носителя в указанных адсорбентах-катализаторах использована глина Максимовского месторождения Иркутской обл. Результаты реагентно-структурного анализа показывают, что основными ее компонентами являются монтмориллонит и каолинит. Изменять каталитическую активность адсорбента-катализатора, энергию и направление химических реакций можно в широких пределах, используя различные по своей природе лиганды и ионы металлов переменной валентности. При этом создаются как селективные, так и полифункциональные катализаторы.

Отличительной особенностью металлокомплексного катализа является его универсальность.

Возможность протекания катализа на многофазном катализаторе обусловлена фазовыми превращениями на его поверхности, т. е. адсорбция и активация окисляемого субстрата протекают на одной из фаз, а кислорода – на другой. Активные формы кислорода, образующиеся на поверхности фаз, и является источником окисления ингредиентов воды.

Опытно-промышленные испытания по оценке эффективности адсорбента-катализатора проводились на фильтровальной станции БОС-2 ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» площадью

поперечного сечения  $54 \text{ м}^2$ , с высотой загрузки  $h = 1,2 \text{ м}$ ,  $d_{\text{зерен}} = 3-5 \text{ мм}$ , поддерживающим слоем служил гравий

$d_{\text{зерен}} = 5-20 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{слоя}} = 1,2 \text{ м}$ . При использовании в качестве фильтрующей загрузки адсорбента-катализатора рекомендована скорость фильтрования  $7 \text{ м/ч}$  при времени фильтроцикла  $48 \text{ ч}$ . Скорость фильтрования может быть увеличена с  $7-8$  до  $12 \text{ м/ч}$  без ухудшения качества фильтрата.

Технология очистки в фильтрах неразрывно связана с восстановлением их фильтрующей способности путем промывки (регенерации) от накопившихся загрязнений, сочетаться с их определенными регенерационными свойствами. Для адсорбента-катализатора принят следующий режим регенерации: пятиминутная воздушная промывка с интенсивностью  $15-25 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$  для взрыхления и расширения слоя на  $30-40 \%$  с последующей десятиминутной промывкой водой с интенсивностью  $8,2-10 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$

Оценка эффективности адсорбента-катализатора АК-1 проводилась в сравнении с фильтрующей загрузкой из гранодиорита, рекомендованного Хабаровским АО «ВОДЭКО»

Степень очистки воды после фильтра с загрузкой адсорбентом-катализатором в течение четырех лет промышленной эксплуатации стабильна и составляет, %: по ХПК -  $70$ , взвешенным веществам -  $90-95$ , солевому аммоний -  $70$ , нефтепродуктам -  $70-80$ , фенолам -  $70-80$ , БПК<sub>5</sub> -  $60-70$ . По остаточным концентрациям эффективность очистки с адсорбентом-катализатором (по сравнению с гранодиоритом) выше: по ХПК в  $1,5$  раза, по взвешенным веществам в  $2$  раза, по солевому аммоний и БПК<sub>5</sub> в  $1,5$  раза.

В настоящее время на очистных сооружениях ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» загружены фильтры общей производительностью  $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Проводимый комплекс исследований эффективности адсорбента-катализатора предусматривал и гигиеническую оценку АК-1.

Экспериментальные данные свидетельствуют об отсутствии гигиенически значимой миграции химических соединений, входящих в состав катализатора АК-1, в водную среду, поскольку практически все компоненты нормированы по органолептическому признаку вредности.

НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН выдано экспертное заключение от 23 июня 2000 г. о возможности применения катализатора АК качестве фильтрующей загрузки на стадии обеззараживания и доочистки питьевой и сточной воды от взвешенных и органических веществ, патогенной микрофлоры на очистных сооружениях.

НПО «Катализ» имеет патент РФ на катализатор на минеральном носителе для процесса адсорбционно-каталитической доочистки сточных вод, а также Гигиеническое заключение на продукцию Минздрава РФ

В 2000-2001 гг. осуществлена загрузка адсорбентом-катализатором фильтровальной станции ОАО «Ачинский НПЗ» общей производительностью 800 м<sup>3</sup>/ч. Высокая эффективность адсорбента-катализатора, достигнутая в промышленных условиях, свидетельствует, что он не только значительно превосходит по адсорбционным свойствам природные и углеродсодержащие сорбенты, но и благодаря выраженному каталитическому эффекту обеспечивает глубокую конверсию органических и азотсодержащих соединений. Адсорбент-катализатор соответствует всем требованиям качества фильтрующего материала и может быть рекомендован для широкого использования в качестве загрузки на фильтровальных станциях.

В ряду факторов, угрожающих экологической безопасности городов, не последнее место занимают проливы нефтепродуктов (моторные масла и топливо, технические жидкости) в местах хранения и разлива, а также при транспортировании. Только в Москве объем таких проливов составляет более 50000 т/год (Проект закона г. Москвы "Об экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности автомобильного транспорта"). Среди множества способов очистки поверхности воды, твердых

непроницаемых поверхностей и нефтесодержащих сточных вод одним их наиболее эффективных является метод сорбции, характеризующийся высокой степенью очистки, эксплуатационной надежностью, относительной простотой и дешёвизной. [57]

Сорбент нефтепродуктов "Уремикс-913", разработанный и выпускаемый ЗАО "Блокформ",

"Уремикс-913" с большой скоростью и в огромных объемах поглощает любые нефтепродукты: нефть, дизельное топливо, гидравлические жидкости, моторные минеральные и синтетические масла (таблица 39). Для поглощения 100 кг нефтепродуктов требуется не менее 30 кг обычных сорбентов и только 2,5 кг "Уремикса-913".

Сорбент неоднократно испытывался, а в настоящее время и применяется на различных объектах, где возможны проливы нефтепродуктов, в том числе на очистных сооружениях ГУП "Мосводосток", АЗС, крупных нефтяных компаниях и т.д.

ТАБЛИЦА 39

*Сорбционная ёмкость различных сорбентов*

Нефтепродукты	"Уремикс-913"(ЗАО «Блакформ», г. Владимир)	Zorbolite (Gem Manufacturing Ltd., Канада)	«Мегасорб» (ЗАО «Морская лига», г. Санкт-Петербург)	«Мульти-С» (ЭКОсервис-НЕФТЕГАЗ, г. Москва)
Дизельное топливо	40	31	-	-
Керосин	37	27	-	-
Бензин	28	28	-	-
Машинное масло	41	21	-	-
Сырая нефть	53	27	40	14

"Уремикс-913" гидрофобен, т.е. практически не поглощает воду, и благодаря высокой селективности пригоден для сбора разлившихся нефтепродуктов как с твердых поверхностей (бетон, асфальт), так и с поверхности воды. Также этот сорбент можно использовать для очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов: в качестве загрузки его помещают в проточные фильтры систем очистки сточных вод автомоек и АЗС. Концентрация нефтепродуктов снижается до 2 — 3 мг/л.

Из "Уремикса-913" изготавливают салфетки различных размеров, пластины в армирующей сетке и без нее, крошку и набитые этой крошкой прошитые маты, ограждающие боны и т.д.

**Крошка** является наиболее активной формой сорбента по скорости сорбции. Ее рассыпают по загрязненной поверхности, а после окончания сорбции нефтепродукта собирают щетками в специальные контейнеры либо смывают струей воды в водосборные канавки или канализационные люки, перегороженные сетками с ячейками размером не более 2х2 мм.

Следует отметить, что крошка, как диспергированная форма сорбента, пригодна и для сбора загрязнений с поверхности воды, но сложность заключается в ее равномерном распределении по открытой поверхности водоема и последующем сборе в естественных условиях (наличие ветра, волнения). Извлечение загрязненного сорбента из воды весьма трудоемко и требует специального оборудования типа ковшовых перфорированных элеваторов или сетчатых транспортеров.

Для облегчения очистки водных поверхностей изготавливают маты, представляющие собой прошитые пластины из крошки, помещенной в мелкаячеистую полимерную сетку.

**Сорбирующие салфетки** — это пластины сорбента размерами не более 500х500х30 мм. Они предназначены для ликвидации последствий аварийных проливов нефтепродуктов на поверхности водоемов. Эти салфетки накладывают на нефтяное пятно, после насыщения нефтепродуктами собирают, регенерируют и используют повторно.

Стандартная салфетка имеет размеры 400х400х20 мм, массу в сухом виде не более 60 г и сорбирует не менее 2,5 кг сырой нефти.

Размеры стандартной салфетки определены из практики использования, учитывающей удобство применения, эффективность сорбции и регенерации.

Для удобства работы предусмотрен вариант поставки салфеток в армирующем чехле из крупноячеистой полимерной сетки. В одном чехле может находиться несколько десятков

пластин. В этом случае изделие (кассета) имеет вид складывающейся ленты длиной до 5 м.

**Боновое заграждение** представляет собой наполненный крошкой тканевый рукав (чулок) со шнурами на концах для траления и извлечения из водоема. Оно предназначено для предотвращения растекания нефтяного пятна, поглощения и/или траления этого пятна к месту сбора

разлитой нефти. При транспортировке боновое заграждение можно сгибать, сворачивать в бухты и т.п. Заграждение необходимой длины формируется на месте из стандартных секций длиной 4 — 5 м и диаметром 80 — 120 мм. Один погонный метр секции в сухом состоянии имеет массу не более 200 г и сорбирует не менее 5 кг сырой нефти.

Длительная плавучесть боновых заграждений позволяет использовать их не только для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, но и в превентивных целях в местах возможных или постоянных разливов, например, около морских платформ, нефтеналивных терминалов. Кроме того, с их помощью можно улучшить экологическое состояние рек, устанавливая на несудоходных реках цепочки из боновых заграждений и собирая с поверхности воды нефтяные загрязнения и другие нерастворимые органические соединения.

После насыщения нефтепродуктами сорбент сохраняет свою плавучесть и удерживает эти нефтепродукты внутри в течение длительного времени. Это позволяет не удалять насыщенный сорбирующий элемент с поверхности воды немедленно, а отложить операцию до удобного момента, например до улучшения погодных условий.

Способность сорбента длительно удерживать нефтепродукты дает возможность извлекать насыщенный нефтью сорбент без опасения возвращения части нефти в водоем вследствие самопроизвольного стока под действием силы тяжести, а также транспортировать отработанные элементы в специальные места для их регенерации или утилизации.

В отличие от большинства известных сорбентов, "Уремикс-913" можно использовать многократно. Благодаря полуэластичной структуре его сорбционная способность восстанавливается после отжима поглощенного нефтепродукта на простейшем приспособлении типа вальцов или ручного пресса. Отжатый нефтепродукт может быть направлен на регенерацию. Уменьшение высоты образцов на 50 % происходит после 20 циклов регенерации, их разрыв — после 25 — 30 циклов, хотя и при этом потеря сорбционной емкости не превышает 30 % исходной.

После исчерпания ресурса изделия из "Уремикса-913" легко и полностью утилизируются путем сжигания в смеси с другими видами топлива в специальных недорогих портативных высокотемпературных печах, которые с недавнего времени производятся в России.

ТАБЛИЦА 40

Фирменное наименование сорбента	Страна, фирма производитель	Материал основа	Основные характеристики сорбента		
			Сорбционная ёмкость по нефти, кг/кг сорбента	Время поглощения	Количество возможных регенераций
<b>I. Сорбенты на основе ППУ</b>					
ЗОРБОЛАЙТ	Gem Manufacturing Ltd. Abbotsf. (Канада)	ППУ	27	-	Не регенерируется
Сорбент ГП	«Корунд» (Дзержинск[2])		10	-	>5
Уремикс-913	«Блокформ» (Владимир)		53	0,17	>50
ППУ-130	«Блокформ» (Владимир)		10	-	Многократно
<b>II. Вспененные полимерные сорбенты</b>					
ПРАЙМСОРБ	США	Вспененный полистирол	27	5	-
Пенооилекс	«Полинформ» (Санкт-Петербург)		18-18	-	6
СТРГ	«Газтурбо-Петербург»	-	55	0,17	Многократно
Сорбойл	Россия	Резиновый порошок	7	5-15	Не регенерируется
ЭкоДС-1	ИПЭВолгГТУ (Волгоград)	Отходы полимерной и резиновой промышленности	2,5	<120	-
<b>III. Волокнистые сорбенты</b>					
Волокнистый сорбент	Институт химии нефти СО РАН	Отходы термопластов	19	-	Многократно
Сорбент	ОАО «НИИМ»	Нетканый материал	10-25	1-10	10
Согласно экспериментным данным					

Из табл.41 и 42 видно, что материал с большой скоростью и в огромных объемах сорбирует любые нефтепродукты: нефть, дизельное топливо, гидравлические жидкости, растительные, моторные и синтетические масла. Ввиду сверхнизкой кажущейся плотности (14—16 кг/м<sup>3</sup>) материал поглощает нефтепродукты до 45-кратного превышения его собственной массы. Сорбционная емкость имеет очень высокое значение - 53 кг/кг по нефти.

Сорбент «Уремикс-913» имеет однородную макропористую ячеистую структуру с эффективным размером пор 0,06-0,202 мкм. Макропоры являются транспортными каналами, по которым молекулы нефтепродуктов проникают вглубь сорбента, где благодаря сродству нефтепродуктов с ППУ удерживаются в макропорах—силами Ван-дер-Ваальса значительное время. Так, по истечении 60 мин потеря массы сорбируемых нефтепродуктов составила 9 %. Сорбент «Уремикс-913» гидрофобен и олеофилен, за счет чего объем сорбируемых нефтепродуктов в 350 раз превышает объем воды.

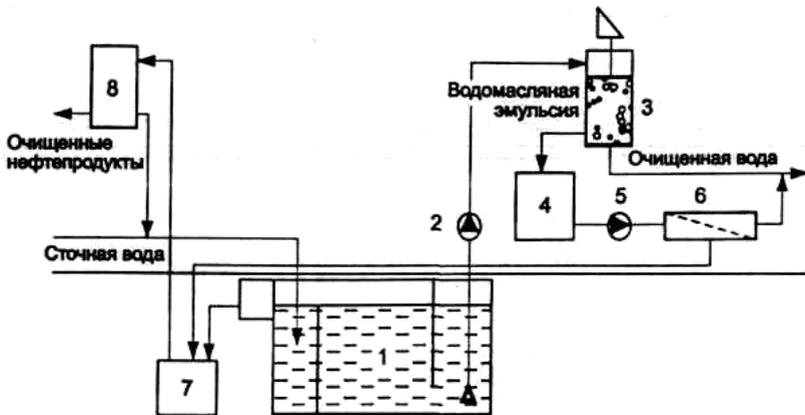
Исследованы различные способы регенерации ППУ-загрузки: механические, гидравлические, химические. Оптимальным следует признать механический отжим на валках, винтовым прессом или центрифугированием.

ТАБЛИЦА 41

Показатель	Значение показателя
Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	14-16
Время сорбции нефти образцом 2х2х2 см, с	15
Число возможных регенераций, раз	Более 50
Размер пор, мм : диаметр $d$ средний эффективный радиус, $r_{эф}$	0,067-0,472 $3,36 \cdot 10^{-4}$ -0,215

ТАБЛИЦА 42

Сорбируемое вещество	Сорбционная емкость, кг/кг
Сырая нефть	53
Дизельное топливо	40
Моторное масло	41
Керосин	37
Бензин	28



**Рис.46. Комплексная принципиальная схема очистки нефтесодержащих вод с использованием сорбента «Уремикс-913»**

1 – отстойник; 2, 5 – насос; 3 – фильтр с загрузкой «Уремикс-913» и регенерирующим устройством; 4, 7 – емкость; 6 – ультрафильтрационный модуль; 8 – устройство для обезвоживания нефтепродуктов

Для обезвреживания разлившихся по водной поверхности нефтепродуктов используют различные окислители, поглотители, а также микроорганизмы [59]. При этом обработка водной поверхности окислителями вызывает вторичное загрязнение водоемов, а эффективная жизнедеятельность микроорганизмов возможна только в теплое время года. В качестве поглотителей

нефтепродуктов используют отходы деревообрабатывающей промышленности и сухой торф, которые быстро тонут в воде вместе с поглощенными нефтепродуктами, вызывая вторичное загрязнение водоемов.

Известно также, что эффективным средством для поглощения нефти и нефтепродуктов является гидрофобный вспученный перлит. Он имеет хорошую плавучесть и высокую степень очистки водной поверхности (93-99 %). Нефтепоглотительная емкость составляет 600-800 м.д., %. Этот поглотитель получают путем двухстадийной обработки: перлит вначале подвергают высокотемпературному обжигу, а затем модифицируют вспученный перлит кремнийор-ганическими соединениями. В отдаленных районах, где этот поглотитель не производится, целесообразно использовать местные материалы типа обожженной коры, опилок, углеродистые адсорбенты и др.

В последние годы разработан способ получения углеродистого адсорбента, из каменных углей, который поглощает значительное количество нефтепродуктов (до 180-200 м.д., %) и длительно удерживается на поверхности воды, в результате чего пленка нефтепродуктов полностью исчезает. Поглотитель имеет развитую внутреннюю поверхность (100-200 м<sup>2</sup>/г по методу БЭТ), на которой прочно адсорбируются углеводороды нефти и их обратное растворение крайне ограничено. Извлеченный из воды отработанный адсорбент вместе с поглощенными нефтепродуктами легко обезвреживается сжиганием.

Углеродистые адсорбенты получают в процессе окислительного полукоксования каменных углей в генераторах кипящего слоя.

В процессе скоростного нагрева насыпная плотность угля снижается с 0,7-0,8 до 0,2-0,3 кг/дм<sup>3</sup> при одновременном увеличении суммарного объема пор (по водопоглощению ГОСТ 17219-70) до 1,8-2,0 см<sup>3</sup>/г. При этом максимальная нефтеемкость адсорбента численно равна суммарному объему пор)

Кроме нефтеемкости, адсорбенты также характеризуются потопляемостью, которая выражается количеством адсорбента

(%), потонувшего в воде через определенное время от момента нахождения её на поверхности.

Эффективность использования углеродистого адсорбента была показана при очистке болот от попавших в них нефтепродуктов. При этом адсорбент разбрасывали по воде и после поглощения нефтепродуктов собирали. Кроме того, адсорбент длительное время применяли на автопредприятии, где сточные воды от мойки машин собирали в отстойнике. Регулярная дозированная подача адсорбента в отстойник позволила ликвидировать образующуюся в нем нефтяную пленку и уменьшить сброс нефтепродуктов со сточными водами с 100-800 до 5-40 мг/дм<sup>3</sup>.

Также на р. Лена адсорбент использовали для обезвреживания нефтепродуктов, попавших в воду при транспортировке. В этом случае образующуюся пленку углеводородов окружали плавающим капроновым канатом и засыпали адсорбентом. Отработанный адсорбент стягивали канатом к берегу, вычерпывали из воды и сжигали.

При промышленной технологии отработанные адсорбенты на основе угля можно сжигать в топках ТЭС.

Фильтроадсорбционная технология тонкой очистки сточных вод, включающая способ очистки сточных вод от нефтепродуктов и сопутствующих загрязнений, а также способ получения адсорбентов, разработанные в ИХН СО РАН, защищены тремя патентами РФ.[60]

Базовый комплект аппаратуры включает восемь аппаратов трех типов, соединенных системой трубопроводов. Площадь, занимаемая комплектом, составляет от 12 м<sup>2</sup>, при компактном размещении, до 30 м<sup>2</sup> при размещении, оптимальном для удобства обслуживания. Аппараты имеют унифицированные корпуса высотой 1100 и диаметром около 500 мм, но отличаются типом фильтрующей загрузки и конструкцией вкладных элементов («картриджей»). Вода очищается до требуемого уровня, последовательно проходя через слои различных адсорбентов. Сначала отделяются взвешенные и грубо эмульгированные нефтепродукты в коалесцирующих фильтрах, затем вода

очищается от эмульгированных и части растворенных нефтепродуктов в оксидных фильтрах и, окончательно доочищается в фильтрах с активным углем.

Текущая регенерация проводится приблизительно через каждые 700-2500 м<sup>3</sup> профильтрованной воды в зависимости от загрязненности исходной воды и качества очистки. Текущая регенерация проводится без разборки аппаратуры путем термической десорбции водяным паром при температуре 105-125°С в течение 1-2 часов. Конденсат, образующийся в результате пропаривания фильтров обратным током, содержит концентрированные нефтепродукты, воду и различные загрязнения и по объему в 1000 раз меньше объема очищенной воды. Жидкие отходы накапливаются в специальном резервуаре, после чего утилизируются доступным способом (сжиганием в котельной, вывозятся на полигон отходов и т.п.). Периодически, через каждые 2-3 тыс. м<sup>3</sup>, может проводиться дополнительная химическая регенерация оксидного адсорбента путем промывки фильтров обратным током горячим (85-95° С) раствором кальцинированной соды с последующим пропариванием. Химическая регенерация способствует восстановлению адсорбционной способности по ряду катионов и анионов.

Гарантированный срок службы основного фильтрующего компонента – оксидного адсорбента - составляет 1 год. По истечении года эксплуатации установка подвергается полной разборке аппаратуры и полной либо частичной (30-50 % по массе) замене адсорбентов. Оксидный адсорбент может быть частично регенерирован путем прокаливания в печах (300-400° С). Волокнистый адсорбент полностью заменяется. Активный уголь заменяется каждые 3-4 месяца. Комплект аппаратуры прост в управлении, обслуживается одним оператором.

Мобильный комплект аппаратуры отличается от стационарного облегченными корпусами фильтров-адсорберов (масса одного сухого аппарата снижена с 210 до 60 кг). При отсутствии внешнего источника пара мобильный комплект дополняется компактным электрическим котлом и резервуаром для

технической воды. Комплект размещается на передвижной платформе (на шасси автомобиля, либо гусеничного транспортера, автомобильном прицепе или тракторной тележке) внутри простейшего утепленного кузова высотой не менее 2 м.

Мобильный комплект аппаратуры может использоваться для очистки локальных загрязнений, оперативно доставляться к месту аварийного разлива нефтепродуктов, либо очищать воду в накопительном резервуаре (отстойнике) на небольших предприятиях, не имеющих собственных локальных очистных сооружений.

Производителем оксидных адсорбентов является опытное производство ИХН СО РАН. Производство волокнистых адсорбентов налажено на ряде предприятий (опытно-промышленное в г. Томске и промышленное в г. Кемерово). Активный уголь промышленно производится в различных регионах России. Базовый комплект фильтроадсорбционной очистной установки производительностью 1-2 м<sup>3</sup>/ч в настоящее время производится ООО «Сибисорб» по цене от 12000 \$. В стоимость не включена стоимость контейнера (платформы) и подводящих и отводящих коммуникаций.

Технология внедрена на Томской нефтебазе ОАО Томскнефтепродукт с октября 1995 года, в ОАО Центросибнефтепровод в 1997 году, в 30А «Томский завод резиновой обуви-РКО» в 1998 году (табл. 43)

ТАБЛИЦА 43

*Показатели эффективности очистки сточных вод:*

Компоненты загрязнения	Концентрация в воде, мг/л		
	Исходной	Очищенной	ПДК
Нефтепродукты взвешенные	(8-10)*10 <sup>3</sup>	Нет	
Эмульгированные	300	Нет	
Растворенные	20-50	0.4-0.8	0.05-0.3
Свинец	>1.0	<0.1	
Фенолы	~0.2	<0.03	0.001
ПАВ	<7.5	0.6	0.05-0.5

*Технические характеристики комплекта  
фильтроадсорбционной аппаратуры для очистки сточных вод  
нефтебаз*

Производительность комплекта фильтров	1-2 м <sup>3</sup> /ч
Ресурс фильтров до регенерации	900-1000 м <sup>3</sup>
Количество циклов регенерации до замены адсорбента	Не менее 20
Регенерация адсорбентов острым паром при t=105-1250С производится без вторичного загрязнения окружающей среды	1-2 раза в месяц
Ресурс адсорбентов до полной регенерации	1 год
Масса установки	2т
Технологическая площадь	5 х 6 м

Коагулянт, изготовленный на основе глины и содержащий взвесь частиц глины с весьма развитой поверхностью, соединения алюминия и железа в растворе, по сравнению с гидроокисью алюминия при использовании только сульфата алюминия лучше очищает маслоэмульсионные сточные воды и удерживает нефтепродукты на обезвоженном осадке за счёт дополнительного наполнителя – частиц глины и гидроксидов железа [76]. Коагулянт является более дешевым, чем сульфат алюминия, и внедрён на АПЗ-20 г. Курска.

Освоено производство малыми сериями установок «Свирь» для очистки дождевых сточных вод АЗС и других объектов, связанных с хранением и разливом нефтепродуктов с концентрацией загрязнений: до 1000 мг/л по взвешенным веществам, до 70 мг/л по нефтепродуктам. Установка «Свирь» включает насосную станцию, блок очистки и сорбционный фильтр, поставляемый при повышенных требованиях к степени очистки. [77].

Подземная насосная станция представляет собой емкость, оснащенную погружным автоматизированным канализационным насосом.

Блок очистки размещается в полунасыпи-полувыемке таким образом, чтобы его высотное положение обеспечивало самотечный отвод грязной промывной воды от фильтра в насосную станцию. В состав блока очистки входят пескоулавливающий бункер в виде

тангенциальной песколовки, отстойник с нисходяще-восходящим потоком, тонкослойный отстойник и фильтр с плавающей загрузкой из гранул пенополистирола.

Блок очистки благодаря совмещенной компоновке четырех ступеней очистки и общей системе отведения выделенных из сточных вод нефтепродуктов компактен и легко транспортируется.

После блока очистки сточные воды поступают на сорбционный фильтр, выполненный в виде емкости, нижняя часть которой заполнена сорбентом - мезопористым ископаемым углем. При прохождении сточных вод через сорбент из них удаляются растворенные нефтепродукты, после чего сточные воды через дренажную систему фильтра направляются на сброс.

Предусмотрены все необходимые мероприятия, обеспечивающие взрывобезопасность установок (соблюдаются требования НПБ Ш-98): подземно размещение емкостей; сигнализация о достижении предельного уровня сточных вод в блоке очистки; закрытый способ удаления нефтепродуктов с поверхности сточных вод; линии деаэрации имеют выброс на высоте 2,5 м от поверхности земли и оснащены огнепреградителями; соединительные трубопроводы сточных вод имеют гидрозатворы.

При использовании установок для очистки сточных вод с территории нефтебаз, где уровень загрязнения сточных вод нефтепродуктами может быть значительно выше (до 10 г/л), перед установками предусматриваются нефтеловушки.

При мойке легковых автомобилей используются автошампуни, переходящие в сточные воды. Поэтому при обратном водоснабжении моек возникает задача удаления поверхностно-активных веществ из сточных вод до уровня, не препятствующего мойке автомобилей. Установка «Свяига» обратного водоснабжения моек легковых автомобилей решает эту задачу.

Технологический процесс в установке «Свяига» проходит по следующей схеме:

Сточные воды перекачиваются в блок очистки, первоначально поступаая в отделение флотации. Флотатор работает по напорной схеме, причем в качестве рабочей жидкости используется часть очищенной воды, подаваемой на мойку (ответвление на напорной линии), которая смешивается с воздухом в эжекторе и поступает в сатуратор, расположенный во флотаторе.

Фильтровальные модули по мере кольтатации загрузки извлекаются из блока очистки и приемка, и их загрузка вместе с задержанными загрязнениями сбрасывается в контейнер для осадков, который затем вывозится для использования содержимого при планировочных работах. Песок для загрузки фильтровальных модулей хранится в контейнере, также поставляемом с установкой.

Сорбент из блока очистки заменяется по мере исчерпания его емкости, что определяется по остаточному содержанию нефтепродуктов в избыточной сбросной воде (обычно замена требуется один раз в два года). Расход сорбента можно снизить вдвое, если использовать нижнюю половину отработанной загрузки в комбинации со свежим сорбентом, засыпая ее в верхнюю часть загрузки.

Использование установок «Свирь», «Свирь-М» и «Свияга», выпускаемых в достаточно широком диапазоне производительностей («Свирь-М» - от 2,5 до 4 м<sup>3</sup>/ч, «Свирь» - от 1,5 до 20 л/с, «Свияга» - от 1 до 2,5 м<sup>3</sup>/ч), позволяет практически полностью обеспечить потребности строительства автотранспортных предприятий в сооружениях для очистки дождевых сточных вод и установок оборотного водоснабжения моек автомобилей. Установки «Свирь» поставляются по весьма умеренным ценам. Так, наиболее часто применяющаяся установка «Свирь-1,5» стоит всего 99 тыс. руб., включая НДС.

На морском транспорте для очистки льяльной воды (сточной воды машинных отделений) получили применение нефтеводяные сепарационные установки отстойно-коалесцентного типа [78] Однако это простое и достаточно эффективное оборудование оказалось практически непригодным, при использовании на морских

судах тяжелых сортов жидкого топлива с относительной плотностью 0,95 — 0,98 г/см<sup>3</sup>. Нефтеводяная смесь, содержащая НП такой плотности в эмульгированном состоянии, не разделяется гравитацией даже при нагреве. Поэтому очистить воду от тяжелых НП (нефтепродуктов) можно только методом фильтрования ее через нефтеемкий пористый материал. В этой связи с 1998 г. рекомендовано на вновь строящихся морских судах использовать фильтрующее оборудование (ФО), т.е. фильтры или комбинации сепараторов и фильтров, обеспечивающих очистку льяльной воды до нефтесодержания на сбросе не более 15 объемных частей НП на миллион частей воды (млн<sup>-1</sup>)\*

Качество очистки льяльной воды, как и ресурс очистных устройств, зависит в основном от размеров капель НП, их сорта и концентрации в очищаемой воде, а также от наличия в ней ПАВ, стабилизирующих нефтеводяные эмульсии.

Это обусловило использование в качестве зернистой загрузки регенеративных фильтроэлементов стандартных гранул сополимера стирола с 7,8 %-ным содержанием дивинилбензола (ДВБ), ТУ 6-05-1811-83 изм.1, которые являются матрицей (исходным продуктом) при промышленном производстве ионитов. Частицы этого материала имеют гидрофобную поверхность, не набухают в воде и вдвое дешевле, по сравнению с указанными ионитами. Материал стоек к механическому воздействию, нефтепродуктам и различным детергентам, не растворяется в воде, кислоте или щелочи. Как показала практика эксплуатации коалесцентных фильтроэлементов ресурс их составляет не менее 8 — 10 лет (при отсутствии взвешенных веществ (ВВ) в очищаемой воде).

Судовое ФО значительно дешевле стационарного такой же производительности, обладает достаточно высокой эффективностью, предназначено для очистки сбросов, имеющих нефтесодержание до 100 %, имеет малые габариты и надежное автоматическое управление.

*\*) – Guidelines and specifications for pollution prevention equipment for machinery space bilge of ships(international Maritime Organization)1992 MERC 33 (20)/circ. 262: London*

Поэтому на базе его можно создавать дешевые мобильные установки для локальной очистки в морских портах, на судоремонтных и береговых промышленных предприятиях, также организовать их внедрение под контролем природоохранных административных органов. Технологическая схема системы очистки стоков для вышеуказанного комплекса с использованием ФО типа СК-4М, включает в себя последовательно соединенные трубопроводом: два сборных резервуара емкостью по  $100 \text{ м}^3$  каждый; электровинтовой насос производительностью  $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; предвключенный механический фильтр емкостью  $0,25 \text{ м}^3$ ; нефтеводяной сепаратор отстойно-коалесцентного типа (СК-4М), оборудованный регенеративными фильтроэлементами на основе зернистой загрузки из ДВБ и дополнительный напорный фильтр на основе природного сорбента (цеолитизированного туфа Чугуевского месторождения Приморья). Все ФО свободно можно разместить в стандартном 20-футовом контейнере. Доочистной фильтр имеет корпус штатного предвключенного механического фильтра, но вместо фильтрующей сборки из эластичного пенополиуретана — стакан, заполненный частицами указанного сорбента (гранулы диаметром  $2,0 — 2,5 \text{ мм}$ ).

Вышеописанный комплекс прошел промышленные испытания в 2002 г. во Владивостоке, показал очистную способность  $2,6 \text{ млн}^{-1}$  (по стандартной методике определения НП с использованием ИК-спектрофотометрии). По результатам этих испытаний получена лицензия на водопользование и сброс очищенных сточных вод.

На входе в сепаратор вода имеет концентрацию: по ВВ —  $12,6 \text{ мг/л}$ , по НП —  $30,0 \text{ млн}^{-1}$ . Фильтроэлементы сепаратора обеспечивают разделение нефтеводяной смеси на  $99,85 \%$ . Так, нефтесодержание очищенной воды составляет  $3,0 — 4,0 \text{ млн}^{-1}$ , а концентрация ВВ — до  $0,126 \text{ мг/л}$ .

Доочистка СНВ в напорном фильтре при фильтрации ее через зернистый слой (диаметром  $530 \text{ мм}$ , высотой  $500 \text{ мм}$ ),

состоящий из частиц цеолитизированного туфа, позволяет на 100 % исключить в стоке ВВ и на 50 % растворенные НП. На выходе из доочистного фильтра нефтесодержание очищенной воды не превышает 3,0 млн<sup>-1</sup>

Украинско-российское предприятие «Комплект-Экология Украина» [91] разработало нефтесорбент Новосорб NS для сорбционных фильтров.

Преимуществом данного сорбента являются:

- способность сохранять гидрофобные свойства при длительном (более 2 лет) контакте с водой;
- способность эффективно очищать водную фазу даже от эмульсионных нефтепродуктов;
- незначительное увеличение гидравлического сопротивления в процессе работы;
- отсутствие вторичного загрязнения очищаемой воды.

Сорбционные фильтры содержащие нефтесорбент Новосорб NS, используются в качестве последних ступеней очистки для того, чтобы обеспечить соответствующие степени очистки по нефтепродуктам и маслам, нормам сброса в бассейн канализования.

Нефтесорбент Новосорб NS пожаро- и взрывобезопасен, не поддерживает горения. При попадании на кожу не вызывает раздражения. Не токсичен на всех этапах применения, экологически безопасен.

Возможно совмещение нефтесорбента Новосорб NS с нефтеокисляющими препаратами.

Утилизация насыщенного нефтесорбента Новосорб NS может быть осуществлена одним из следующих способов:

-обработкой нефтеокисляющими биопрепаратами на специально отведённых площадках или в специально обустроенных помещениях. При окончании цикла биодеградациии контролируют содержание нефтепродуктов и в случае соответствия его установленным нормативам отправляют на отсыпку площадок улучшения структуры почвы.

-сжиганием насыщенных маслами и нефтепродуктами нефтесорбентов в котельных или инсинераторах.

Наименование показателя	Норма
Внешний вид сорбента	Гранулы серовато-бежевого цвета размером 0,6 – 5 мм.
Содержание влаги в сорбенте, % не более	7
Содержание мелкой фракции. % не более	8,5
Насыпная плотность сорбента, кг/м <sup>3</sup>	80 – 120
Нефтепоглолительная способность, кг нефти/л сорбента, не менее	0,4
Оптимальная скорость фильтрации, м/ч	4
Минимальная высота слоя, м	0,7

### 5.1. Как выбрать нефтяные сорбенты

Что же должен делать потенциальный потребитель нефтяных сорбентов, затюканный экологами? [61]

♦ Предугадывать масштабы возможных загрязнений и их характер. Толстые слои нефтепродукта лучше убирать механическими средствами. Для давних разливов нефтепродуктов на почве сорбенты бесполезны. Нефтяные сорбенты используются для ликвидации свежих небольших разливов на твердой поверхности и удаление тонких слоев нефтепродукта на воде.

♦ Выбирать сорбенты, начиная с конца — с утилизации. Сначала продумайте, что вы будете делать с сорбентом после употребления. Свяжитесь с ближайшими свалками, котельными, асфальтовыми заводами.

♦ Применять сорбенты, запасшись некоторым минимумом технических средств — боновыми заграждениями, сетчатыми тралами, отжимными устройствами, устройствами для распыления сорбентов. Большую часть этих средств можно изготовить самостоятельно или договориться об их поставке вместе с сорбентами. Но они должны быть, иначе сорбенты просто будут лежать на складе для демонстрации экологам.

♦ Осторожно относиться к рекламе. Лучше проверить несколько сорбентов самостоятельно. Учтите, что зарубежные сорбенты даже в красивой упаковке и с мировыми сертификатами

могут не выдержать наш климат и условия хранения. Определите реальную величину критерия "цена/нефтеёмкость".

Хочется надеяться, что, данная информация окажется полезной.[62] Лучше четко представлять все особенности товара, чем покупать кот в мешке. Еще лучше получить независимую консультацию. В итоге, получив практику в применении сорбентов, вы сможете спокойно смотреть в прокурорские глаза экологической инспекции, подсчитывать экономический эффект от неуплаченных штрафов и, может быть, наладить производство сорбентов из собственного подручного сырья. Его везде у нас полно, главное знать - как.

В настоящее время имеется значительный арсенал методов ликвидации нефтяных [62] загрязнений почвы и поверхностных загрязнений воды (табл.44 и 45).

Анализ этих методов показывает, что качественное удаление нефтяных загрязнений не обходится без применения различных сорбентов.

ТАБЛИЦА 44

*Методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы*

Методы	Способ ликвидации	Особенности применения
Механические	Обвалка загрязнения, откачка нефти в ёмкости	Первичные мероприятия при крупных разливах при наличии соответствующей техники и резервуаров (проблема очистки почвы при просачивании нефти в грунт не решается)
	Замена почвы	Вывоз почвы на свалку для естественного разложения
Физико-химические	Сжигание	Экстренная мера при угрозе прорыва нефти в водные источники. В зависимости от типа нефти и нефтепродукта уничтожается от 1/2 до 2/3 разлива, остальная часть просачивается в почву. Из-за недостаточно высокой температуры в атмосферу попадают продукты возгонки и неполного окисления нефти; землю после сжигания необходимо вывезить на свалку (в Москве ежегодно вывозится более 70 тыс. т «горелой земли»)

	Предотвращение возгорания	При разливе легко воспламеняющихся в цехах, жилых кварталах, автомагистралях, где возгорание опаснее загрязнения почвы; изолируют разлив сверху противопожарными пенами или засыпают сорбентами
	Промывка почвы	Проводится в промывных барабанах с применением ПАВ, промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, где впоследствии проводятся их разделение и очистка
	Дренажирование почвы	Разновидность промывки почвы на месте с помощью дренажных систем; может сочетаться с биологическими методами с использованием нефтеразлагающих бактерий
	Экстракция растворителями	Обычно проводится в промывных барабанах летучими растворителями с последующей отгонкой их остатков паром
	Сорбция	Разливы на сравнительно твердой поверхности (асфальтобетон, утрамбованный грунт) засыпают сорбентами для поглощения нефтепродукта и снижения пожароопасности при разливе легко воспламеняющихся продуктов
	Термическая десорбция	Проводится редко при наличии соответствующего оборудования, позволяет получать полезные продукты вплоть до мазутных фракций
Биологические	Биоремедиация	Применяют нефтеразлагающие бактерии. Необходима заправка культуры в почву, периодические подкормки растворами удобрений, ограничения по глубине обработки, температуре почвы (выше 15 °С), процесс занимает 2-3 сезона
	Фитомелиорация	Устранение остатков нефти путем высевания нефтестойких трав (клевер ползучий, щавель, осока и др.), активизирующих почвенную микрофлору, является окончательной стадией рекультивации загрязненных почв

ТАБЛИЦА 45

*Методы ликвидации поверхностных нефтяных загрязнений воды*

Методы	Способ ликвидации	Особенности применения
Механические	Локализация разлива: статический способ динамический способ	С помощью плавучих боновых заграждений Формирование пятна и его ограничение струями воды
	Сбор с помощью шнековых устройств	В основном для удаления вязкой нефти, аналогичны шнекам земснарядов и имеют ограниченный радиус действия
	Сбор с помощью переливных (пороговых) устройств: с постоянным порогом	Использование плавающих емкостей, один из бортиков которых опущен ниже поверхности на предполагаемую толщину слоя нефти. Недостаток — невысокая скорость сбора нефти, значительный "прихват" воды при волнении и в конце операции при уменьшении толщины пленки
	с регулируемым порогом	То же, но уменьшается количество воды за счет регулирования заглубления переливного порога
	Сбор с помощью всасывающих устройств: вакуумных	С вакуумированным сборником на судне или на берегу и с плавающей головкой (возможно с пороговым устройством). При правильном регулировании образуется мало водонефтяных эмульсий, но существуют ограничения по высоте подъема (5 - 7 м) и вязкости продукта.
с плавающими насосами	Могут сочетаться с пороговыми устройствами, откачивать продукты любой вязкости на значительные расстояния и высоту, но образуются трудноразделимые водонефтяные эмульсии.	
с тонкими сетками	Метод основан на разных поверхностных натяжениях нефтепродукта и воды: через тонкие сетки при определенном разряжении проходят только легкие нефтепродукты (бензин, керосин, дизтопливо). Недостаток — чувствительность к уровню разряжения и типу нефтепродукта, возможное загрязнение сеток	

Механические	<p>Сбор с помощью гидродинамических устройств (с использованием центробежных сил): гидроциклона</p> <p>вихревой воронки</p> <p>устройств для образования большого числа микровихрей</p>	<p>Разделение смеси нефти и воды вследствие разности их плотностей, степень разделения зависит от дисперсности водонефтяной эмульсии, скорости вращения и времени пребывания жидкой смеси в аппарате; обычно используется для первичного разделения фаз с последующей доочисткой воды. То же, но с другими принципами закручивания потока устройств для образования.</p> <p>То же, с закручиванием естественного потока на специальных решетках и других конструкциях</p>
Физико-химические	<p>Сжигание</p> <p>Сбор с помощью адгезионных устройств (скиммеров): конвейерных</p> <p>с вращающимся барабаном</p> <p>с вращающимися дисками</p>	<p>При наличии достаточно толстого слоя нефти для предотвращения дрейфа пятна и образования водонефтяных эмульсий, чаще всего в условиях Севера, где естественного разложения нефти почти не происходит. Недостаток — загрязнение воздуха и воды продуктами горения</p> <p>Действие основано на принципе избирательной адгезии нефти гидрофобными покрытиями (алюминий, некоторые пластики и др.) с последующей очисткой поверхности от нефти специальными скребками. Достоинство — незначительное содержание воды в нефти при толщине пленки 1 мм и более. Недостаток — громоздкость конвейеров, малый радиус действия</p> <p>Принцип действия тот же. Достоинства — мобильность, мелкая осадка, сбор производится в промежуточную емкость, откуда нефть откачивается на судно или берег; привод барабана насоса обычно пневматический или гидравлический</p> <p>Принцип действия тот же. Достоинства по сравнению с барабанными скиммерами — большая поверхность дисков, возможность их модификации для сбора высоковязкой нефти</p>

Физико-химические	<p>Сорбционный: с рассевом и последующим сбором дисперсных сорбентов со сбросом формованных сорбентов (рулонных материалов) с конвейерами со щётчным или сорбирующим покрытием с непрерывной сорбирующей трос-шваброй</p>	<p>Для удаления пленок любой толщины, но особенно эффективен для пленок толщиной менее 1 мм. Недостатки — ветроунос, потери при сборе</p> <p>Для удаления пленки любой толщины, но при толщине плёнки менее толщины материала малоэффективен</p> <p>То же, имеют ограниченный радиус действия, эффективны при сборе тяжелых фракций, но быстро засмоляются.</p> <p>То же, более эффективен для легких фракций</p>
	<p>Осаждение с использованием реагентов-диспергаторов: жидких на твёрдых носителях</p>	<p>Диспергируют нефтяную пленку для ускорения оседания эмульсии на дно (в основном для тяжелых нефтепродуктов)</p> <p>Тоже, дополнительно уменьшаются потери реагента в объеме воды</p>
	<p>Сбор нефти с использованием реагентов-сгустителей: жидких на твёрдых носителях</p>	<p>Отверждают нефтяную пленку, давая возможность собрать ее механическими устройствами</p> <p>То же, при этом часть нефти сорбируется</p>
Биологические	<p>Разложение на месте разлива микробиологической культурой: в виде суспензии на носителях-сорбентах</p>	<p>Применяется для очистки водных поверхностей пока редко, так как для биоразложения нефти необходимы длительное время и повышенная температура</p>

Фото-химические	Разложение на месте разлива под действием солнечного света и катализатора	Метод пока является лабораторной разработкой вследствие высокой стоимости катализатора
-----------------	---	--

Сейчас в мире при ликвидации разливов нефти предлагается использовать около двух сотен сорбентов, которые можно классифицировать по разным признакам (табл.46)

ТАБЛИЦА 46

*Классификация нефтяных сорбентов*[62]

<b>По исходному сырью</b>					
Неорганические		Органические			
Из естественных минералов (песок, глины и т.п.)	Из искусственных неорганических минералов (перлит, керамзит, силикагель и т.п.)	Органоми-неральные (сапрпель, сланцы, нефте-шламы)	Из каусто-биолитов (торф, уголь, графит и т.п.)	Из природного сырья растительного и животного происхождения и отходов их переработки (мох, листва, кора, опилки, шелуха зерновых, макулатура)	Синтетические (полипропилен, полиуретан, тефлон, дегидные пеннопласты)
<b>По дисперсности</b>					
Дисперсные		Формованные			
Мелко-дисперсные (порошки)	Крупно-дисперсные (крошка, гранулы, хлопья)	Волокнистые (тканые и нетканые рулонные материалы, салфетки, маты)	Прессованные (плиты)	Комбинированные (сорбирующие бонны, подушки, маты с оболочкой из проникаемого материала)	
<b>По характеру смачивания водой</b>					
Гидрофильные (статический угол смачивания <90°)		Безразличного смачивания (статический угол смачивания ~90°)		Гидрофобные (статический угол смачивания >90°)	

<b>По плавучести</b>					
Высокой плавучести (>72 ч)		Ограниченной плавучести (3 – 72 ч)		Не плавучие (до 3 ч)	
<b>По пористой структуре</b>					
Непористые (песок, сера)	Крупнопористые (радиус кривизны пор >200 нм: перлит сорбенты, кирпичная крошка)	Мезопористые (радиус кривизны пор 1,5 – 200 нм: диатомитовые глины, силикагель, некоторые виды активных углей)	Мелкопористые (радиус кривизны пор <1,5 нм: активные угли из косточковых)	Гетеропористые (радиус кривизны пор изменяется в широком диапазоне: сорбенты из торфа, древесины, сельскохозяйственных отходов)	
С изотропной пористостью (минеральные сорбенты, сорбенты из угля, графита, нефтяных остатков, вспененные синтетические сорбенты)			С анизотропной пористостью (сорбенты из волокнистых синтетических и природных материалов)		
<b>По специальным свойствам</b>					
Магнитные	Набухающие в нефтепродуктах	Содержащие ПАВ-диспергаторы нефти	Содержащие реагенты-сгустители нефти	Содержащие микробиологические культуры для биоразложения нефти	Иные (переменной плотности, ионообменные и т.п.)
<b>По назначению</b>					
Наносимые на поверхность для удаления поверхностных загрязнений воды и почвы			Загружаемые в фильтры для удаления объёмных загрязнений воды		
<b>По преимущественному способу утилизации</b>					
Отжим нефтепродукта	Биоразложение	Сжигание	Термическая отгонка сорбата	Отмывка сорбата растворителями	Регенерация

Для производства сорбентов, наиболее привлекательны естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения. Они являются, как правило, органической частью существующих экосистем, поэтому сорбенты на их основе в наибольшей степени соответствуют экологическим требованиям.

**Статическая емкость некоторых природных и промышленных материалов по нефтепродуктам, кг/кг**

Глина.....	0,76 — 1,59
Кварцевый песок.....	0,3
Перлит и вермикулит.....	5 — 7
Древесная стружка, опилки.....	2 — 3
Минеральная вата.....	7,85
Вулканическое стекло.....	5,25
Очес полушерстяной.....	12,9
Лавсан 1400.....	8,3
Капрон непрессованный.....	8,92
Полипропилен (волокно).....	6,13
Капрон.....	1,88
Нитрон 1500.....	6,13
Торф гранулированный.....	1,27
Торф сфагновый.....	5,2
Цеолит природный.....	0,5
Уголь бурый гуминовый... ..	0,8 — 1,2

В последние годы в России стали производиться сорбенты «Сорбест», «РС», «Лессорб», «Сибсорбент» и др.

**Статическая емкость по нефти сорбентов, полученных по технологии "Сорбест" из различного сырья, кг/кг**

Древесные опилки .....	4,5 — 8,5
Опавшая листва .....	8 — 9
Отходы переработки трав.....	4 — 6,5
Торф.....	8 - 10
Рисовая шелуха.....	6 — 10
Хлопковые отходы.....	6 — 30
Пеньковолокно .....	10—13
Лузга подсолнечника .....	6 — 8
Макулатура .....	8 — 9,5
Кукурузные початки (отходы)...	5 — 7

Российскими специалистами разработаны также сорбенты со специальными свойствами: биологически активные («Биосорб»), магнитные («Сорбест-Б»), содержащие реагенты-сгустители нефти («Лидиол») и др. Развивается также отечественное производство углеродных сорбентов, например вспененных графитов, активных углей из различного природного сырья.

В России существуют собственные технологии производства нефтяных сорбентов из местного сырья и отходов, причем эти технологии и производимые сорбенты не уступают зарубежным, а в ряде случаев и превосходят их. При этом стоимость продукции намного ниже. Тем не менее реализация отечественных технологий и сорбентов сталкивается с большими трудностями, несмотря на остроту экологической ситуации с нефтяными разливами.

В чем же причины?

**Во-первых**, в Украине, как и в России пока отсутствует как таковой рынок сорбентов для удаления нефтяных разливов. Потребность в сорбентах возникает постфактум, после того как разлив уже произошел, а весь успех очистных мероприятий зависит от их оперативности. Между тем очень немногие предприятия имеют аварийные запасы сорбентов. Поэтому необходимо, прежде всего, разработать нормативно-правовую базу, обязывающую пользователя нефтью и нефтепродуктами иметь определенный набор сертифицированных средств экологической защиты, в том числе сорбентов. Выбор средств проводит сам пользователь. На региональном уровне такие нормативные акты уже появились, например, в Кировской области. Сейчас необходимо поддержать эти инициативы на государственном уровне.

**Во-вторых**, хотелось бы отметить невыгодность транспортировки нефтяных сорбентов на далекие расстояния, так как они, как правило, имеют очень низкую объемную массу. Отсюда следует целесообразность организации производства сорбентов из местного сырья и отходов, что не только позволит

оперативно решать экологические проблемы, связанные с нефтяными разливами, но и принесет существенную экономическую прибыль, так как производство сорбентов чрезвычайно выгодно при сформированном спросе. Кроме того, частично решаются проблемы утилизации местных отходов, создаются новые рабочие места. Для решения этой задачи администрациям регионов, региональным экологическим фондам следует активнее содействовать представителям малого и среднего бизнеса, организующим такие производства, в получении необходимых кредитов.

**В-третьих**, на государственном уровне необходимо решить вопрос об организации под эгидой МЧС или Министерства экологии и охраны окружающей среды сети экологических баз, имеющих аварийные запасы средств экологической защиты, в том числе нефтяные сорбенты. Картирование мест наиболее частых разливов нефти может дать представление предпочтительном размещении таких баз.

**В-четвертых**, украинские—пользователи, даже при желании часто не могут применить сорбенты, так как у них отсутствует даже самое элементарное оборудование и опыт работы с сорбентами. Поэтому наряду с сорбентами необходимо производить и соответствующие технические средства: пневматические и гидравлические распылители, боны, сетки и тралы, отжимные устройства и т.п., а также проводить обучение персонала основным приемам работы с сорбентами.

**В-пятых**, МЧС, как правило, при ликвидации нефтяных разливов осуществляет контрольные функции, а непосредственные очистные мероприятия проводят наспех сколоченные на местах бригады, не имеющие ни опыта, ни технических средств. Поэтому целесообразна организация региональных мобильных экологических бригад, обеспеченных транспортом, средствами связи, приборами мониторинга и необходимыми средствами ликвидации разливов: автономными насосами, скиммерами и т.п. Финансовое обеспечение таких бригад

можно было бы осуществлять за счет части штрафов за загрязнение окружающей среды

**В-шестых**, в многообразии предлагаемых потребителям сорбентов часто нелегко разобраться даже специалисту, поэтому целесообразно организовать центры независимой, вневедомственной экспертизы сорбентов, осуществляющих их испытания по единым методикам. Данные этих экспертиз нужно опубликовать вместе с каталогами рекомендуемых к применению сертифицированных сорбентов.

## **ГЛАВА 6**

### ***Мембранная технология для очистки нефтесодержащих сточных вод***

В настоящее время особое значение имеет разработка эффективных и экономичных методов очистки сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов [64]. Сточные воды, содержащие эмульгированные нефтепродукты, представляют собой многочисленную группу вод, имеющих в каждом регионе страны. К ним относятся сточные воды машиностроительных предприятий, постов мойки машин, трюмные воды судов, отстойные воды нефтебаз, балластные воды танкеров, нефтесодержащие воды от очистки акваторий портов и платформ по добыче нефти в море, промывные воды после освидетельствования емкостей в сети газонаполнительных станций. Перечисленные воды имеют разнородный химический и дисперсный состав загрязнений и, как правило, представляют собой самоэмульгирующиеся коллоидные системы, обладающие кинетической и термодинамической устойчивостью.

Удаление механических примесей и свободных нефтепродуктов из таких сточных вод не представляет особых затруднений. Поэтому основной задачей их очистки является удаление эмульгированных нефтепродуктов, что связано с необходимостью разрушения устойчивой структуры эмульсий

ЗАО «Мембраны» разработана прогрессивная мембранная технология, позволяющая решить данную проблему и одновременно обеспечить возросшие требования по степени очистки воды.

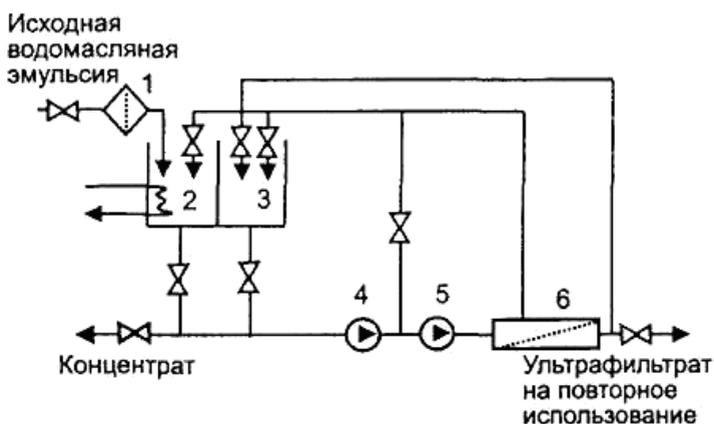
Процесс ультраfiltrации с использованием трубчатых элементов БТУ 0,5/2 является одним из наиболее эффективных способов очистки стойких сильнозагрязненных водомасляных эмульсий за рубежом. В зависимости от требований, предъявляемых заказчиком к качеству фильтрата, рассмотрены различные варианты организации технологических схем: одноступенчатая (только ультраfiltrационная очистка), двухступенчатые с дополнительной доочисткой обратным осмосом (нанофильтрацией) или на фильтрах с активированным углем в качестве сорбента.

Как правило, одноступенчатые установки рекомендуются для регенерации отработанных моющих и обезжиривающих растворов. Отработанные моющие растворы содержат те же компоненты, что и свежеприготовленные (кальцинированную, каустическую соду, силикат натрия, фосфаты, эмульгаторы и другие ПАВ), а также загрязнения в виде растворенных, эмульгированных и свободных масел, металлической Пыли и прочих примесей, смывающихся с поверхности обрабатываемых деталей и накапливающихся в растворах. Концентрация нефтепродуктов в отработанных моющих и обезжиривающих растворах в среднем составляет 1,5-2 г/л, однако в отдельных случаях достигает 10 г/л.

Использование для данного класса сточных вод ультраfiltrационных установок на базе трубчатых ультраfiltrов БТУ 0,5/2 позволяет осуществить очистку растворов от примесей, сохраняя основные моющие компоненты, и вернуть раствор после корректировки вновь в производственный цикл.

На рис.47 показана принципиальная схема ультраfiltrационной установки, работа которой

осуществляется следующим образом. Исходная водомасляная эмульсия через фильтр предварительной очистки 1, задерживающий механические примеси размером более 50 мкм, подается в емкость исходного раствора 2, где поддерживается ее определенный уровень в автоматическом режиме. После заполнения емкости 2 с помощью подпитывающего насоса 4 и рециркуляционного насоса 5 в ультрафильтрационном модуле создается необходимое рабочее давление и скорость потока над мембраной для проведения процесса ультраfiltrации. Часть рециркуляционного потока возвращается в емкость 2 для выравнивания температуры и концентрации в мембранном модуле 6 и емкости 2.



**Рис. 47. Принципиальная технологическая схема ультрафильтрационной установки для разделения водомасляных эмульсий**

В процессе ультраfiltrации через мембраны водомасляная эмульсия разделяется на два потока: ультрафильтрат с содержанием нефтепродуктов в диапазоне концентраций 2-20 мг/л в зависимости от их содержания в исходной водомасляной эмульсии и концентрат. Ультрафильтрат непрерывно отводится от мембранного модуля на повторное использование, а концентрат

возвращается в емкость 2. Во время работы происходит постепенное увеличение примесей в концентрате, и при достижении механических примесей до 100 мг/л и нефтепродуктов не более 300 г/л концентрат выводится из цикла на утилизацию.

Для интенсификации процесса разделения предлагается оригинальное технологическое решение, заключающееся в сочетании рабочего режима ультрафильтрации с «мягкой» обратноточной промывкой. Исследования показали эффективность такого подхода в организации процесса ультрафильтрации. Это позволило в реальных условиях длительное время поддерживать стабильную производительность и реже проводить химическую мойку.

В процессе разделения водомасляной эмульсии происходит постепенное снижение скорости ультрафильтрации. Для восстановления транспортных характеристик мембранных элементов проводится их химическая мойка (регенерация) раствором, приготовленным на основе ультрафильтрата в емкости 3. Процесс химической мойки проводится аналогично ультрафильтрации, при этом фильтрат и концентрат постоянно возвращаются в емкость 3.

Наиболее распространенными водомасляными стоками, трудно разделяемыми и достаточно стабильными, являются отработанные смазочно-охлаждающие жидкости, в состав которых кроме механических загрязнений (металлическая пыль, окалина и т. п.) входят сажистые и смолистые вещества, соли, тяжелые металлы, масла и ряд других механических и химических примесей. Содержание минеральных масел, эмульгаторов и технологической смазки в отработанной смазочно-охлаждающей жидкости иногда достигает 50 г/л, из них до 15 г/л - эмульгированных. Способность самопроизвольного эмульгирования в воде и устойчивая структура маслоэмульсионных сточных вод данного типа, не разрушающаяся при отстаивании даже в течение нескольких месяцев, не позволяют сбрасывать эти воды на заводские очистные сооружения. Сброс отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей приводит к значительному снижению эффективности

работы очистных сооружений и к существенному увеличению расхода реагентов. Данный поток подлежит локальной переработке, наиболее экономичной из которой является ультрафильтрационная очистка.

Преимуществами ультрафильтрации по сравнению с традиционными методами обезвреживания отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей являются: универсальность процесса; практическое отсутствие химических реагентов за исключением небольшого количества, необходимого на химическую мойку; минимальное количество масляного концентрата, составляющего до 10 % исходного объема стоков, что облегчает его дальнейшую утилизацию, простота и компактность установок; малые энергозатраты.

Ультрафильтрат после переработки смазочно-охлаждающих жидкостей не подлежит повторному использованию ввиду сложности корректировки состава. В то же время он не может быть направлен на сброс в канализацию из-за превышения содержания различных примесей, в первую очередь нефтепродуктов. Для данного случая предлагается осуществлять очистку сточных вод по двухступенчатой схеме, где в качестве второй ступени доочистки от нефтепродуктов используется сорбция на активированном угле.

Работа первой ступени этой схемы аналогична работе одноступенчатой установки, описанной выше. Фильтрат из мембранного модуля первой ступени направляется на вторую ступень финишной доочистки - угольный адсорбер, работающий под наливом, и далее непрерывно отводится в канализацию. Технологией предусматривается периодическая регенерация сорбента комбинированным способом: паром при давлении до 0,07 МПа, далее химическим методом 2-4-процентным раствором щелочи. Раствор реагента готовится в емкости на основе ультрафильтрата и насосом подается в адсорбер. Загрязненный нефтепродуктами раствор щелочи или конденсат после регенерации возвращается на стадию ультрафильтрации.

Концентрат после ультрафильтрации, объем которого не превышает 10 % исходного объема воды, при достижении в нем масел до 500 г/л подвергается утилизации. При рассмотрении возможных путей утилизации концентрата за основные приняты следующие способы:

1. Наиболее широко распространено его сжигание. В некоторых случаях при сжигании в котельной концентрат предварительно смешивают с мазутом. Так как утилизации подвергается меньшая часть смазочно-охлаждающей жидкости, то значительно сокращаются расходы на его сжигание. Выделение масла, содержащегося в концентрате, реагентным методом (концентрированной серной кислотой) при температуре до 90 °С. Иногда достаточно осуществить термическую обработку концентрата методом выпаривания и обычную декантацию, позволяющую сконцентрировать масло до 70 %.

3. Одним из перспективных направлений утилизации концентрата является, использование его в качестве добавки в производстве керамзита, а также для смазки форм железобетонных конструкций.

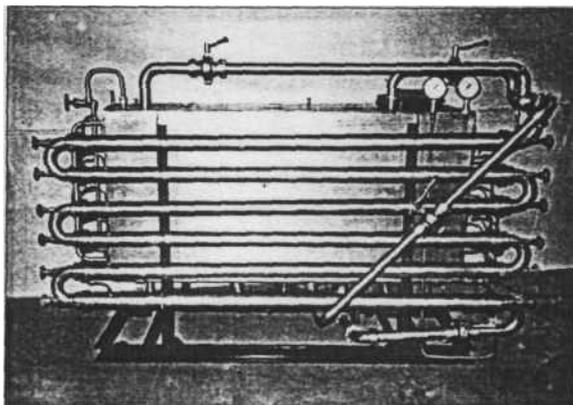
Основными технологическими параметрами процесса ультрафильтрации являются: рабочее давление, температура циркулирующего раствора и скорость потока над поверхностью мембраны. С экономической точки зрения возникает необходимость интенсифицировать процесс ультрафильтрации за счет нахождения оптимальных параметров, которые не только повышают качество очистки и производительность установки, но и увеличивают срок службы фильтрующих элементов.

В качестве экспериментального фильтрующего элемента использовался трубчатый ультрафильтр БТУ 0,5/2 с фторопластовой мембраной марки Ф-1 и диаметром пор порядка 500А<sup>0</sup>. Трубчатый ультрафильтр представляет собой семь плотно уложенных параллельно друг другу открытопористых пластиковых трубок диаметром 13,4 мм, концы которых залиты в обоймы из отвержденной смолы, а внутренняя поверхность трубок покрыта пленкой (полупроницаемой мембраной). В качестве водомасляной

эмульсии использовалась отработанная смазочно-охлаждающая жидкость (на основе эмульсола Укринол-1М) с исходной концентрацией 5-10 г/л. Состав эмульсола Укринол-1М, масс. %: минеральное масло ИС-12 -30-50, экстракт трансформаторного масла - 20-25, нефтяной сульфонат натрия - 15-35, смесь полиэтиленгликолиевых эфиров 3-10, калиевые мыла - 6-14, гликоли или их эфиры - 2-4, вода-до 100.

Оптимальными параметрами ультрафильтрации являются: рабочее давление 0,3-0,4 МПа; температура рабочего раствора 40-50 °С; скорость потока над мембраной 4-6 м/с.

В ЗАО «Мембраны» по результатам исследований разработан типоразмерный ряд одно- и двухступенчатых мембранных установок на базе трубчатых ультрафильтров БТУ 0,5/2 (рис. 48.), основные характеристики которых приведены в таблице.



*Рис. 48. Мембранная установка УМ-3Т для регенерации моющих и обеззараживающих растворов*

В связи с ужесточением требований к сливаемым в канализацию стокам, в том числе по СПАВ, тяжелым металлам, общему солесодержанию наибольший интерес представляют глубокая очистка и обессоливание ультрафильтрата обратным осмосом, что дает возможность повторного использования очищенной воды в оборотном водоснабжении.

ТАБЛИЦА 47  
Ультрафильтрационные установки ЗАО «Мембраны»

Показатель	Тип установки							
	одноступенчатые				двухступенчатые			
	УМ-3Т	УМ-30Т	УМ-60Т	УМ-120Т	УМ-3Т/ ФСУ-0,25	УМ-30Т/ 2ФСУ-0,25	УМ-60Т/ ФСУ-1	УМ-120Т/ 2ФСУ-1
Фильтрующая поверхность, м <sup>2</sup>	3	30	60	120	3	30	60	120
Количество фильтров БТУ-0,5/2, шт.	6	60	120	240	6	60	120	240
Производительность установки по фильтрату, м <sup>3</sup> /ч, не менее	0,15	1,5	3	6	0,15	1,5	3	6
Эффективность по взвешенным частицам, %, не менее	99,9				99,9			
Эффективность по нефтепродуктам, %, не менее	99				99,8			
Остаточное содержание нефтепродуктов в фильтрате, мг/л	До 2				До 0,05			
Рабочая температура разделяемой смеси, °С, более	40-50				40-50			
Рабочее давление, МПа	0,3-0,4				0,3-0,4			
рН разделяемой смеси	1-14				1-14			
Габариты, мм	1500 3000 1650	5400 3780 2450	6800 5700 2500	8700 7000 3650	3200 3000 1650	6900 4500 2900	6800 6500 2500	8700 6500 2500
Масса, кг	1500	5000	8000	15000	1900	6500	9500	17000
Примечание. У- установка; М - мембранная; 3 - фильтрующая поверхность, м <sup>2</sup> ; Т - трубчатая; ФСУ - фильтр сорбционный угольный; 0,25 - диаметр фильтра, м.								

За последние годы в различных регионах России и ближнего зарубежья внедрено более 40

ультрафильтрационных установок производительностью 0,15-6 м<sup>3</sup>/ч, изготовленных ЗАО «Мембраны», из них около 15 для очистки отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей. Срок окупаемости установок составляет 1,2-1,7 года (табл. 47.) Эксплуатационные расходы оцениваются в пределах 2,5-4 долл/м<sup>3</sup> очищенных стоков. Для сравнения: общие затраты на установку ультрафильтрации составляют 4-18 долл/м<sup>3</sup>, на очистку с применением деэмульгаторов – 35 – 230 долл/м<sup>3</sup>.

Следует отметить особую группу нефтесодержащих сточных вод, которые образуются после промывки емкостей в период проведения переосвидетельствования цистерн, емкостей и баллонов сжиженного природного газа в сети стационарных газонаполнительных станций. Эти стоки характеризуются не только содержанием механических загрязнений, нефтепродуктов, но и наличием сильно пахнущих веществ — этилмеркаптанов. В связи с этим в разработанную ранее технологию дополнительно включены следующие стадии:

корректировка значения рН исходной воды до величины 8-8,5, что позволяет максимально увеличить степень очистки сточной воды от этилмеркаптанов;

электрохимическая обработка стоков после регенерации угля в электролизере с целью окисления этилмеркаптанов, извлеченных из сорбента, до солей сульфокислот, которые являются детергентами и не имеют запаха.

Для очистки сточных вод подобного состава изготовлена и пущена в эксплуатацию передвижная установка модульного типа производительностью 0,5 м<sup>3</sup>/ч для Даугавпилского межрайонного производственно-эксплуатационного управления газового хозяйства «Даугавпилсгаз».

Особый интерес к ультрафильтрационному методу возник после появления на рынке композиционных металлокерамических мембран «Трумем» имеющих практически абсолютную стойкость к любым агрессивным воздействиям разделяемой среды [65] Мембраны «Трумем» имеют российский приоритет и промышленный выпуск на московском

НПП «Ультрам», входящем в ГП «Красная звезда». Мембраны получили широкое признание в России и развитых западных странах.

Тем не менее, существует ряд промышленных стоков, которые плохо поддаются очистке ультрафильтрацией даже на мембранах «Трумем», в том числе и отработанные моющие растворы с машиностроительных и ремонтных предприятий таких отраслей, как автомобильная, БПК, атомная, нефтеперерабатывающая и других. Проблема заключается в том, что сложные по составу стоки блокируют поверхность мембран, что требует их химической регенерации или даже замены. Несмотря на это, интерес к ультрафильтрации в вышеназванных отраслях растет благодаря большим преимуществам метода по сравнению с традиционными.

Спрос на мембранные установки в этих отраслях, да и в любой другой, будет еще выше, если решить проблему блокирования мембран, а значит, ликвидировать затраты реагентов, вторичные стоки, во много раз продлить ресурс мембран и даже отказаться от их замены. Такая задача неоднократно ставилась промышленниками и технологами. Проблему усугубляют и повышающиеся требования по защите окружающей среды от промышленных стоков.

Целью проекта является разработка методик, решающих поставленную задачу. Научно-технический подход к проблеме заключается в модификации исходного очищаемого раствора перед подачей его на разделение в мембранный аппарат. Модификацию предлагается проводить в каждом конкретном случае, в зависимости от перечня компонентов раствора, одним или комбинацией из следующих способов:

- химическая модификация растворов путем введения в исходную смесь химических реагентов – кислот, щелочей, комплексонов, осадителей, флокулянтов и т.п.;

- коллоидно-химическая модификация растворов путем изменения агрегатного состояния компонентов исходной смеси до стадии образования коллоидной системы. Речь идет о микроэмульсиях, взвешях, водорастворимых полимерах, мицеллах ЦЛВ, о процессах флотации, коагуляции и микрокапсулирования;

-электрохимическая модификация растворов путем их обработки в электролизерах, электрофлотаторах, электрокорректорax и других аналогичных аппаратах. Электрохимическое воздействие привлекательно тем, что протекает без ввода в смесь каких-либо дополнительных веществ;

-физическая модификация растворов путем воздействия на них электромагнитных полей различной частоты, в том числе в резонансных режимах;

-модификация самих полупроницаемых мембран путем подведения к ним внешнего заряда, путем адсорбционного и химического изменения гидрофильно-гидрофобного соотношения.

Для выполнения проекта составлен коллектив ученых и инженеров, имеющих опыт работы в материаловедении, использовании ультрафильтрации в атомной энергетике, в решении экологических проблем и в химической технологии. Рассматривая данный проект как конверсионный, можно с уверенностью предсказать его выполнимость.

Полученные результаты найдут широкое применение в промышленности - на станциях гальванических и любых других покрытий, в приборостроении, в автомобильной и авторемонтной отрасли, в нефтеперерабатывающей отрасли и т.д. Сочетание полученных результатов модификации растворов с мембранами «Трумем» и, наконец, с новыми мембранными аппаратами американской компании «Спинтек», где в основу положен принцип мембранной центрифуги, может дать в итоге прорыв на рынке мембранных технологий и аппаратов.

Для очистки сточных вод в строительстве применяют мембранные модули, разработанные и изготовленные компанией «Москва» [66]:

- откачка и очистка воды из котлованов;
- мероприятия по водопонижению;
- мойка колёс автотранспортной техники, выезжающей с территории строительной площадки;
- мойка автотранспортной техники с возможностью использования очищенной воды в оборотной системе мойки;

- очистка загрязненной технологической воды (ЖБИ, ДСК и т.п.) с возможностью её последующего использования для нужд предприятий;

- очистка загрязнённых ливневых стоков с территории промышленных предприятий до показателей, позволяющих производить сброс стоков на грунт или в городскую ливневую канализацию.

Для процесса ультрафильтрации эмульгированных масел и нефтепродуктов (Рис.49) целесообразнее всего использовать мембраны с размером пор не более чем 50 нм и при рабочем давлении проведения процесса 0,2 – 0,3 МПа [68]. Для мембран с большим размером пор, имеющих большую начальную производительность, наблюдается (как и в случае повышения рабочего давления) интенсивное снижение производительности в процессе эксплуатации. Этот эффект связан с модифицированием пор и поверхности мембраны мультислоями масел и нефтепродуктов, формирующихся на поверхности мембраны в случае значительных трансмембранных потоков. Однако даже при оптимальных условиях производительность ультрафильтровальной установки хоть и медленно, но снижается со временем. Её восстанавливают периодическим снятием давления и рециркуляцией исходного раствора с последующей обработкой моющими средствами, что даёт возможность полностью восстановить производительность мембраны. Периодичность регенерации мембран зависит от степени загрязнения сточных вод и проводится через 5 – 10 суток. Длительность эксплуатации мембраны составляет 1,5 – 2 года. Следует отметить, что отработанный моющий раствор, который содержит ПАВ, направляют назад в ёмкость с загрязнённой сточной водой и подвергают ультрафильтрационной очистке.

Ультрафильтрацию также успешно используют для очистки сточных вод в пищевой (животные белки, жиры), фармацевтической (жировые компоненты препаратов), рыбной, металлообрабатывающей, машиностроительной (смазочно-охлаждающие жидкости) и других отраслях промышленности.

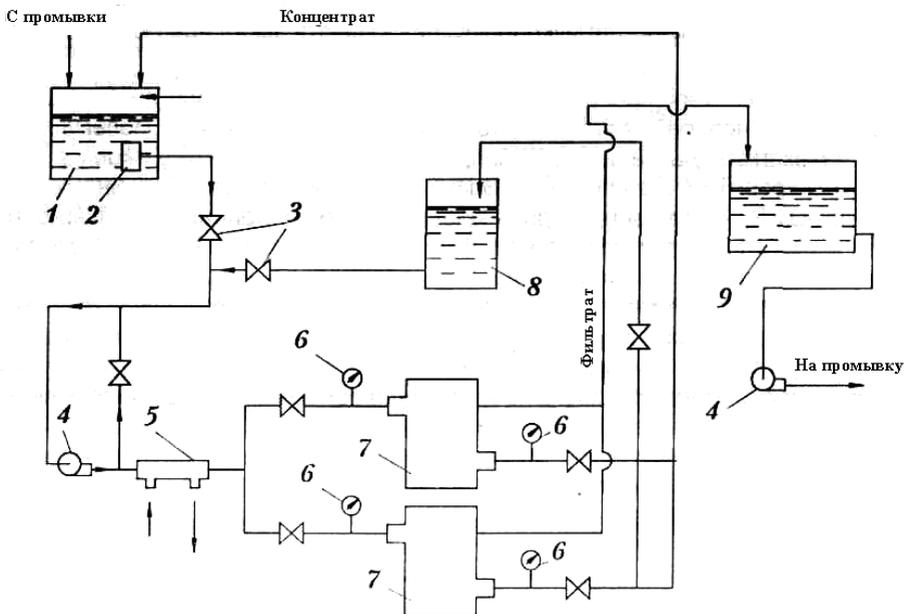


Рис. 49. Схема ультрафильтрационной очистки сточных вод, содержащих эмульгированные масла и нефтепродукты  
 1 – бак для исходной воды; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – вентили; 4 – центробежные насосы; 5 – теплообменник; 6 – манометры образцовые; 7 – ультрафильтровальные аппараты фильтр-переносного типа; 8 – бак регенерационного раствора; 9 – бак чистой воды

Значительная группа органических соединений как синтетических, так и естественных, попадающих в сточные воды, биологическими методами удаляются не эффективно или не удаляются совсем. Это, прежде всего, касается ионогенных органических соединений. Использование с этой целью физико-химических методов (коагуляция солями многозарядных металлов, окислительная или электрохимическая деструкция и т.п.) часто не достаточно эффективно, энергоёмко, иногда не даёт возможность повторно использовать воду без корректирования её солевого

состава. Потому мембранные методы оказались достаточно перспективными для удаления перечисленных загрязнителей из сточных вод.

Одним из перспективных направлений мембранной технологии оказалась очистка небольших по объёму, но достаточно концентрированных сточных вод прачечных, обработки и покраски тканей. Проведённые исследования показали, что ультрафильтрацией можно в 12 раз сконцентрировать сточные воды прачечных, а содержание поверхностно-активных веществ (ПАВ) в концентрате увеличить в 4,5 раза. Однако полное удаление ПАВ при помощи ультрафильтрации не достигается, а потому на второй стадии очистки ультрафильтрата и вод полоскания белья используют обратный осмос, который даёт возможность задержать до 95% ПАВ, содержащихся в сточных водах прачечных. Благодаря повторному использованию воды, очищенной при помощи ультрафильтрации и обратного осмоса, можно сократить водопотребление и вернуть часть ПАВ в производственный цикл. Одним из возможных путей повышения задержки ПАВ ультрафильтрационными мембранами – это их связь в комплексные соединения добавлением в сточную воду катионов-комплексообразователей переходных металлов или органических комплексообразователей, что даёт возможность практически полностью удалить ПАВ из сточных вод.

Сточные воды нефтедобывающей, целлюлозобумажной, горнообработывающей, строительной и других отраслей промышленности содержат лингосульфаты, которые являются побочным продуктом химической переработки древесины. Особенно экологически опасными являются низкомолекулярные лигносульфонаты, которые не удаляются из воды коагуляцией и биологическими методами. Методами ультрафильтрационного концентрирования и фракционирования лигносульфонатов удаётся выделить на мембранах с диаметром пор до 30 нм 70 – 45% лигносульфонатов, которые составляют высокомолекулярную фракцию. Эту фракцию широко используют в горно-

обогачительной промышленности во время флотации обеднённых железных руд.

Анализом существующих методов очистки сточных вод от красителей доказано, что самым перспективным являются мембранные методы: ультра-, нанофильтрации и обратный осмос. Установлено, что задержка красителей на ультра- и нанофильтрационных мембранах возрастает с увеличением их молекулярной массы, а также с переходом от моноazo- к триазокрасителям. С повышением концентрации красителей достаточно легко достигается гелеобразование на мембране и степень задержки возрастает. Эффективность задерживания основных (или кислотных) красителей можно повысить добавлением в сточные воды ионогенных органических соединений с противоположным зарядом функциональных групп или смешиванием сточных вод, содержащих основные и кислотные красители. Повышение эффективности задержки в этом случае обусловлено образованием ассоциатов (растворимых комплексов) красителей с противоположно заряженными макроионами. Благодаря увеличению размера (молекулярной массы) частиц задерживающая способность ультрафильтратов возрастает, а при определённых молекулярных массах компонентов образуют комплексы, которые не растворяются в воде, а коагулируют (то есть изменяется фазово-дисперсное состояние системы), вследствие чего возрастает эффективность функционирования ультрафильтрационных мембран. Аналогичный эффект достигается вследствие флокуляции красителей. В этом случае коэффициент их задерживания достигает 97% при одновременном возрастании производительности по фильтрату от 50 до 120 л/(м<sup>2</sup>·час).

В последнее время баромембранные методы как элементы комплексной технологии очистки воды широко применяют для обезвоживания отходов, образующихся во время очистки воды биологическими методами (активный ил, микроорганизмы-деструкторы), а также во время обезвоживания шламов-коагулянтов, которые образуются вследствие очистки воды продуктами гидролиза солей многозарядных металлов.

## ГЛАВА 7

### *Очистка масло и нефтесодержащих сточных вод с помощью физических методов (магнитное и акустическое воздействие)*

Для очистки маслоэмульсионных сточных вод применяют различные методы, одним из которых является электрокоагуляционный [70] основанный на электролизе воды в присутствии растворимых алюминиевых электродов. Реже для этой цели используют растворимые стальные электроды.

Электрокоагуляция в основном способствует удалению эмульгированных нефтепродуктов, а растворенные - удаляются лишь частично в результате адсорбции на гидроксилы алюминия или железа. Со временем происходит "старение" осадков гидроксидов, в результате чего их адсорбционная способность снижается. Электрокоагуляция не обеспечивает удаление растворенных органических веществ. В воде остаются растворенные нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, компоненты смазочно-охлаждающих жидкостей и моющих растворов, продукты распада различных веществ, фосфаты, силикаты, что ухудшает седиментационные свойства образующейся взвеси. Все это вызывает необходимость использования дополнительных устройств для интенсификации процесса очистки и доочистки воды.

С целью повышения эффективности очистки маслоэмульсионных сточных вод исследовано магнитное фильтрование, которое основано на использовании магнитных жидкостей или ферромагнитной загрузки фильтра, помещенных в магнитное поле[71]

В обоих случаях загрязняющие вещества должны обладать способностью либо экстрагироваться магнитной жидкостью, либо задерживаться загрузкой фильтра. Технология магнитного фильтрования позволяет легко регулировать задерживающую способность фильтра путем изменения величины индукции магнитного поля.

Изучены результаты исследования процесса очистки смеси отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей и моющих растворов, содержащих эмульсол "Укринол-1" и "МЛ-51". Очистку сточной воды проводили по следующей технологии: обработка раствором коагулянта (кислым раствором сульфата железа), отстаивание, магнитное фильтрование [72].

Установка магнитного фильтрования включает в себя протарированный электромагнит, между полюсами которого помещен фильтрующий элемент в виде прямоугольного канала сечением 30x50 мм и высотой 300 мм, заполненный ферритовой крошкой крупностью 1-2 мм. Толщина фильтрующего слоя 150-200 мм. Канал снабжен штуцерами для подвода и отвода сточной воды.

Магнитный поток замыкается через Ш-образный сердечник, полюсные наконечники и воздушный зазор. В воздушный зазор помещен фильтрующий элемент. Магнитный поток варьировали путем изменения подаваемого на электромагнит напряжения.

Сточную воду предварительно обрабатывали кислым железосодержащим коагулянтом, затем нейтрализовали, отстаивали и отделяли сгущенный осадок. В осветленную часть воды вносили магнетит и фильтровали через магнитный фильтр.

Раствор кислого железосодержащего коагулянта готовили путем растворения стальной стружки в  $2\text{Mn}_2\text{SO}_4$ . Магнетит готовили из раствора, содержащего  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$  (1:3), который смешивали с горячим (более  $40^\circ\text{C}$ ) раствором гидроксида натрия.

Технология очистки маслоэмульсионных сточных вод, включающая получение кислого коагулянта и магнетита, с последующей обработкой ими воды и ее фильтрование в магнитном поле позволяет очищать высококонцентрированные сточные воды от растворенных и эмульгированных нефтепродуктов до концентрации 1-3 мг/л. Необходимое качество очистки сточных вод обеспечивается при поддержании технологических параметров в пределах: доза коагулянта 50-70

мг/л, доза магнетита 90-110 мг/л, скорость фильтрования 10-20 м/ч и магнитная индукция 0,6-0,8 Тл.

Широко известны способы очистки воды, основанные на введении вспомогательного магнитного вещества (ВМВ) [71]. При этом обычно используют порошки ферромагнитных материалов, однако вполне пригодны и коллоидные растворы ферромагнетиков — магнитные жидкости (МЖ). Очистка включает в себя предварительную обработку загрязнений МЖ (омагничивание) с последующим их извлечением в специальных магнитных системах (магнитных сепараторах). Для успешного омагничивания частички ферромагнетиков должны хорошо смачиваться нефтепродуктами. Для этого магнетит готовят на основе жидкости-носителя, хорошо растворимой в загрязнителе и нерастворимой в воде. Наиболее часто в качестве такой жидкости используют керосин, а для стабилизации суспензии вводят поверхностно-активное вещество (например, олеат натрия).

Исследованы условия очистки нефтесодержащей воды с использованием магнетита. Установлено, что степень очистки воды растет с увеличением соотношения  $[Fe(II)]/[Fe(III)]$ . Определено, что оптимальное время контакта ферромагнетика и загрязненной нефтяными углеводородами воды составляет 2-3 ч. Удаление нефти происходит эффективнее при улучшении смачиваемости магнетита нефтью, что достигается увеличением рН среды. Олеат натрия, традиционно используемый в качестве стабилизатора магнитных жидкостей, также улучшает смачиваемость сорбента. Для магнетита невозможно определить сорбционную емкость, т.к. чем выше содержание нефти в воде, тем больше ее удаляется при извлечении ферромагнетика в магнитном поле. В данном случае гораздо более важное значение имеют магнитные, а не сорбционные свойства магнетита. При добавке олеата натрия и керосина происходит вторичное загрязнение воды, что важно при незначительных количествах нефти.

В результате исследований разработана и оптимизирована экологически безопасная технология получения МЖ из токсичных железосодержащих промышленных отходов [72]

которая позволит утилизировать последние с получением качественного продукта (Табл. 48.)

ТАБЛИЦА 48

*Характеристики различных МЖ (жидкость-носитель — керосин)*

МЖ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Содержание магнетита, об. %	Намагниченность насыщения, кА/м
Из железосодержащего отхода АО "Северсталь"	1165	8,2	29,8
Из гальваношлама завода "Вымпел", г. Рыбинск	1060	5,92	15,7
Из гальваношлама Ярославского судостроительного завода	995	4,39	15,1
Промышленная из чистых компонентов, изготов-	911	2,5	8,7
ленная в НИПИ "Газпере-	999	4,5	14,6
работка", г. Краснодар	1089	6,5	18,9
	1177	8,5	24

Загрязненная вода после анализа на содержание нефтепродуктов поступает в усреднитель, в который дозатором через специальное распылительное устройство подаётся МЖ. После взаимодействия МЖ с плёнкой нефтепродукта вода вместе с МЖ проходит между полюсами электромагнита. Очищенная вода попадает в сборник, а осадок представляющий собой смесь МЖ и нефтепродуктов, поступает в сборник осадка. Намагниченность насыщения осадка 5 – 7 кА/м, его можно применять в качестве не вытекающей смазки или охлаждающей среды.

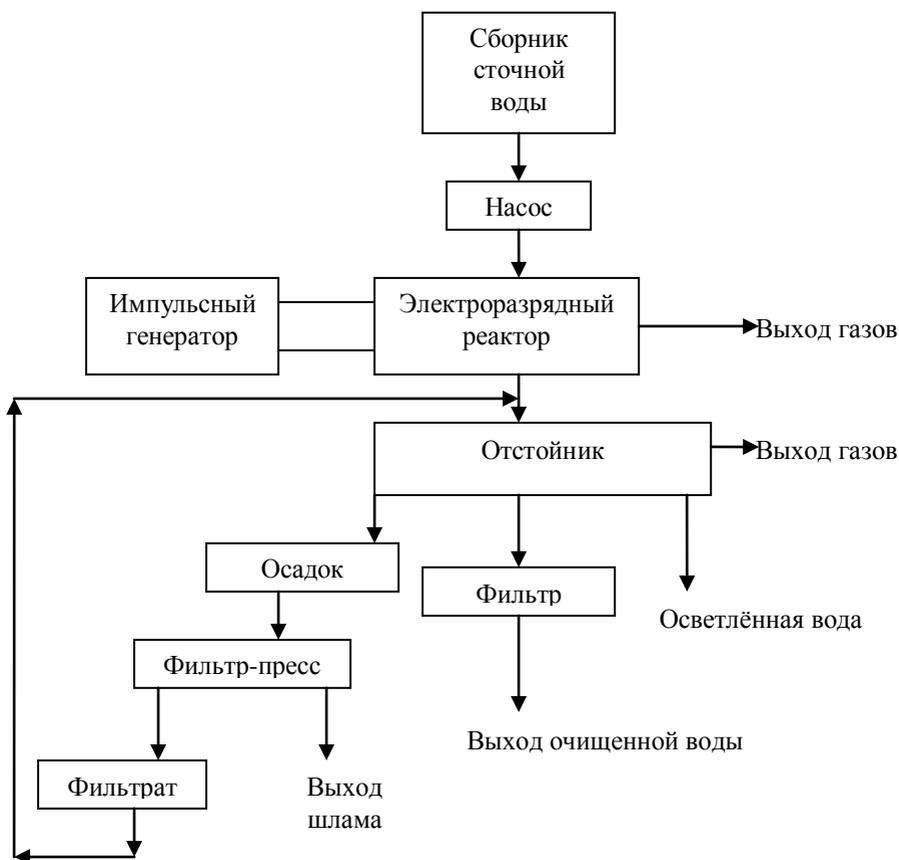
Было выяснено влияние времени контакта МЖ с плёнкой нефтепродукта на качество очистки воды. Остаточное содержание нефтепродуктов, равное 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, достигается при соотношении нефтепродукты : МЖ – 1:0,01 в течении 30 мин, при соотношении 1:0,005 – в течении 60 мин. Увеличение времени контакта ведёт к снижению качества очистки,

связанному, по видимому, с постепенным переходом МЖ в водную среду.

Исследована кинетика окисления фенола под действием специфического вида импульсного коронного электрического разряда при значениях ХПК=200 – 600 мг/дм<sup>3</sup> сточных вод [73]. На примере фенола и нефтепродуктов проведено сравнение различных окислительных технологий. Показано, что реакции под действием электрического разряда, с учётом КПД установок, имеют примерно такую же энергетическую эффективность, как озонирование, реакции под действием УФ-излучения и радиационно-химические реакции.

Обосновано применение электроимпульсного метода для обработки многокомпонентных химически загрязнённых сточных вод машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий [74]. Электроимпульсный метод обработки заключается в дестабилизации эмульсии масла и нейтрализации загрязнений, находящихся в воде, с последующей их коагуляцией, флотацией и отстаиванием (Рис. 50.).

Обработка маслоэмульсионных сточных вод осуществляется сильноточными импульсными разрядами в электроразрядных реакторах, заполненных частицами металла (стружки) или угля. Эффективность очистки достигает 95 %.



*Рис. 50. Схема лабораторной установки для очистки маслоэмульсионных сточных вод.*

Авторами [75] разработан способ извлечения эмульгированных и взвешенных веществ из растворов на основе флотации с использованием виброакустических воздействий. Акустические колебания, распространённые в жидкости, содержащей газы, неизбежно приводят к интересным эффектам: при совпадении частоты собственных колебаний пузырьков и внешних воздействий происходит явление резонанса, при котором пузырьки приобретают свойство «насоса», т. е.

притягивают все мелкие включения, находящиеся на расстоянии диаметра от границы раздела фаз.

Данный способ был опробован при обогащении полезных, ископаемых получен положительный эффект. Однако при разделении веществ в камере флотомашины требовалось, чтобы флотокомплекс вышел из зоны облучения колебаний и «стряхнул» с себя ненужные частицы.

В то же время при очистке необходимо, чтобы флотокомплекс целиком перешел в пенный слой, что существенно облегчает задачу. Основная сложность состоит в том, что для продуктивной реализации резонансного эффекта требуется определенная частота и, соответственно, одинаковые или хотя бы близкие диаметры пузырьков воздуха. Получить примерно одинаковый размер генерируемых пузырьков обычными способами достаточно проблематично: обычно образуется полигамный спектр диаметров, или генерируются практически одиночные пузырьки, но при очень малой производительности. Это относится ко всем известным способам: продавливание в полиэтиленовых трубах, пористых пластинах, генерация импеллерами и мешалками, электролиз и т.д.

Авторы предложили использовать пневмогидравлический аэратор [75], который генерирует пузырьки воздуха за счет создания определенных гидродинамических условий в сопле аэратора. Используя эффекты «скачка уплотнения» в сопле аэратора, можно получить до 80 % пузырьков требуемого диаметра.

Новые пневмогидравлические аэраторы можно применять для флотации взвешенных веществ. Наибольший эффект при флотации эмульгированных нефтепродуктов с применением виброакустических воздействий достигается на частотах, близких к 330 Гц. Амплитуда колебаний решающего значения не имеет. Повышение эффективности очистки в значительной степени зависит от размера пузырьков одинакового диаметра в пределах 1 мм. Степень очистки составила

99,8% при времени флотации 3 мин, расходе сточной воды 60 м<sup>3</sup>/ч и концентрации нефтепродуктов 400 мг/л. Данный способ не ограничивает возможности использования методов электрофлотаций и напорной флотации, но в каждом конкретном случае следует определять экономическую целесообразность того или иного способа очистки.

## ГЛАВА 8

### *Обезвреживание сточных вод, содержащих тетраэтилсвинец*

Высокая токсичность тетраэтилсвинца (ТЭС)\*, исключаяющая его сброс в водоёмы, обуславливает необходимость его обезвреживания на предприятиях (промывочно-пропарочных станциях (ППС), нефтебазах и т.п.), проводящих операции с этилированным бензином. С экономической и санитарно-гигиенической точек зрения наиболее целесообразным является раздельное отведение неэтилированных и этилированных сточных вод [4]. Содержание ТЭС в сточных водах достигает 1 – 2 мг/л, после мойки автомобилей могут содержать ТЭС – 0,001 – 0,002 мг/л.

По данным ВНИЖТ [79] при внутренней промывке цистерн концентрация ТЭС достигает до 10 – 70 мг/л в отработанных водах, при этом температура воды равна 40 – 70 °С, содержание взвешенных веществ доходит до 100 – 1000 мг/л, а нефтепродуктов – 500 – 10000 мг/л (светлые и тёмные нефтепродукты). Средняя расчётная концентрация ТЭС в сбросной воде ППС, при подсчёте убытка, принимается равной 1 мг/л (Табл. 49).

*\* - ТЭС – антидетонатор, летуч, быстро всасывается через неповреждённую кожу, поэтому при попадании на тело ТЭС необходимо сразу смыть водой с мылом. Поражает центральную нервную систему.*

Промывка цистерн из-под светлых нефтепродуктов, например, из-под этилированного бензина в количестве 350 шт/сут (одновременно 10 цистерн) даёт сточные воды объёмом 100 м<sup>3</sup>, концентрация ТЭС возможна до 10 – 17 мг/л, а в сток может попасть до 5 кг/сут ТЭС.

Содержание ТЭС в бензинах возможно от 0,24 до 0,5 г на 1 кг бензина. По данным ряда исследований наибольшее количество ТЭС в уловленных нефтепродуктах 4 – 5 мг/л, в осадке – 0,2 – 0,3 мг/л и лишь ничтожная часть в очищенной воде.

Нормативные концентрации загрязняющих веществ, подаваемых на мойку легковых автомобилей:

- взвешенных веществ – 40 мг/л;
- нефтепродуктов – 15 мг/л;
- ТЭС – 0,001 мг/л.

ТАБЛИЦА 49

*Неполностью очищенные сточные воды ППС и необходимая кратность разбавления их при сбросе в водоём по методике ВНИИ «ВодГЕО»*

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация, мг/л	ПДК для водоёмов (в черте города) культурно-бытового назначения, мг/л	Кратность разбавления
БПК <sub>полн</sub>	100	6,0	33,4
Взвешенные вещества	25	20,0	1,25
Нефтепродукты	50	0,1	500
СПАВ	10	0,5	20
Фенолы	5	0,001	5000
ТЭС	1	отсутствие	10000
Итого суммарная кратность разбавления			15554,65

Без полного удаления ТЭС выпуск сточных вод в канализацию не допускается.

При хранении этилированного бензина в течении длительного времени в осадок выпадает до 15% окислившегося ТЭС, который при зачистке резервуаров попадает в сточные воды [82].

В настоящее время известно более 15 методов очистки сточных вод содержащих ТЭС. Практическое применение получили лишь экстракция, хлорирование, озонирование и мембранные методы.

Для очистки этилированных сточных вод на нефтебазах, ППС и частных предприятиях создаются специальные узлы (станции). Первичным элементом этих узлов являются отстойники-бензоулавливатели (они же усреднители). В таких сооружениях задерживаются нерастворимые примеси. Затем сточные воды с оставшимися тонкоэмульсионными и растворимыми примесями этилированного бензина направляются на очистку физико-химическими и химическими методами.

### ***Мембранные методы***

Способ очистки сточных вод от ТЭС, включающий предварительное фильтрование от механических примесей с последующей очисткой фильтрата, отличающийся тем, что с целью повышения степени очистки, очистку фильтрата осуществляют фильтрованием через полупроницаемую ацетатцеллюлозную (Табл.50 и 51) мембрану марки МГА-100 [80].

ТАБЛИЦА 50

### *Очистка сточных вод на ацетатцеллюлозной мембране*

Содержание ТЭС, моль/м <sup>3</sup>		Селективность мембраны, %	Проницаемость мембраны, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> в сутки
В исходном растворе	В фильтрате		
0,0618	0,0328	43,68	0,470
0,0618	0,0258	58,25	0,370
0,0618	0,0096	84,46	0,295
0,0618	0,00036	98,62	0,195
0,0618	0,00028	99,53	0,180
0,0618	0,00024	99,61	0,180

ТАБЛИЦА 51

*Очистка сточных вод от ТЭС различными методами [80]*

Метод очистки	Содержание ТЭС, мг/л		Эффективность очистки, %
	В исходной воде	В очищенной воде	
Ионообменный	32 – 58	12 – 13	37,5 – 40,6
	32,4 – 58,1	12,7 – 13,4	
Обратный осмос	32 – 58	0,512 – 0,928	98,4
	32,4 – 58,1	0,421 – 0,755	98,7
	18,72 – 18,85	0,297 – 0,301	98,4

Себестоимость очистки сточных вод через мембраны в 2,5 – 5 раз ниже используемых в настоящее время методов очистки.

Для очистки сточных вод предлагается использовать установку высоконапорного баромембранного разделения [82], включающую насос высокого давления, фильтр грубой очистки и секцию из трёх мембранных аппаратов. Сточные воды, содержащие 7 – 410 мг/л нефтепродуктов и различные вещества во взвешенном состоянии, после очистки таким методом соответствует требованиям, предъявляемым к сточным водам, сбрасываемым в канализацию крупных городов.

### **Экстракция**

Экстракция ТЭС из сточных вод основана на растворении ТЭС в экстрагентах (бензин высоких марок, керосин, бензол, бутилацетат, четырёххлористый углерод и др.). Однократная экстракция редко приводит к полному удалению из сточной воды ТЭС. Чаще применяют многократную экстракцию (Рис.51). Для полного извлечения ТЭС из сточных вод необходимо соотношение бензина и воды не более 1:25 и трёхкратная экстракция. Перед каждой из ступеней в жидкость дозировочным насосом подаётся 1/3 свежего экстрагента согласно установленному соотношению.

После третьей ступени (на рис.51 показано только две ступени экстрагирования и отстаивание, сразу после экстрактора, возможно отстаивание после всех ступеней экстрагирования в конце технологического процесса) экстрагирования сточные воды

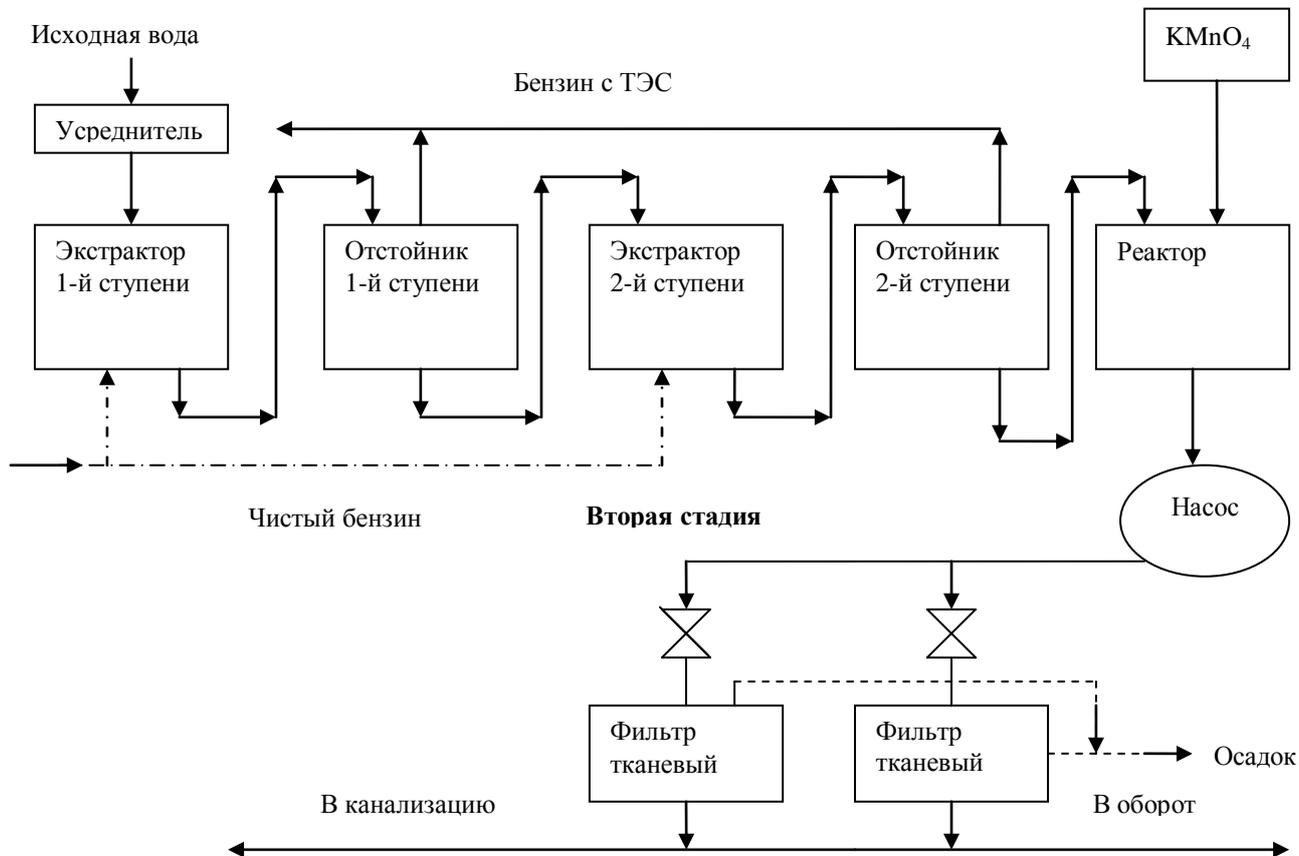


Рис.51. Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод от тетраэтилсвинца методом экстракции

поступают на дополнительное длительное отстаивание (не менее 10 ч) в отстойники. Во Франции все отстойники с нефтесодержащими сточными водами обязательно покрываются сверху различными перекрытиями, для уменьшения загрязнения атмосферы. Для средне вероятных значений ТЭС в исходной сточной воде 5 мг/л после экстракции содержание ТЭС не превышает 0,65 мг/л. Для окончательной очистки сточных вод (доокисления ТЭС) используется 1%-ный раствор перманганата калия. Отработанный бензин подаётся в резервуары этилированного бензина, а доокисленный сток насосом подаётся тканевый фильтр, где улавливается осадок, фильтрат сбрасывается в канализацию.

На промывочно-пропарочных станциях промывную воду после промывки цистерн собирают в ёмкость-усреднитель, затем перекачивают насосом в отстойник. ТЭС растворяются в керосине и после отстаивания керосин сливают в отдельную ёмкость, а воду направляют в оборот. При необходимости цикл повторяют несколько раз. Количество экстрагента-керосина берётся около 2% от объёма очищаемой воды.

### ***Гидролитический метод***

Сточные воды (Рис.52.) подают в реактор 1, туда одновременно дозируется NaOH, кальцинированная сода и сульфид натрия. Время пребывания обрабатываемых сточных вод в реакторе 1 составляет около 12 минут при расходе 10 м<sup>3</sup>/ч, что вполне достаточно для завершения химической реакции. Затем вода поступает в реактор 2, куда дозируется 10%-ный раствор хлорида железа (из дозатора) и раствор NaOH с контролем pH в пределах 5 – 7. Из реактора 2 сток переливается в реактор 3, куда дозируется 10%-ный раствор флокулянта (например, полиакриламида) из расчёта 1 – 2 мг/л для укрупнения взвешенных частиц.

Во избежание осаждения шлама в реакторах и обеспечения более полного протекания химической реакции, осуществляется постоянное перемешивание с помощью мешалок. Из реактора 3 сточные воды поступают в сборник нейтрализованных стоков, откуда попадают на тонкослойные отстойники. Из отстойников осветлённая вода попадает на песчаный фильтр, а шлам-осадок из

отстойников подаётся в шламонакопитель, откуда при помощи насоса подаётся в фильтр-прессы.

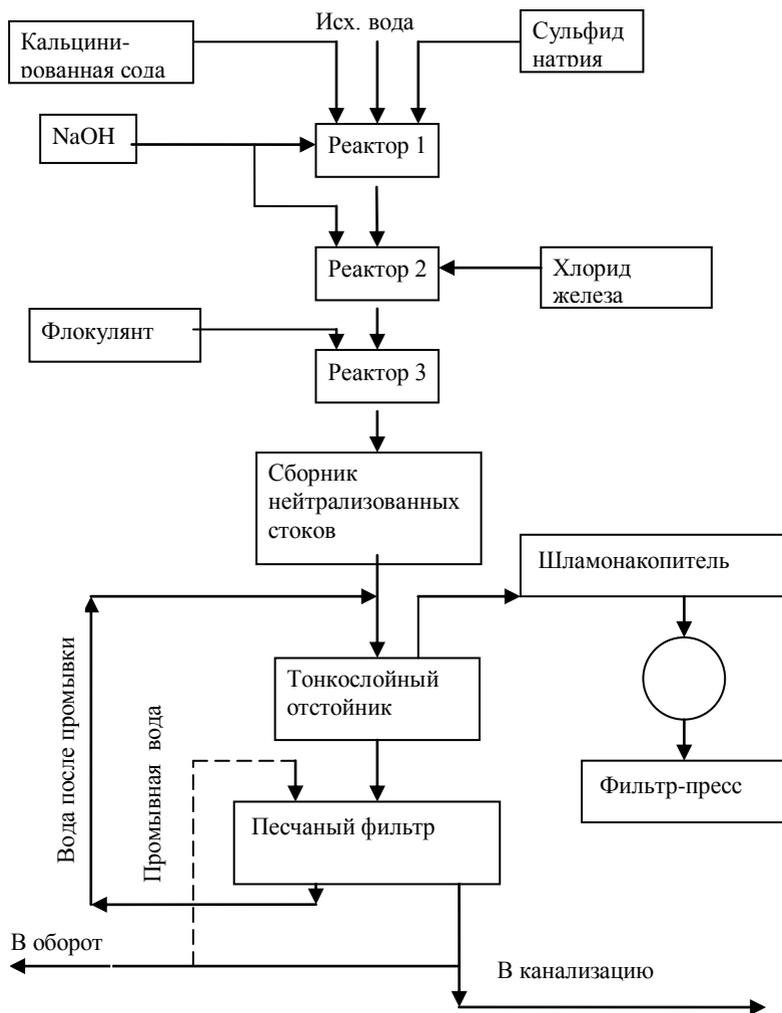


Рис.52. Технологическая схема гидролитического метода очистки сточных вод от тетраэтилсвинца

После песчаного фильтра часть воды идёт в оборот на технологические нужды, а другая часть на промывку песчаного фильтра, после промывки промывная вода возвращается на тонкослойный отстойник. Остальная вода сбрасывается в городскую канализацию.

### **Озонирование**

Очистка сточных вод от ТЭС методом озонирования на силикагеле, экономичнее метода экстрагирования ТЭС авиационным бензином.

Концентрация озона в озоновой смеси берётся не более 15 мг/л, ориентировочная продолжительность контакта сточных вод с озоном – около 20 – 60 мин. Эффективность очистки составляет 90 – 99,5% в зависимости от первоначальной концентрации ТЭС. Более полное обезвреживание воды от ТЭС (до 100%) получают на катализаторе – силикагеле. Катализатор загружается в контактную проволочную колонну в три слоя:

- первый загружается на высоте 0,3 – 0,4 м от уровня ввода озono-воздушной смеси;
- второй – на середине колонны;
- третий – симметрично первому слою.

Промежуток между слоями катализатора заполняется фарфоровыми кольцами Рашига 15×15 мм, способствующими равномерному распределению озоноздушной смеси. Длительность цикла эксплуатации силикагеля в колонне принимают 1400 г. Нагрузка ТЭС на силикагель не должна превышать 0,5 мг/(час·г). Степень использования озона 80%. Сточную воду после колонн пропускают через тканевый фильтр (ткань «Бельтинг») для улавливания выпавшего осадка со свинцом.

В настоящее время для подачи озона в колонну используются озонаторы нового поколения [81].

Необходимую площадь барботажной колонны определяют по формуле:

$$F_k = \frac{Q \cdot t}{60 \cdot n \cdot H}, \text{ м}^2$$

Где:  $Q$  – расход производственных сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $t$  – продолжительность обработки сточных вод, мин (20 – 60 мин);

$n$  – число параллельно работающих колонн,  $n \geq 2$ ;

$H$  – глубина воды в колонне, м

- при одноступенчатой – 4 – 6 м;

- при двухступенчатой – 3 – 4 м.

Пористые трубы для распределения озоновоздушной смеси располагают у дна колонны с шагом 0,4 – 0,5 м, озонированного воздуха принимают 70 – 80 л/мин на  $1 \text{ дм}^2$  поверхности трубы при потере напора 5 см. вод. ст.

Скорость фильтрации воды через ткань – 6 – 8 м/ч.

Обязательным условием успешного озонирования является предварительная очистка сточных вод от механических примесей и эмульгированных нефтепродуктов.

### ***Хлорирование***

Для хлорирования сточных вод, содержащих ТЭС, применяется газообразный хлор и хлорсодержащие реагенты, а также газообразный хлор, получаемый на электролизных установках на местах очистки. Однако в последние годы в передовых странах мира такой метод очистки почти не применяется, так как процесс требует высокой точности контроля, а главное сопровождается значительным образованием и загрязнением сточных вод хлорорганическими соединениями – диоксинами.

## **ГЛАВА 9**

### ***Патенты на очистку сточных вод от нефтепродуктов***

Изобретение относится к обработке промышленных и бытовых сточных вод путем окисления их озоном и может быть использовано на очистных станциях и других сооружениях, где наряду с обеззараживанием воды необходимо устранять из сточных

вод органические растворители, краски, фенолы, нефтепродукты и т.п.

Способ очистки сточных вод от органических соединений и взвешенных веществ, включающий создание разветвленного потока воды, насыщение его озонородушной смесью с последующим образованием аэрозоля смеси воды и озонородушной смеси, отличающийся тем, что перед созданием разветвленного потока воды осуществляют фильтрацию воды, после чего создают разветвленный поток озонородушной смеси, а насыщение воды озонородушной смесью осуществляют путем соединения разветвленных потоков воды и озонородушной смеси, последующего многократного разъединения и соединения смеси воды и озонородушной смеси и создания вихревого потока смеси воды и озонородушной смеси, при этом насыщение ведут при давлении не менее 0,3 МПа.

Устройство для очистки сточных вод (*рис.53*) органических соединений и взвешенных веществ, содержащее камеру насыщения с патрубками подвода и отвода воды и озонородушной смеси, расположенный между патрубками подвода и камерой насыщения контактный элемент со змеевиком и диффузор, отличающееся тем, что устройство содержит камеру фильтрации, сообщающуюся с камерой насыщения, контактный элемент образован корпусом и помещенным в него стержнем, соединенным с корпусом резьбовым соединением, змеевик выполнен в виде многократно пересекающихся винтовых канавок на наружной поверхности стержня, одна часть из которых имеет левое, а другая – правое направление навивки, при этом в диффузоре размещен золотник с многозаходными винтовыми каналами на своей наружной поверхности.

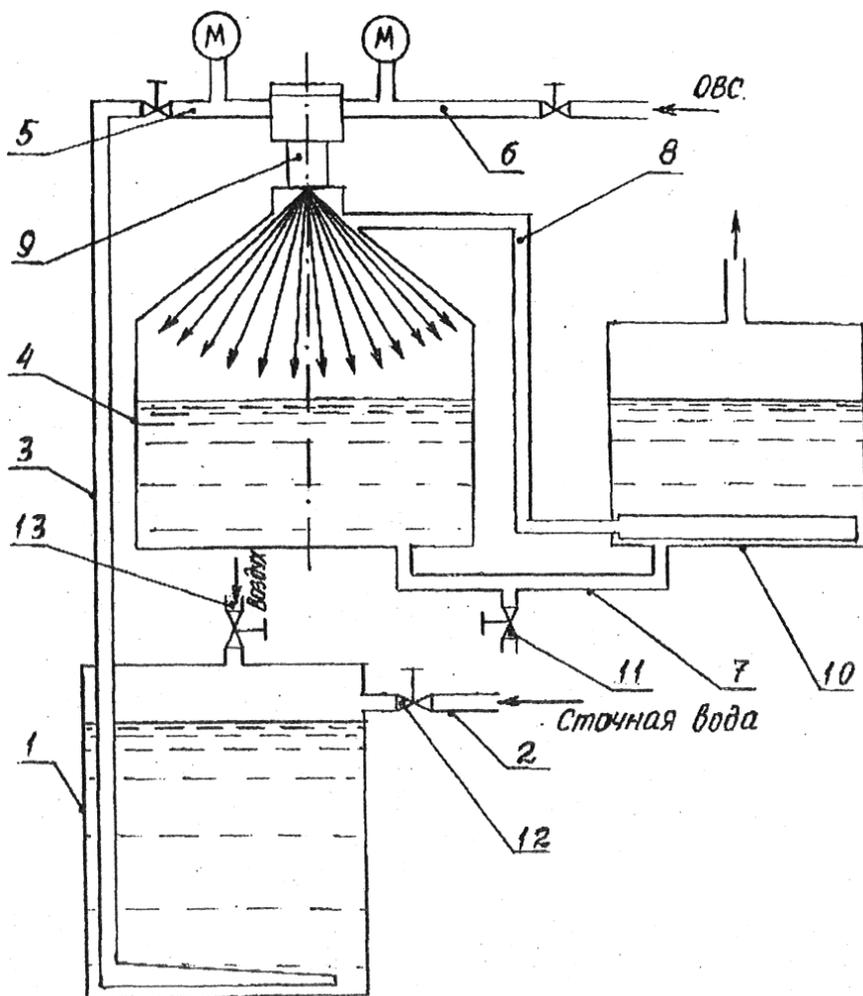


Рис.53. Схема устройства для очистки сточных вод

1 – камера фильтрования; 2 – патрубок для ввода СВ; 3 – трубопровод; 4 – камера насыщения; 5 – патрубок для подвода воды; 6 – патрубок для подвода озоноздушной смеси; 7,8 – патрубок для отвода соответственно воды и ОВС; 9 – контактный элемент; 10 – камера накопления воды; 11 – вентиль; 12 – клапан; 13 – патрубок сжатого воздуха.

Изобретение [83] предназначено для очистки от нефтепродуктов воды, сливаемой в естественные водоёмы. Установка содержит корпус, разделённый на отделения. В каждом отделении расположена заглублённая ёмкость с образованием щелевого канала для вертикального движения воды с нефтепродуктами. В каждом отделении между заглублённой ёмкостью и дном отделения размещена на решётке механически прочная фильтрующая загрузка. Установка снабжена двумя гидрозатворами. Технический результат состоит в повышении качества очистки воды.

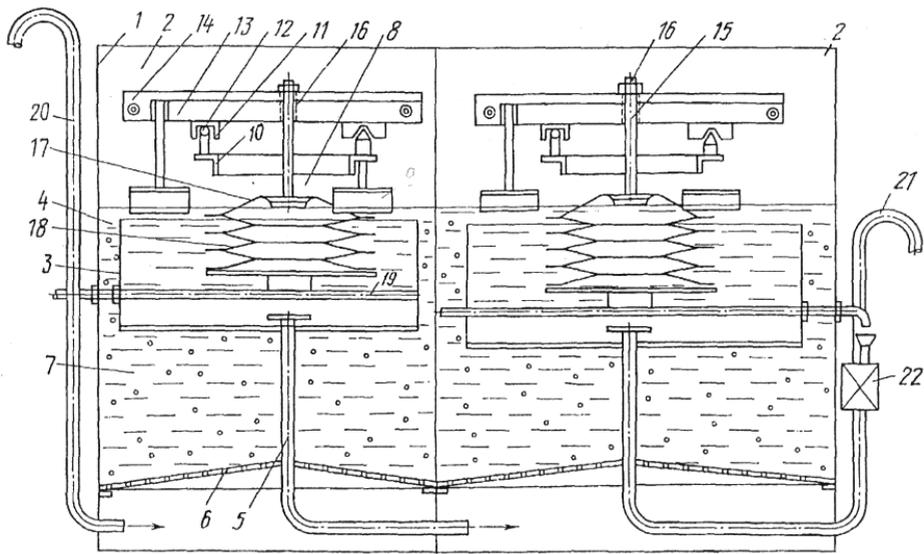
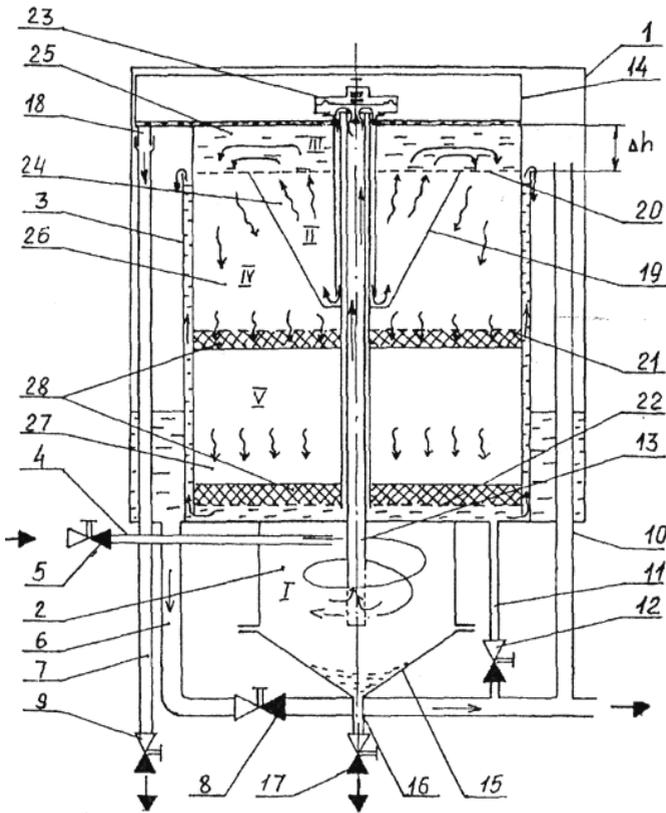


Рис.54. Установка для очистки воды

1 – корпус; 2 – отделение; 3 – ёмкость; 4 – щелевой канал; 5 – трубопровод; 6 – решётка; 7 – фильтрующая загрузка; 8 – плавающий нефтесборник; 9 – поплавки; 10 – рама; 11 – поперечные связи; 12 – сферические опоры; 13 – рычаги; 14 – связь; 15 – втулка; 16 – стержень; 17 – воронка; 18 – сильфон; 19 – трубопровод сильфона; 20,21 – гидрозатворы; 22 – ёмкость нефтепродуктов.

Изобретение [84] относится к области очистки воды, в частности к установкам для очистки природных и сточных вод от нефти, нефтепродуктов и механических примесей. Установка (рис 55) включает вертикальный цилиндрический корпус с подающим и отводящим патрубками, расположенный по оси корпуса вокруг подающей, центральной трубы внутренний цилиндр, заполненный фильтрующе-коалесцирующим материалом, причем дополнительно установка снабжена коалесцирующей камерой, установленной под корпусом, а нижняя часть центральной трубы размещена коаксиально в камере, имеющей также конусообразную крышку, в которой расположен патрубок для отвода механических примесей. В цилиндрической части камеры установлен патрубок для тангенциального ввода загрязненной воды. Коалесцирующая камера заполнена гранулами полипропилена с положительной плавучестью, между внутренним цилиндром и корпусом установлена перегородка, внутренний цилиндр выполнен в виде сменного патрона, снабженного штуцером для слива нефтепродуктов и содержащего слои фильтрующе-коалесцирующих материалов, расположенных в определенной последовательности. В патроне установлены также перфорированные перегородки, разделяющие эти слои. Кроме того, в верхней части патрона, к центральной трубе прикреплен наклонная перегородка в виде усеченного конуса, выше крепления перегородки установлен регулятор поддержания заданного уровня воды в патроне. Установка обеспечивает высокую эффективность и производительность, не допускает снижения качества воды при резком повышении концентрации нефтепродуктов на входе установки и при повышении давления воды, а также обеспечивает эффективное извлечение из сточных вод одновременно плавающих, эмульгированных, коллоидных и растворенных нефти и нефтепродуктов, доводя их содержание в очищенной воде до уровня предельно допустимых концентраций для слива очищенной воды в водоемы рыбохозяйственного значения. Предложенная установка компактна, проста и недорога в изготовлении и обслуживании, потребляет малое количество электроэнергии.

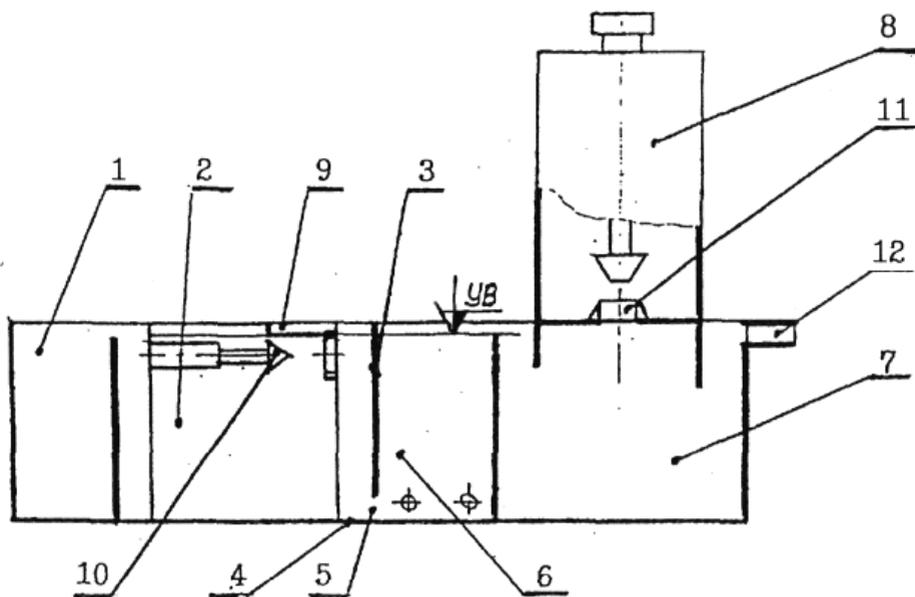


*Рис.55. Установка для очистки воды от нефтепродуктов и механических примесей*

*1 – вертикальный цилиндрический корпус; 2 – коалесцирующая камера, заполненная на 10 – 40% (объём) гранулами полипропилена с положительной плавучестью; 3 – перегородка; 4 – патрубок подвода загрязнённой воды; 5 – кран; 6 – патрубок отвода очищенной воды; 7 – отвод нефтепродукта; 8,9 – вентили; 10 – труба аварийного перелива; 11 – полный слив воды; 12 – кран; 13 – труба из коалесцирующей камеры в сменный фильтрующий патрон; 14,15 – крышка; 16 – патрубок; 17 – кран; 18 – штуцер для слива нефтепродуктов; 19 – перегородка; 20,21,22 – перфорированные перегородки; 23 – регулятор уровня; 24 – коалесцирующая камера; 25 – камера очищения нефтепродукта; 26 – коалесцирующая камера; 27 – камера окончательной очистки; 28 – волокнистый материал (сорбент), между слоями которого помещён «Перлит М».*

Изобретение [85] относится к области водоочистки, а именно к очистке сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты, а также взвешенные частицы, и может быть использовано при организации замкнутого цикла водопотребления в нефтехимической, машиностроительной, автотранспортной и других отраслях промышленности, а также при очистке буровых вод. Установка содержит, по меньшей мере, один биофильтр, отстойник, циркуляционный насос, систему орошения и сборник осадка. Корпус биофильтра выполнен цилиндрическим. Внутри корпуса, по меньшей мере, на двух вращающихся опорах и зубчатом колесе, закрепленном с возможностью вращения на валу привода, установлен венец с зубчатой нижней кромкой. На венце посредством тяг на шарнирах закреплена водозаборная труба, на которой укреплены скребки. Технический результат состоит в ускорении очистки сточных вод и снижении себестоимости очистки.

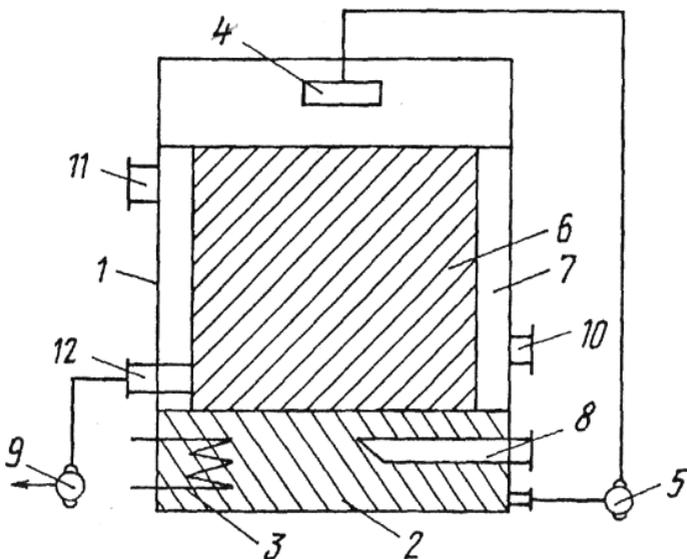
Устройство [86] для очистки воды от нефтепродуктов (Рис.56.) содержит последовательно сообщаемые между собой приемную емкость, сообщенный с атмосферой сборник нефтепродуктов и резервуар, сообщенный с герметичной емкостью, имеющей приспособление для слива нефтепродуктов. Устройство также снабжено датчиком уровня нефтепродуктов в сборнике нефтепродуктов и приспособлением с клапаном для слива нефтепродуктов из сборника, причем сборник нефтепродуктов и резервуар соответственно нижней и верхней частями сообщены между собой через канал. Технический результат заключается в повышении производительности и надежности процесса очистки за счет накопления и непрерывного освобождения приемной камеры сборника нефтепродуктов.



*Рис.56. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов  
 1 – приёмная ёмкость; 2 – сборник нефтепродуктов; 3 – перегородка; 4 – днище; 5 – целевой зазор; 6 – промежуточная ёмкость; 7 – резервуар; 8 – герметическая ёмкость; 9 – приспособление для непрерывного слива нефтепродуктов; 10 – клапан; 11 – переливное отверстие; 12 – слив.*

Технический результат, получаемый в результате реализации изобретения, состоит в повышении эффективности очистки сточных вод [87].

Указанный технический результат достигается использованием устройства биологической очистки сточных вод, содержащего не менее одного фильтрационного модуля (Рис.57), циркуляционную емкость и побудители жидкостных потоков, причем в верхней части фильтрационного модуля расположено средство орошения, соединенное посредством побудителя с циркуляционной емкостью, под средством орошения расположен плотно уложенный рабочий элемент, состоящий из чередующихся плоского рукава, выполненного из фильтрующего материала,



*Рис.57. Устройство биологической очистки сточных вод от нефтепродуктов и органических загрязнений.*

*1 – фильтрационный модуль; 2 – циркуляционная ёмкость; 3 – теплообменник; 4 – средство орошения; 5 – побудитель циркуляции потока очищаемой жидкости; 6 – рабочий элемент; 7 – газоздушная полость; 8 – средство подвода очищаемой жидкости; 9 – побудитель потока очищенной жидкости; 10 – патрубок ввода аэрирующего газа; 11 – патрубок вывода отработанного газа; 12 – патрубок вывода очищенной жидкости.*

поверхность которого позволяет осуществлять выращивание пленки из микроорганизмов, утилизирующих находящиеся в жидкости загрязнения, и жесткой воздухопроницаемой основы, причем внутри рукава размещен слой перфорированного материала, отделяющий стенки плоского рукава друг от друга, а в нижней части рукава выполнен канал для сбора очищенной жидкости, соединенный побудителем потока очищенной жидкости с потребителем, в нижней части фильтрационного модуля установлен сборник неочищенной жидкости, соединенный с циркуляционной емкостью, при этом циркуляционная емкость содержит

теплообменный элемент, а также средства подвода очищаемой жидкости и раствора питательных веществ для микроорганизмов. Рабочий элемент может представлять собой спиральнонамотанный вокруг центральной газовой полости рулон, состоящий из слоев рукава и жесткой воздухопроницаемой основы, или плотно установленные листовые элементы рукава, разделенные жесткой воздухопроницаемой основой. Предпочтительно, использовано средство периодического орошения, выполненное в виде сифона или в виде периодически опорожняемой емкости. Преимущественно побудители жидкостных потоков выполнены в виде насосов. Обычно жесткая воздухопроницаемая основа представляет собой проволочную сетку, выполненную из не взаимодействующего с водой материала или перфорированную полимерную основу. В качестве перфорированного материала, размещенного внутри рукава, предпочтительно использована полимерная сетка. Установка может содержать два и более фильтрационных модуля, которые могут быть подключены последовательно и/или параллельно по ходу очищаемого жидкостного потока. Побудитель потока, обеспечивающий подачу очищаемой жидкости к средству периодического орошения фильтрационного модуля, может быть выполнен с возможностью регулируемой аэрации подаваемой очищаемой жидкости воздухом. Установка может дополнительно содержать вентилятор, установленный с возможностью осуществления прохода воздуха через рабочий элемент фильтрационного модуля

Сущность изобретения [88] электрофлотатор содержит корпус, камеры флотации (две); камеры для флотационного шлама, электродные блоки. Новым в электрофлотаторе является выполнение катода в виде пакета стальных сеток, состыкованных со смещением ячеек одной сетки относительно ячеек другой и соединенных сваркой участками по всему полю катода и по окантовке на периферии, при этом в пакете катода должно быть не менее двух сеток. Блок электродов опирается на текстолитовый поддон решетчатого типа, снабженный монтажными кронштейнами.

Изобретение [107] относится к устройствам для флотационной очистки сточных вод от нефтепродуктов, жиров, взвешенных частиц и других загрязнителей. На фундаментном основании установлен вертикально цилиндрический металлический корпус, имеющий в нижней части остроугольной конической формы отстойник для тяжелого шлама и взвешенных частиц, а в верхней части тупоугольную коническую форму для лучшего перемешивания с воздухом поступающих на очистку стоков и постепенного уменьшения площади сбора флотошлама. Внутри корпуса флотатора установлена неподвижно и концентрично вторая цилиндрическая металлическая емкость, приваренная к наружному корпусу перемычками, установленными равномерно по окружности в два яруса. Внутренняя емкость в верхней части имеет форму тупоугольного конуса, а в нижней части - форму остроугольного усеченного конуса без днища. В верхней части корпуса флотатора под коническую часть вмонтированы тангенциально две трубы для подвода неочищенных стоков

Предлагаемый флотатор для очистки сточных вод "Циклон-1" работает следующим образом (*рис. 58.*).

Перед запуском в работу в корпус флотатора 3 заливают чистую воду до уровня сброса флотошлама.

Затем подают неочищенные стоки через трубу и одновременно подают сжатый воздух от компрессора через трубы 6 и 9, а также аэраторы 7 и 8; по этому режиму работают при концентрации нефтепродуктов и жиров от 15 до 100 мг/л.

При малых концентрациях загрязнений воды нефтепродуктами и жирами до 15 мг/л в трубу 9, подающую неочищенные стоки, можно подавать воздух из атмосферы через эжектор, а на аэраторы 7 и 8 сжатый воздух не подают.

При больших концентрациях загрязнений в воде нефтепродуктами и жирами от 100 до 1000 мг/л в аэраторы 7 и 8 подают, например, раствор сернокислого алюминия с воздухом через сатуратор.

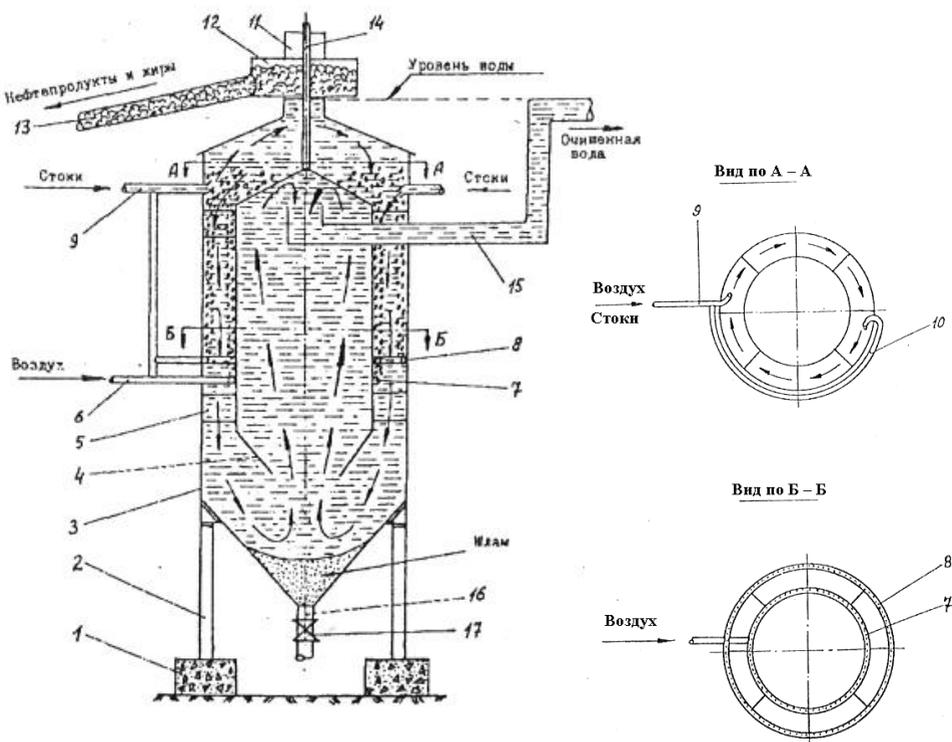


Рис.58. Флотатор для очистки сточных вод «Циклон-1» Зарубина М.П.

1 – основание; 2 – стойки; 3 – цилиндрический корпус; 4 – ёмкость; 5 – перемычки; 6 – трубопровод для отвода воздуха; 7,8 – аэраторы; 9 – трубопровод неочищенных СВ; 10 – труба; 11 – труба для отвода воздуха и загрязнителей; 12 – ёмкость для сбора пены; 13 – трубопровод для отвода пены; 14 – трубка для отвода первоначально попавшего воздуха; 15 – трубопровод очищенной воды; 16 – трубопровод сброса тяжёлого шлама; 17 – вентиль.

Изобретение[89] относится к технологии очистки воды и может быть использовано при очистке промышленных стоков от нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ. Сточные воды подвергают электрокоагуляции под вакуумом, после чего проводят операцию сепарации воды в ИК-спектре с удельной мощностью нагрева  $0,1-10,0$  кВт/м<sup>3</sup> при давлении 2-70 кПа. Технический результат - повышение степени очистки и стабилизации состава очищенной воды (табл. 52).

ТАБЛИЦА 52

*Результаты сравнительных испытаний очистки нефтесодержащих стоков предлагаемым (ИК - спектр) и прототипным (сорбция) способами при давлении 30 кПа после 15 часов, с последующим озонированием*

Способ	Содержание нефтепродуктов, мг/л				
	Исходное	После электрокоагул.	После сорбации	После сепарации в ИК-спектре	После озонирования
Предлагаем	10±2	1,1±0,2	-	0,07±0,02	0,05±0,01
Прототип	10±2	1,1±0,3	0,20±0,03	-	0,12±0,04
Предлагаем	2100±27	1,3±0,2	-	0,08±0,02	0,05±0,01
Прототип	2100±27	1,4±0,2	0,27±0,04	-	0,13±0,04

Изобретение [90] относится к области очистки нефтесодержащих сточных вод и может быть использовано для создания локальных очистных сооружений на нефтепромыслах, нефтебазах, нефтеперерабатывающих предприятиях, а также для ликвидации последствий аварий, сопровождающихся загрязнением природных водоемов нефтепродуктами. Воду пропускают через устройство с попарно установленными постоянными магнитами, обеспечивающими последовательное воздействие разноименных полюсов на воду при уровне магнитной индукции в зазоре 0,32 - 0,82 Тл, затем фильтруют через несколько слоев базальтового волокна, чередующихся со слоями порошкообразного адсорбента - высокоактивного оксида

алюминия. Технический результат - повышение качества очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов (табл. 53).

ТАБЛИЦА 53

*Результаты очистки сточных вод от нефтепродуктов*

Характеристика загрязнений, воды	Исходная концентрация НП, мг/л	Уровень магнитной индукции в зазоре при трех реверсах полярности, Тл			
		0	0,32	054	0,82
		Содержание НП в очищенной воде, мг/л			
Эмульгированные НП	101	2,29	2,23	1,67	0,38
Растворенные НП	9,5	4,9	3,7	4,8	4,8
Сточная вода ГНБ	5,5	1,1	0,7	0,3	0,6

## ГЛАВА 10

### *Современные методы обезвреживания, регенерации и утилизации нефтесодержащих отходов*

Создание и внедрение экологически безопасных технологий представляет одну из главных тенденций повышения эффективности мирового производств и формирования предпосылок перехода современной цивилизации к устойчивому развитию [95]. Особое внимание уделяется разработке и внедрению ресурсосберегающих технологий, позволяющих безопасно для природы перерабатывать промышленные и бытовые отходы. Это способствует улучшению качества окружающей среды, снижению степени затратности производства и возвращению отходов в экономический оборот в виде вторичной продукции. Характерно, что учет экономических, экологических и технологических

аспектов особо важную роль играет при выборе методов и технологий утилизации, наиболее ценных и распространенных отходов, в число которых, несомненно, входят такие нефтесодержащие отходы, как отработанные масла, нефтешламы и пр.

Нефтеотходы могут быть горючими, не горючими или ограниченно горючими, подразделяются на: жидкие, пастообразные и твёрдые.

Отработанные масла (ОМ), СОЖ и другие нефтеотходы относятся к категории опасных отходов, т.к. могут содержать до 25% (по весу) опасных компонентов (тяжёлых металлов, растворителей, топлив, кислот, полициклических ароматических соединений (канцерогенных) и других веществ).

1 л ОМ способен отравить до 1 млн. л воды водоёма, при этом загрязнение воды происходит довольно долго, поскольку эти нефтеотходы практически не гидролизуются, а их биodeградация протекает очень медленно [93].

Нефтесодержащие шламы очистных сооружений по внешнему виду представляют собой густую, вязкую, пастообразную массу с отдельными включениями масел и консистентных смазок. Обводнённость шламов различных предприятий составляет от 20 до 70%. В большинстве случаев они содержат в среднем до 30% и более нефтепродуктов и обладают теплотой сгорания 3000 – 5000 ккал/кг.

В нефтешламах амбаров нефтеперерабатывающих предприятий присутствует нефть, вода, нефтяные эмульсии, асфальтены, гудроны, ионы металлов, различные механические примеси и даже радиоактивные элементы [94]. Шламовые амбары – это копаные ямы в теле буровых площадок или примыкающие к ним, заполненные отходами бурения – буровыми растворами, горной породой, глиной, цементом, водой и др. Службы охраны природы относят отходы бурения к IV классу токсичности, по этой причине они подлежат захоронению, которое заключается в засыпке привозными грунтами [95].

Из вышеперечисленного видно, что нефтяные отходы, как по составу, так и по количеству.

В соответствии с законом Украины «Про відходи» и постановлением Кабинета Министров Украины №1369 1998 г «Про затвердження порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів», каждое промышленное предприятие проводит инвентаризацию отходов на основании технических регламентов и удельных показателей образования отходов, которые являются основными документами для определения объёмов годового образования отходов. В задачи инвентаризации, также, входит определение класса опасности каждого вида отхода и определение кода отходов в соответствии с классификатором отходов ДК 005-96 [99-104].

В мировой практике для утилизации, регенерации и обезвреживания нефтесодержащих отходов и отработанных масел используют механические, физико-химические, биологические, физические, химические и термические методы (Рис.59.).

#### ***Физические (термические)***

Сжигание – наиболее отработанный и используемый метод. Этот метод осуществляется в печах различных конструкций при температуре не менее 1200°C. В результате сгорания образуются диоксид углерода, пары воды, оксиды азота и серы, аэрозоль, оксид углерода, бенз-а-пирен, диоксины и пр.



*Рис.59. Методы и технологии утилизации нефтесодержащих отходов и отработанных масел*

Установки предназначены [91] для высокотемпературного уничтожения твёрдых и жидких нефтешламовых отходов, образующихся в результате производственной деятельности нефтеперерабатывающих заводов, нефтебаз, локомотивных и вагонных, депо, транспортных и промышленных предприятий. Установка имеет 2 (Рис.60) независимых канала, которые позволяют сжигать твердые и жидкие отходы. Установка также имеет возможность обезвреживать грунты, загрязненные нефтепродуктами, образующиеся в результате аварийных разливов или по другим причинам. Кроме этого, имеются установки для сжигания:

- отходов лечебно-профилактических учреждений;
- отходов морских и воздушных портов;
- осадков сточных вод;
- промышленных отходов;
- бытовых отходов.

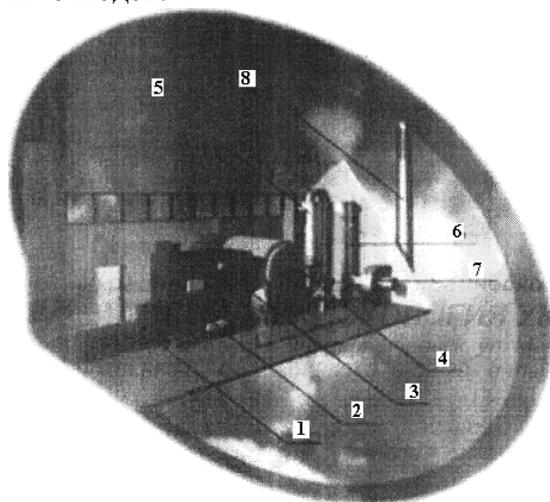


Рис.60. Установки для сжигания нефтешламовых отходов  
1 — Загрузочное устройство; 2 — Камера сжигания; 3 — Камера дожигания; 4 — Теплообменник; 5 — Циклон; 6 — Скруббер; 7 — Дымосос; 8 — Труба

Суть предлагаемой [94] электроогневой технологии сжигания любых веществ состоит в создании практически идеальных условий горения пламени сжигаемых любых токсичных отходов, в связи, с чем значительно облегчается задача окончательной очистки отходящих газов. Электрическое поле (Рис.60) взаимодействует (на атомарно-молекулярном уровне) с радикалами любых углеводородных веществ и одновременно воздействует на любые углеводородные цепочки, в частности на бенз(а)пирен, таким образом, что они расщепляются на водород, сгораемый в пламени, и углерод, который быстро доокисляется в электрическом поле до безвредного углекислого газа. Электроогневая технология чистого горения пламени запатентована (Пат. 2071219 РФ, пат. 2125682 РФ, пат. 2125168 РФ и пат. 2117870 РФ)

Вначале необходимо откачать и переработать в полезные товарные продукты большую часть сырой нефти, отстоявшейся на поверхности нефтяных амбаров. Причем термическую ректификацию этой нефти целесообразно производить прямо в нефтяном амбаре с нефтешламами или непосредственно около него.

Затем необходимо откачать и обработать в центрифугах последующие слои нефтешламов, относительно маловязкие водонефтяные легкие эмульсии, превращая их в эффективное топливо для теплоэнергетики.

Далее необходимо последовательно или параллельно откачивать слой воды, которая присутствует во всех нефтяных амбарах.

Что делать с теми фракциями нефтешламов, которые невозможно сразу откачивать из амбаров. Их необходимо размягчить прямо в амбарах, используя для этого теплоту, полученную от сжигания части нефтешламов. Для этого целесообразно часть сырой нефти все же оставлять в этих нефтешламовых амбарах и сжигать ее на поверхности амбаров для выработки теплоты (*примечание автора – это нанесёт ущерб атмосфере*)

В процессе теплового разжижения густых, вязких и твердых фракций нефтешламов появляется возможность частичной перекачки их из амбаров и расфасовки в энергетические капсулы и брикеты из наиболее твердых с м о л и с т ы х

фракций нефтешламов для последующего использования в качестве топлива. Делать такие горючие капсулы и брикеты из густых и твердых, наиболее энергоемких фракций нефтешламов весьма перспективно и выгодно. Эти брикеты далее необходимо подсушивать, используя теплоту от сжигания части более легких фракций нефтешламовых эмульсий, а потом упаковывать и складировать.

Такие энергетические капсулы некоторых фракций нефтешламов можно использовать в котельных и при выполнении энергозатратных огневых технологий, например, при получении асфальтов, цементов в качестве высококалорийного "чистого" топлива. В этом случае их можно с пользой сжигать в специальных электрифицированных топках котельных установок (Пат. 2079786 РФ). Этот способ интенсификации горения позволяет использовать в качестве топлива любые горючие отходы. Эффективность использования котлов повышается за счет формирования теплового потока от факела по вектору электрического поля прямо на котел.

В основе электроогневой технологии лежит каталитическое воздействие электрического поля на процесс горения любых веществ и газов. В результате применения данной технологии можно утилизировать отходы, мусор и нефтешламы. Преимущества разработанной на основе этой технологии установки: экономичность в эксплуатации (расход топлива и электроэнергии снижен в несколько раз), дешевизна при производстве, высокая степень очистки отходящих газов. При сжигании нефтепродуктов, включая нефтешламы, резко снижается количество всех токсичных компонентов в отходящих газах на 70 — 80 % первоначальной их концентрации. И что наиболее важно, в процессе электроогневого горения активно разрушаются любые отходы, включая нефтешламы. В пламени исчезают практически все токсичные компоненты, не только такие простые, как CO, CH, NO, но и такие сложные канцерогенные вещества типа бенз(а)пирена.

Технология позволяет быстро утилизировать практически все токсичные компоненты отходов, в т. ч. и нефтешламы.

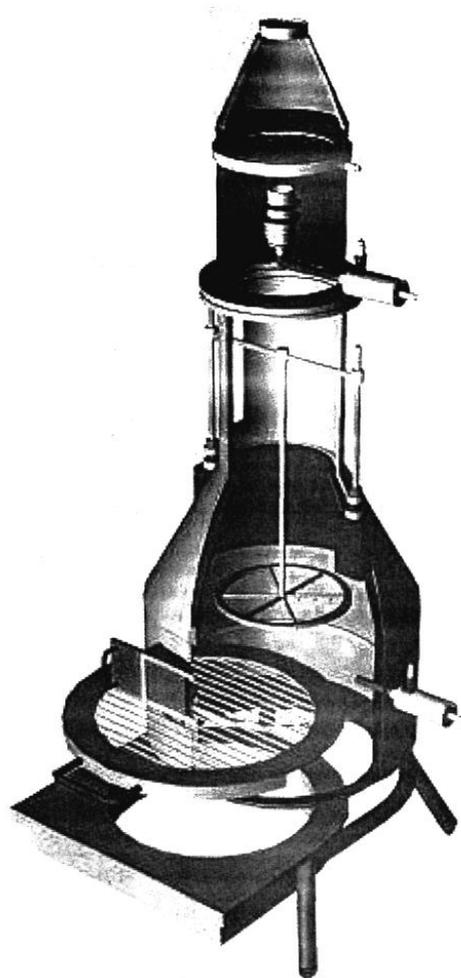
При электроогневом послойном сжигании остатков конкретных нефтешламов можно регулировать параметры активизирующего горение

электрического поля (напряженность, частоту высокого напряжения) в зависимости от состава и количества нефтешламов для обеспечения оптимальной скорости горения и достижения минимальной токсичности отходящих газов.

В ряде случаев для максимальной интенсификации процесса горения остатки нефтешламов сжигают в переменном электрическом поле определенной частоты, выбранной по критерию максимального чистого их сжигания.

А в некоторых случаях процесс сжигания нефтешламов необходимо проводить в постоянном электрическом поле с вектором напряженности поля, ориентированным в направлении, перпендикулярном к поверхности нефтешламов, с предельно высокой  $f$ . Напряженностью, выбранной в зависимости от состава нефтешламов, по критерию максимальной интенсивности горения при минимуме токсичности отходящих газов.

Для утилизации нефтяной и водонефтеэмульсионной составляющих нефтешламов необходимо параллельно со сжиганием остатков нефтешламов осуществлять ректификацию собранной с поверхности нефтешламов нефти путем использования тепловой энергии от сжигания остатков нефтешламов для получения бензина, керосина и т.д. С помощью установки электроогневого сжигания нефтешламов можно утилизировать их как непосредственно в амбаре, так и на производстве для обеспечения безотходной переработки нефти. При безотходной технологии переработки нефти утилизацию нефтешламов осуществляют в специальных электрифицированных отходосжигающих печах (Рис.61), соединенных трубопроводами с ректификационными колоннами. Устройство сжигания остатков нефтешламов выполнено в виде специальной электрифицированной печи, в которой предусмотрено устройство подачи нефтешламов в зону горения и выгрузки золы, а также чаша для сжигания нефтешламов, над которой размещен электроизолированный электрод с коронирующими иглами, причем этот электрод присоединен электрически к одному из выходов высоковольтного блока напряжения, второй выход которого присоединен к чаше со сжигаемыми нефтешламами.



*Рис.61. Электрифицированная печь сжигания нефтешламов*

Для проведения комплексной утилизации нефтешламов в нефтяных амбарах, необходимо использовать комбинированное устройство с нефтеулавливающим приспособлением, состоящее из погружного насоса, губчатого валика, отжимного устройства, сепарационной емкости и ректификационной колонны, размещенной над печью сжигания остатков нефтешламов, а также содержащее само устройство электроогневого сжигания остатков нефтешламов.

Мобильное устройство электроогневого сжигания нефтешламов можно использовать как непосредственно в нефтяных амбарах, так и в местах разливов нефти на почве. Такое устройство размещается на транспортном средстве и имеет высоковольтный преобразователь напряжения, несколько электроизолированных выдвижных электродов, размещаемых по периметру площади предполагаемого сжигания нефтешламов (или амбара с нефтешламами), два поверхностных электрода в виде тонких металлических термостойких сеток регулируемой площади, достаточной для покрытия части или всей площади поверхности нефтяного загрязнения или амбара с остатками нефтешламов.

Комплексная система [102] предполагает создание в Московской области сети специализированных стационарных полигонов (площадок) по перевалке, хранению и переработке нефтесодержащих отходов, а также системы учета объектов, образующих и накапливающих нефтесодержащие отходы. Органы региональной и муниципальной власти должны предоставить предусмотренные законодательством льготы предприятиям и организациям, активно участвующим в реализации этой комплексной системы.

Эксплуатация в течение года созданной на территории Ногинского района первой в области стационарной площадки показала, что такая площадка может стать прототипом полигона по перевалке, хранению и переработке нефтесодержащих отходов, но в определенных ситуациях не исключается использование временных локальных площадок рекультивации.

Основой работы, выполняемой в этом направлении, является совместная со специалистами МЧС деятельность по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Трубникова Л.И. [103] впервые была показана возможность применения ила нефтесодержащих сточных вод в качестве органических удобрений. В России основные требования к осадкам БОС, применяемым в качестве удобрения, определены в СанПиН 2.1.7.573-96. согласно этому документу запрещается использовать осадки

промышленно-бытовых сточных вод и компоненты, если внесение этих удобрений повышает уровень загрязнения почв до 0,7 – 0,8 ПДК.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что при расчёте общей дозы осадков СВ основным лимитирующим элементом является кадмий. Кадмий – наиболее опасный в экологическом отношении элемент. Однако в иле БОС ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» содержание кадмия крайне незначительно (4,1 мг/кг) и поэтому нормы внесения осадка по кадмию достаточно высокие. Расчёт норм внесения ила в почву необходимо производить по формуле, приведённой в СанПиН 2.1.7.573-96 с учётом их токсичности и содержания в иле и почве. Норма внесения тем ниже, чем ниже ПДК и выше содержание элемента. Для расчёта норм внесения ила ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» в почву, представленных в табл. 54, использованы значения валовых содержаний металлов в иле.

Таким образом, дозы внесения ила нефтехимических производств значительно выше рекомендуемых для осадков сточных вод коммунальных ОС вследствие их меньшей токсичности. Следовательно, и влияние ила на БОС предприятий нефтехимии на урожайность сельскохозяйственных культур будет более значительным.

ТАБЛИЦА 54

*Нормы внесения ила из биопруда ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» в почву по содержанию тяжёлых металлов*

Элемент	Норма внесения ила, т/га		Валовое содержание тяжёлых металлов в избыточном активном иле в перерасчёте на абсолютно сухое вещество, мг/к
	Абсолютно сухого	Воздушно-сухого	
Кадмий	293-878	1524-4566	4,1
Медь	15-206	78-1071	1244,2
Свинец	350	1820	116,3
Цинк	78-770	406-4004	380,6
Марганец	2468	12834	632,0
Ванадий	325	1690	471,1
Ртуть	3879	20171	0,99
Мышьяк	480	2496	<10,0

Авторы [104] исследовали нефтесодержащие шламы, двух химических предприятий Волгоградской области: ОАО; "Волгоградский завод технического углерода ОАО "ВЗТУ" и ООО "ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка" (ООО "ЛУКОЙЛ-ВНП").

За время работы очистных сооружений ОАО "ВЗТУ" первичный отстойник на 70 % заполнился нефтесодержащими донными отложениями, представляющими собой черную, маслянистую, вязкую, смесь с содержанием влаги 30 - 35 %.

Сточная вода на очистные сооружения поступает после зачистки и пропарки цистерн для сырья, промывки оборудования, также поступают ливневые стоки с территории завода. По составу загрязнителей донные отложения отстойника — это, в основном, используемое на предприятии сырье, а именно: зеленое масло, термогазойль, экстракты газойлей каталитического крекинга, продукты коксохимических производств, антраценовое масло.

До пуска очистных сооружений нового типа на ООО "ЛУКОЙЛ-ВНП" нефтесодержащие отходы, образующиеся при первичной переработке нефти, обезвоживании, зачистке емкостей, промывке оборудования, контактной очистке остаточных и дистилляторных масел, после установок коксования вывозились на пруды-шламонакопители. На сегодняшний день образовалась многотонная масса экологически небезопасного шлама — смолообразного вещества черного цвета, содержание воды в котором колеблется в пределах 30 —45 %. Спектральный анализ показал, что в состав шлама ОАО "ВЗТУ" входят различные производные антрацена, пирена, фенантрена хинона, флоурена.

Шлам ООО "ЛУКОЙЛ-ВНП" состоит из парафиновых углеводородов  $C_5$ — $C_{38}$ .

Было определено, что шламы этих предприятий имеют эффективную удельную активность естественных радионуклидов менее 370 Бк/кг, следовательно, в соответствии с Нормами радиационной безопасности относятся к I классу, т.е. являются радиационно-безопасными.

Авторами статьи проделана экспериментальная работа по использованию исследуемых шламов в качестве добавки (1 — 3 %) в противопожарную смесь для литейных форм и стержней. Полупроизводственные испытания проводились на ОАО "Волгоградский тракторный завод". В результате исследований было установлено, что нефтесодержащие отходы ОАО "ВЗТУ" и ООО "ЛУКОЙЛ-ВНП" являются малоопасными (IV класс) и радиационно-безопасными, поэтому их можно использовать в литейном производстве в качестве добавки в противопожарную смесь для литейных форм и стержней.

Разработаны методы [105] использования осадка городских сточных вод и ранее не употребляемого осадка поверхностных стоков в новой обжиговой технологии получения экологически чистого суперлегкого керамзита, позволяющей использовать низкосортные некондиционные мало- и среднепластичные глины.

Взамен засыпки амбаров Западно-Сибирским [95] филиалом Института леса им. В.Н. Сукачева был разработан новый метод рекультивации, который последние три года применяется на всех месторождениях нефти ОАО "Сургутнефтегаз" с разрешения администрации Сургутского района и Ханты-мансийского автономного округа. Этот метод предусматривает использование местных травянистых и древесных растений, из которых формируются растительные сообщества на разрушенных участках, возникших после воздействия природных факторов, и на старых геологоразведочных скважинах. На этих объектах исследовали процесс заселения и образования растительных сообществ и выделили растения, перспективные в рекультивации шламовых амбаров.

Предлагается технология переработки [91] нефтешламов с использованием специального реагента, который:

Применяется для безотходного химического обезвреживания и герметизации не утилизируемых нефтемаслоотходов и санации нефтезагрязненных почв.

Обезвреживание производится путем смешения препарата с нефтемаслоотходами или, загрязненной почвой и длится 30-40 минут. Расход препарата 0,3-1,0 т на 1т отходов.

Полученные продукты обезвреживания представляют собой несмачивающиеся, сухие, стойкие при хранении, водо- и морозоустойчивые порошки, которые используются при строительстве хранилищ, отстойников, дорог, производстве асфальтобетона и др.

Препарат состоит из тестированных компонентов, поставляется в затаренном виде или может приготавливаться на месте производства работ.

В результате процесса получается минеральный порошок (добавка к асфальтобетону)

- асфальтобетонные смеси по ГОСТ 9128;
- конструктивные элементы автодорог теплоизоляционные, гидропрерывающие и дополнительные слои земляного полотна автомобильных дорог по СН25-74 т. 5 и СНиП 2.05.02-85.

Данный продукт представляет собой сухое, стойкое при хранении порошкообразное вещество, состоящее из мельчайших гранул, представляющих собой микрочастицы нефтемаслоотходов, заключенные в кальцитовые оболочки - капсулы, которые равномерно распределены в массе продукта.

Институт биосинтеза белковых веществ (Россия) разработал принципиально новый биотехнологический подход, позволяющий полностью очистить сточные воды от сернистых соединений и вывести их из водной фазы в виде компактного нетоксичного осадка молекулярной серы. Это практически исключает загрязнение очищенных сточных вод кислородсодержащими соединениями серы. Кроме того, в процессе очистки наблюдается достаточно полное окисление фенолов до углекислого газа и воды.

Разработан способ локальной очистки сернистых и фенольных сточных вод с применением биопрепарата тионовых бактерий. Биопрепарат может использоваться в качестве катализатора окисления сульфидов и фенолов кислородом воздуха при стандартных режимах аэрации стоков, применяющихся на действующих заводах.

Введение на нефтеперерабатывающих заводах предложенного способа локальной очистки технологического конденсата значительно

повысит эффективность биологической очистки общего стока завода, удешевит этот процесс, позволит применить биофильтры, снижающие объем очистных сооружений и количество избыточного активного ила.

ГосНИИсинтезбелок (Россия) предлагает биофильтры специальной конструкции с иммобилизованными микроорганизмами-биодеструкторами, обеспечивающими высокие скорости утилизации нефтяных загрязнений (до 20 000 мг/кг в течение одного месяца).

Загрязненные нефтепродуктами шламы и осадки образуются в различных технологических операциях процесса нефтепереработки. Они, как правило, представляют собой стойкие дисперсные системы с содержанием воды от 50 до 95 %. Наиболее распространенный прием обезвоживания шламов и осадков состоит в использовании химической обработки их коагулянтами и флокулянтами с последующим обезвоживанием на вакуумных фильтрах, центрифугах или ленточных фильтрах. При этом предусматривается возможность получения нефтяной фракции с возвращением ее в цикл нефтепереработки вместе с сырой нефтью. Переработка полученной в этом процессе твердой фазы, а также избыточного активного ила наиболее целесообразна способом биокомпостирования. Концентрация нефтепродуктов в осадке, пригодном для биокомпостирования, может составить от 10 до 100 г/кг воздушно-сухого осадка. Процесс предусматривает наличие дренажной системы, позволяющей снизить затраты на обезвоживание шламов. Возможна дополнительная утилизация солей, полученных на установках ЭЛОУ, в качестве микроэлементов для биокомпостирования.

### **Утилизация нефтепродуктов во Франции**

Автор этой книги был в научной командировке во Франции и познакомился с утилизацией нефтепродуктов на некоторых предприятиях. Французское отделение компании MOBIL OIL. НПЗ в Граваншоне. Этот НПЗ мощностью 3,1 Мт/год нефти имеет в своём составе установки атмосферной и вакуумной перегонки. Завод снабжается водой из Сены и водой из подземных источников (количество общей воды 3,13 Мт<sup>3</sup>/год). Шламы со дна сепараторов АНИ (это

примерно наши тонкослойные нефтеуловители) сжигается во внешних печах. Их количество достигает примерно 500 т/год при концентрации 150 – 200 г/л. Собранные с поверхности масла, объединенные с флотационными шламами, образовавшимися в танках со шламами (20% от общего количества), составляют 2500 м<sup>3</sup>/год при влажности <10%; затем они повторно используются в промышленной топливной сети НПЗ.

Фирма ELF. НПЗ в Гранпюи. Этот завод оснащён установкой для отгонки лёгких фракций, мощностью 4,5 Мт/год. После очистки сточных вод получают: «нежирные» шламы – обезвоживают центрифугированием прямо на заводе до влажности 50-65%, на 90% он состоит из СаСО<sub>3</sub>, идёт на сельскохозяйственные нужды; «жирный» шлам – из шламов физико-химической очистки, уплотняют до содержания сухого вещества 30%, содержит <10% углеводородов, его примерно 1300 – 1500 т/год, поступает в отвал, но в перспективе подлежит сжиганию.

Компания SOCIÉTÉ DES PÉTROLES SHELU. НПЗ в Пети-Куроне. Это хорошо оснащённый НПЗ, перерабатывающий 8 Мт/год лёгких нефтей и 1,2 Мт/год тяжёлых. Нафтенковые соединения образуют устойчивые эмульсии, флотационного шлама (при добавке коагулянта) образуется до 15 – 20 м<sup>3</sup>/сут, сжигают вне завода. Количество шламов со дна резервуаров и сепараторов АНИ составляет 600 – 1300 т/год. Масла, собранные с поверхности (сепаратор АНИ, пластинчатые отстойники и др.) образуют эмульсию «вода в масле» в количестве 20%, трудно поддающуюся обезвоживанию; их набирается до 2000 – 3000 т/год.

## Литература.

1. Долина Л.Ф., Правицкий А.В., Бандурко С.В., Очистка нефтесодержащих сточных вод на железнодорожном транспорте // Залізничний транспорт України, №5, 2001, с.19-21.
2. Українське слово, ч. 16, 17-23 квітня 2003, с. 8.
3. F. Berné, J. Cordonier. Épuration des eaux résiduaires de raffinage. Institut Français du pétrole. École Nationale Supérieure du Petrole et des Moteurs. Éditions technip. Paris, 1997.
4. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. –Л.: Недра, 1983, -263 с.
5. Ксенофонтов Б.С. Химия и основы очистки воды. –М.: МИЭТ, 1997.
6. Проскураков В.А., Смирнов О.В. Очистка нефтепродуктов и нефтесодержащих вод электрообработкой. –СПБ: Химия, 1992. -112с.
7. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. –М.: Недра, 1997.
8. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. За загальною ред. За польського А.К. –К.: Лібра, 2000. -552 с.
9. Смазочно-охлаждающие жидкости нового поколения. Киселёв Н.В. и др. // Экология и промышленность России, апрель 2001, с. 6 – 8.
10. Долина Л.Ф. Способы отчистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта Украины // Залізничний транспорт України, №4, 2000, с.14-16.
11. Долина Л.Ф. Проектирование и расчёт сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод.(Учебное пособие). – Днепропетровск: Континент,-2004.-93с.
12. Вознесенский В.Н., Лядов В.В, Кулишэв А.В. Локальные очистные сооружения с нефтеулавливающими устройствами //Экология и промышленность России, январь 2002,с.20-22.
13. Коньковский А.А., Галкин С.Н. Локальные комплексы очистки сточных вод фирмы «Lavko»// Водоснабжение и санитар. техника,№6,2001,с.21-22.
14. Селитванов А.В. новые очистные сооружения для НПЗ// водоснабжение и санитар. техника,№10,2003,с.31-35.
15. Володи Н.Н., Панков А.Н., Пашков В.П. очищаем воду от нефтепродуктов// Экология и промышленность России, декабрь 2003, с. 8 – 9.
16. Проспект фирмы «ВЭСТА», Харьков, 1995.
17. Свердлов И.Ш. Очистка сточных вод автозаправочных станций// Водоснабжение и санитар. техника,№1,1998,с.25-26.
18. Куханович А.А. Очистка дождевых и моечных сточных вод// Водоснабжение и санитар. техника,№4,2002,с.44-45.

19. Буцева Л.Н., Гандурина Л.В., Штондина В.С. Усовершенствование технологии очистки нефтесодержащих сточных вод // Водоснабжение и санитар. техника, №6, 1997, с.30.
20. Захаров С.Л. Очистка сточных вод нефтебаз // Экология и промышленность России, январь 2002, с.35-38.
21. Мясников И.Н. и др. очистка нефтесодержащих вод на установках заводского изготовления // Водоснабжение и санитар. техника, №6, 1998.
22. Мясников И.Н. и др. применения комбинированных сооружений для очистки нефтесодержащих сточных вод // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2002 с.44-45.
23. Бруноне Ф. и др. очистка оборотных сточных вод оборудованием компании «KROFTA» // Водоснабжение и санитар. техника, №9, 2000.
24. Проспект фирмы «Международная экологическая ассоциация «Интервир» », Ровно, 2004.
25. Проспект фирмы «ООО. НПФ «ЭКОС» », Россия, г. Ярославль, 2004.
26. Проспект фирмы «Науково-інженерний центр «Потенціал-4» » ТзОВ, Київ, 2004.
27. Билленкамп Е. (Billenkamp E.), Чеботаев М. Очистка сточных вод на железных дорогах Западной Европы // Железные дороги мира, №3, 2001, с.51-53.
28. Ровенский А.И., Каплуновский А.Е., Белоусова Г.С. Показатели использования замкнутых систем водоснабжения на участках мойки транспорта и деталей подвижного состава // Экологія та виробництво, Вересень 2002, с.45-47.
29. Андреев В.А., Гинкул В.С. Повышение эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод в локомотивном депо // Залізничний транспорт України, №1, 2003, с.47-48.
30. Пономарёв В.Г., Чучалин И.С. Применение импеллерной флотации для очистки сточных вод // Водоснабжение и санитар. техника, №10, 1999, с. 29-32.
31. Ксенофонтов Б.С. Комбинированный флотатор для очистки сточных вод // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2000, с 13-14.
32. Мельников В.Н. и др. Локальная система очистки сточных вод методом напорной флотации // Экология и промышленность России, август 2003, с.18-20.
33. Ильин В.И. Очистка сточных вод электрофлотацией. // Железнодорожный транспорт, №1, 2002, с 71-72
34. Гомеля М.Д., Калабина Л.В., Хохотва О.П. Выбор оптимальных условий электрофлотационной очистки нефтесодержащих сточных вод. // Экологические и ресурсосбережение, №5, 2000, с. 45-46.
35. Бутовский М.Э., Дзюбо В.В., Нечунаев А.Я. Глубокая очистка нефтесодержащих промстоков // Железнодорожный транспорт, №5, 1996, с 50-51
36. Долина Л.Ф. Разработка технологии очистки нефтесодержащих сточных вод. VII международная научно-практическая конференция «Вода: проблемы и решения». Материалы конференции, Днепрпетровск, «Гамалія», 2004, с. 39-40.

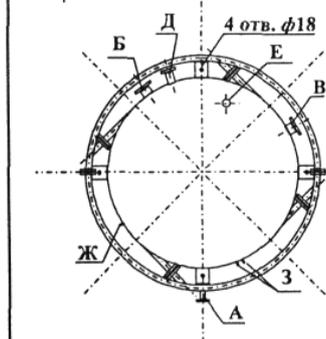
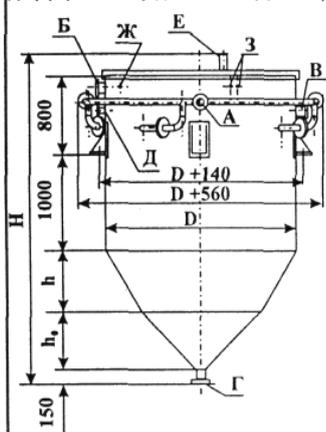
37. Крылов И.О., Ануфриева С.И., Исаев В.И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов // Экология и промышленность России, июнь, 2002, с.17-20.
38. Коваленко Н.А. и др. Адсорбционно-каталитическая доочистка нефтесодержащих сточных вод. // // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2002, с. 18-21.
39. Кудрявцев Н.Н. и др. Глубокое обеззараживание нефтесодержащих сточных вод УФ-излучением. // Водоснабжение и санитар. техника, №810, 2003 1999, с. 30-32.
40. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения / Плахотник В.Н., Ярышкина Л.А., Сираков В.Н., Тальшин В.Т., Савина Т.Л., Бойченко А.Н. –К.: Транспорт Украины, 2001. -244 с.
41. Швецов В.М., Морозова К.М., Нечаев Н.А. Пушников М.Ю. Современные технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод. // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2002, с. 9-12.
42. Фомченко Н.В., Щерблякин И.Н., Бирюков В. Очистка сточных вод и утилизация нефтешламов с применением биопрепаратов // // Водоснабжение и санитар. техника, №8, 2002, с. 32-33.
43. Дмитренко Г.Н., Гвоздяк П.И. Биотехнологии очистки высококонцентрированных сточных вод от органических растворителей. // Химия и технология воды, 2002, Т.24, №2, с. 185-190.
44. Поединок Н.Л., Выхрестюк Н.И. Биологическая очистка маслосодержащих сточных вод металлургического производства. // Химия и технология воды, 2002, Т.24, №2, с. 174-182.
45. Хлытчиев А.И., Бережной С.Б., Барко В.Н. Очистка нефтесодержащих промышленных сточных вод // Экология и промышленность России, май, 2003, с.17-18.
46. Лушников С.В. и др. Очистка воды и почвы от нефти и нефтепродуктов с помощью культуры микробов-деструкторов // Экология и промышленность России, декабрь, 1999, с.17-20.
47. Проспект фирмы «ECONAD». «Эконадин» - новый отечественный высокоэффективный препарат-биодеструктор. Украина 65026, г. Одесса, а/я 172, 2005.
48. Мурыгина В.П., Калужный С.В. Биоремедиация препаратом «Родер» водной поверхности и почв, загрязнённых нефтью // Водоснабжение и санитар. техника, №9, 2002, с. 29-30.
49. Азотфиксирующие микроорганизмы-деструкторы нефтепродуктов. Клямар О.В. и др. // Химия и технология воды, 2002, Т.24, №3, с. 271-279.
50. Терешенко Н.Н., Лушников С.В., Пышьева Е.В. Рекультивация нефтезагрязнённых почв. // Экология и промышленность России, октябрь, 2002, с.17.
51. Долина Л.Ф. Реакторы для очистки сточных вод. Днепропетровск.: Стандарт, 2001. -82 с.
52. Проспект фирмы «SOMOKO», Великобритания. Предложен к применению УкрНИМФ. Отдел охраны окружающей среды. – Одесса. 2005.

53. Гляденов С.Н. Очистка производственных и поверхностных сточных вод // Экология и промышленность России, август, 2001, с.7-8.
54. Проспект фирмы «Конвест». Технологический комплекс «ЭДИМ-СКиФ», - Черкассы, 2005.
55. Проспект «Адсорбент-С-ВЕРАД», 2005.
56. Адсорбционно-каталитическая доочистка нефтесодержащих сточных вод. Коваленко Н.А. и др. // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2004, с. 18-21.
57. Дьячков А.И., Калинин С.В., Покровский С.Л., Смекалов В.Т. Сорбент «Уремикс-913» для ликвидации проливов нефтепродуктов // Экология и промышленность России, декабрь, 2002, с.17-19.
58. Реагенты серии HYDROBREAK. Великобритания. Дилерская фирма «As Vilderson» на территории Украины и Белоруссии, 2005.
59. Мерц Р.Х., Косыгина К.Ф., Боксер В.Б. Плавающий углеводородистый адсорбент для поглощения плёнки нефтепродуктов на воде // Химия и технология воды, 1998, Т.20, №3, с. 301-304.
60. Фильтраадсорбционная технология очистки сточных вод web site <http://www.ipc.tsc.ru/projects/index.htm>. 2005.
61. Гридин О.М. Как выбирать нефтяные сорбенты // Экология и промышленность России, декабрь, 1999, с.28-33.
62. Арнс В.Ж., Гридин О.М., Яншин А.Л. Нефтяные загрязнения: как решить проблему // Экология и промышленность России, сентябрь 1999, с.33-36.
63. Арнс В.Ж., Гридин О.М. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов // Экология и промышленность России, декабрь, 1997.
64. Использование ультрафильтрации для очистки нефтесодержащих сточных вод. Поворов А.А. и др. // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2002, с. 35.
65. Трусов Л.И. Очистка технологических жидкостей от нефтепродуктов и жиров путём сочетания мембранной технологии с электрохимически управляемыми методами предобработки растворов. Проспект ГП «Красная звезда», Москва, 2005.
66. Проспекты фирмы «Москва». Мембранные модули. –М., 2005.
67. Очистка нефтесодержащих сточных вод с применением реагентов. Мясников И.Н., Потанина В.А. и др. // Водоснабжение и санитар. техника, №1, 1999, с. 8-9.
68. Технология и установки по очистке грунта от нефти и нефтепродуктов. Предложение ЦНИИХМ. –М, 2005.
69. СНиП 2.04.05-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения». – М.: Госстрой СССР, 1986.
70. Пантелят Г.С., Слепцов В.Г. Очистка маслосодержащих сточных вод магнитным фильтрованием. // Водоснабжение и санитар. техника, №3, 1998, с. 18-19.
71. Гамеля Н.Д., Радовенчик В.М., Хохлова А.П. Использование ферромагнетиков для объёмной очистки воды от нефти // Экотехнологии и энергосбережение, 2001, №4, с. 37-39.

72. Удаление нефтепродуктов магнитной жидкостью из отходов. Калаева С.З., Макаров В.М. и др. // Экология и промышленность России, декабрь, 2003, с. 20-21.
73. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Окисление фенола под действием электрического разряда // Химия и технология воды, 2001, Т.23, №5, с. 510-517.
74. Левченко Ю.В. Підвищення ефективності очистки маслемульсійних стічних вод електроемульсійними методом. Автореферат дисертації на здобуття наук. ступеня к.т.н. – Харків, 2004.
75. Исследования очистки сточных вод от нефтепродуктов с применением акустических воздействий. Казаков В.Д., Чупин В.В. и др. // Водоснабжение и санитар. техника, №5, 2004, с. 28-30.
76. Будыкина Т.А., Ханин А.Б., Евдокимов Б.Н. Опыт очистки маслемульсионных сточных вод на АПЗ-20 г. Курска. // Водоснабжение и санитар. техника, №5, 2004, с. 35-36.
77. Куханович А.А. Очистка дождевых и моечных сточных вод // Водоснабжение и санитар. техника, №4, 2002, с. 44-45.
78. Тихомиров Г.Н. Регенеративные фильтры для нефтеводяных сепараторов. // Экология и промышленность России, ноябрь, 2003, с.4-8.
79. ВНИИЖТ МПС. Технические требования для разработки замкнутых систем использования воды на промывочно-пропарочных станциях. –М.: 1980.
80. А.с. 952753 СССР, МКИ с 02 F1/44. Способ очистки сточных вод от тетраэтилсвинца / Хантургаев Г.А., Бабуева У.М., Чемизов С.В.(СССР).-№2905286/23-26; заявлено 03.04.80.; опубл. 23.08.82. Бюл. №31
81. Долина Л.Ф. Новые методы и оборудование для обезвреживания сточных и природных вод. –Днепропетровск: Континент, 2003. 218 с.: ил.42.
82. Пат.32553 Україна, С27С02F1/78. Спосіб очищення стічних вод від органічних сполучень та завислих речовин та пристрій для його здійснення./ Халін М.Ф. та ін. - №94063197; заяв.28.06.1994. Опубл. 15.02.2001. Бюл.№1,2001.
83. Пат. 2147560 Россия, С1 7 С02F1/40 установка для очистки воды / Вавилов А.А.- 981192/12; заявл. 05.05.1998. Опубл. 20.04.2000.Бюл. №11
84. Пат.2160714 Россия, С1 7 С02F1/40, В 01 D 17/22. Установка для очистки воды от нефтепродуктов и механических примесей./ Процан В.И., Кремнев И.Р. и др. - 2000116783/12; Заявл. 29.06.2000. Опубл. 20.12.2000. Бюл. №35.
85. Пат. 2167108 Россия С1 7 С02F1/40. Установка для очистки сточных вод и осадка от нефтепродуктов. / Винаров А.Ю. и др 2000103068/12; Заявл. 10.02.2000. Опубл. 20.05.2001. Бюл.№14.
86. Пат 2144511 Россия, С1 7 С02F1/40. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов./ Дергачёв Э.П., Завгородний В.Н. -98123760/12; Заявл.29.12.1998. Опубл. 20.01.2000. Бюл. №2.
87. Пат. 2159744 Россия, С1 7 С02F1/40. Установка биологической очистки жидкостных потоков от нефтепродуктов и органических загрязнений./ Соколов Д.П., Винаров А.Ю., Смирнов В.Н. -999126249/12; Заявл.14.12.1999. Опубл. 27.11.2000. Бюл. №2.
88. Пат. 2102330 Россия, С1 6 С02F1/24, 1/465. Электрорифлотатор для очистки сточных вод./ Брейво А.Э. и др. -93014358/25; Заявл. 19.03.93. Опубл. 20.01.98. Бюл. №2.

89. Пат. 2146655 Россия, С1 7 С02F1/463, 1/40. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод./ Домницкий В.В., Абросимов М.В., Иващенко П.Н. -98114246/12. Заявл. 04.08.1998. Оpubл. 20.03.2000. Бюл. №8.
90. Пат. 2168466 Россия, С1 7 С02F1/40, 1/48// С02F103/34. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов./ Иванов В.Г. и др. -99106739/12. Заявл. 05.04.1999. Оpubл. 20.03.2001. Бюл. №8.
91. Проспект фирмы «Комплект Экология Украина» (Украино-российское экологическое предприятие) – Днепропетровск, 2005.
92. Программа действий по дальнейшей реализации «Повестки дня на XXI век»: Доклад Специального комитета полного состава на XIX специальной сессии Генеральной ассамблеи ООН. Нью-Йорк. 27 июня 1997.
93. Андреев В.Г., Толмачёв Г.П. Термический крекинг отработанных масел.// Экология и промышленность России, ,2003, август 2002, с.4-9.
94. Дудышев В.Д. Утилизация нефтешламов.// Экология и промышленность России, май,2002, с. 20-22.
95. Седых В.Н. Рекультивация шламовых амбаров.// Экология и промышленность России, ноябрь,2001, с.20-23.
96. Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 р. №187/98-ВР.
97. Класифікатор відходів ДК 005-96. Київ.
98. Закон України «Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами» від 14.09.2000р. №1947-III.
99. «Програма використання відходів виробництва і споживання на період до 2005 р.» затверджено КМУ від 28.06.1997 р. №668.
100. ДСТУ 3910-99. «Класифікація відходів».
101. ДСТУ 2195-99. «Технічний паспорт відходу».
102. Труфанова Г.А., Черняховский Э.Р., Егоров В.И. Комплексная система сбора, переработки и утилизации нефтесодержащих отходов.// Экология и промышленность России, март, 2003, с.20-24.
103. Трубникова Л.И. Неорганические токсиканты в избыточном иле предприятий нефтехимии.// Экология и промышленность России, октябрь, 2002, с.34-35.
104. Рулева А.А., Ущенко В.П., Голованчиков А.Б. Утилизация нефтесодержащих отходов.// Экология и промышленность России, июль,2002, с.17-18.
105. Музыченко В.Е., Павлинова И.И., Королева Е.А. Использование осадков сточных вод.// Водоснабжение и санитар. техника, №3, 2000, с. 17-18.
106. Паршуков В.Ф., Гинкул В.С. Применение озono-воздушной смеси при очистке сточных вод в локомотивном депо //Залізничний транспорт України, №1, 1999, с. 30-31
107. Пат. 2125970 Россия, С 1602 F 1/24, В01 D17/035, В 03D 1/4 Флотатор для очистки сточных вод «Циклон-1» Зарубина М.П. Заявл. 10.07.97. Оpubл. 10.02.99. Бюл. №4

Дифференциатор ДНС 2.3.5.М (ДНС 3М)



код ОК 005 (ОКП): 48 5913  
код ТН ВЭД СНГ: 8421 21 900 9

Дифференциаторы нефтесодержащих стоков ДНС 2.3.5.М1-М25 (ДНС 3М1-М25)

1. Дифференциатор нефтесодержащих стоков ДНС 2.3.5.М... (ДНС 3М...) предназначен для очистки производственных, промышленно-ливневых и подтоварных нефтесодержащих стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов
2. Серийный выпуск аппаратов по ТУ 4859-13232189-00
3. Сертификат соответствия РОСС RU.АЯ04.В03893
4. Устройство аппарата защищено патентом № 1674895
5. Конструкция аппарата\* предусматривает последовательную многоступенчатую очистку нефтесодержащих стоков:

- Гидроциклон (флокулятор)
- Тонкослойный блок мультигидроциклон
- Тонкослойный осветлитель во взвешенном слое
- Тонкослойный коалесцирующий трубчатый блок отстойник
- Напорный отстойник-отделитель нефти
- Коалесцирующий фильтр
- Флотационная камера

\*Принцип действия аппарата и фотографии см.: [www.pesio.sl.ru](http://www.pesio.sl.ru)

Марка аппарата ДНС 2.3.5....	M1	M2	M3	M5	M8	M10	M12	M15	M20	M25
Q Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1	2	3	5	8	10	12	15	20	25
V Объем аппарата, м <sup>3</sup>	1,30	2,34	3,25	4,92	6,95	8,52	10,27	13,31	16,78	22,11
D Диаметр аппарата, мм	900	1200	1400	1700	2000	2200	2400	2700	3000	3400
H Высота аппарата, мм	2653	2835	2961	3152	3316	3438	3558	3738	3926	4161
h Высота конической части, мм	369	450	512	610	634	688	738	804	902	988
h <sub>о</sub> Высота осадочной части, мм	184	286	349	441	582	650	720	834	924	1073
m Масса аппарата (без воды), кг	370	529	657	920	1177	1372	1623	1913	2408	2871
M Масса аппарата (с водой), кг	1665	2874	3905	5837	8125	9892	11890	15224	19188	24979
Цена аппарата исполнения "У", тыс. руб.*	79,81	102,44	130,58	192,72	264,78	317,74	380,97	452,54	591,83	706,82
Цена аппарата исполнения "К", тыс. руб.	149,19	196,57	243,80	344,47	452,79	531,05	629,81	742,85	945,94	1124,35

\* Материал корпуса аппарата: "У" – углеродистая сталь; "К" – коррозионно-стойкая сталь. Цены указаны с учетом НДС.  
Приглашаем Вас к сотрудничеству в качестве наших дилеров! Дилерский договор – гарантия Ваших % от реализации продукции!

Назначение штуцеров	D <sub>y</sub>									
A Ввод нефтесодержащих стоков	32	32	50	50	50	50	70	70	100	100
Б Перелив	100	100	100	100	100	100	100	125	150	150
В Отвод очищенной воды	50	50	50	50	100	100	100	100	125	125
Г Отвод шлама	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Д Отвод нефтепродуктов	25	25	50	50	50	50	50	50	50	50
Е Вентиляция аппарата	50	50	50	50	80	80	80	80	80	80
Ж Ввод водовоздушной смеси (воздуха)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
З Промывка коалесцирующего фильтра	2ф 25	2ф 25	2ф 25	2ф 25	2ф 25	2ф 25	2ф 25	2ф 32	2ф 32	2ф 32

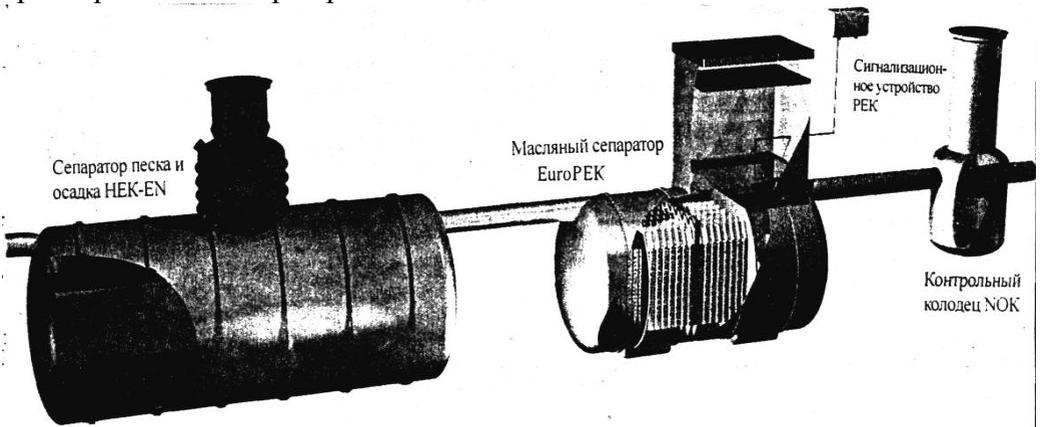
ООО «ПЭСИО» (Природосберегающие Экологические Системы Инженерного Оборудования)

## ЕвроРЕК Отвечает требованиям европейских стандартов

Новые европейские нормы делят сепараторы на коалесцентные 1 класса и гравитационные 2 класса. Содержание углеводорода во время пробы для 1 класса сепараторов менее 5 мг/л и 2 класса менее 100 мг/л. ЕвроРЕК относится к сепараторам 1 класса и оборудован очищающей батареей, а которой происходит соединение капель масла между собой. Эти батареи самоочищающиеся, что гарантирует длительность их эффективного действия при низких затратах на обслуживание

### Состав комплекса очистки

ЕвроРЕК очищает загрязненные маслами стоки и дождевую воду ремонтных мастерских, станций техобслуживания транспорта, промышленных предприятий, паркингов и складов. Процесс начинается в сепараторе песка и осадка НЕК-ЕН, где большинство твердых частиц выпадает на дно сепаратора. Очищенная таким образом вода поступает в масляный сепаратор ЕвроРЕК, где эффективная коалесцентная батарея отделяет масла от воды. Следующим элементом системы является контрольный колодец НОК, из которого можно в случае необходимости брать пробы для лабораторных исследований



***Масляный сепаратор ЕвроРЕК применим к нормам водоотведения Украины.***

ПДК нефтепродуктов в воде при сбросе в поверхностные" водоемы согласно "Правил охраны поверхностных вод" в Украине составляет 0.3 мг/л. Поэтому EuroPEK дополнительно оснащается фильтром, сорбирующим нефтепродукты из очищенной воды с доведением показателей от 5 мг/л до требуемых 0.3 мг/л. Начинка фильтра - торфяные гранулы (производятся в Украине), сорбционной способностью 1 кг гранул - 1 кг нефтепродуктов.

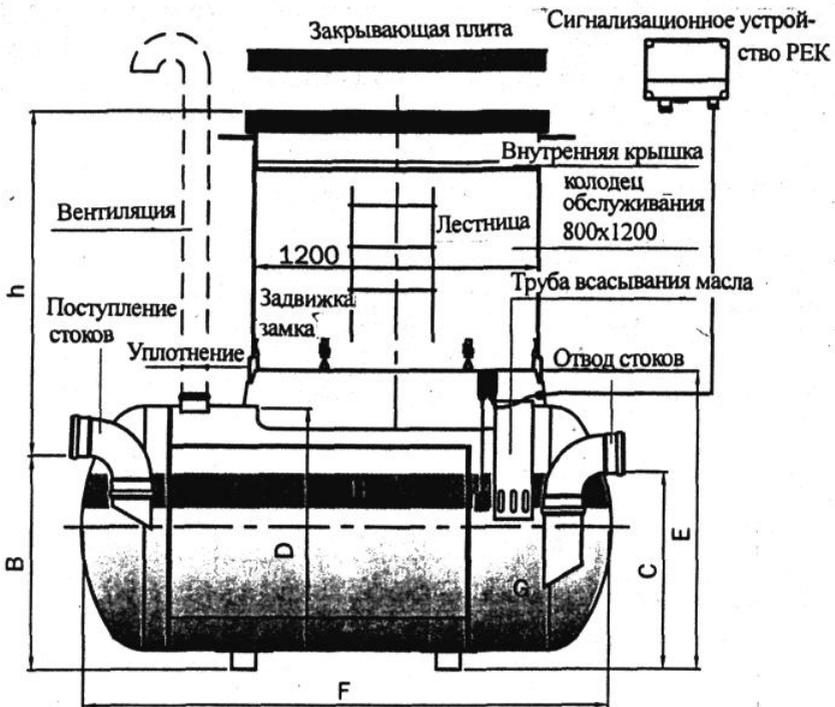
### **Действие коалесцентной батареи.**

Загрязненная маслами вода поступает в коалесцентную батарею EuroPEKa, внутри которой происходит отделение масел от сточных вод. Поднимающиеся капли масла собираются на плитах, притягивающих масла к себе. Там объем капли масла растет, вследствие чего увеличивается скорость подъема капель на поверхность сквозь отверстия в плитах. В результате на поверхности образуется монолитный слой масла. Очищенная вода отводится из коалесцентной батареи в контрольный колодец NOK, а оттуда - в сточную сеть.

**МАСЛЯНЫЕ СЕПАРАТОРЫ:  
EuroPEK**

1). Условия максимального поступления дождевых вод: асфальтированная площадка, плотность масла  $\leq 0,85$  умеренный дождь 150 л/(с\*га).

2). Условия максимального поступления стоков: плотность масла  $\leq 0,83$  г/см<sup>3</sup>.



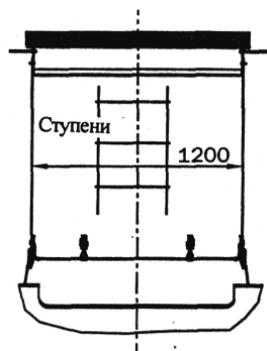
**Сигнализационное устройство PEK**

Сепаратор EuroPEK оснащен сигнализационным устройством PEK. Измерительный датчик, установленный в сепараторе, контролирует толщину слоя масла. Сигнализация срабатывает когда емкость сбора масла заполняется максимально.

Эта система обеспечивает экономичное и своевременное опорожнение сепаратора.

## КОЛОДЕЦ ОБСЛУЖИВАНИЯ 1200x800

EuroPEK оборудован прямоугольным колодецем обслуживания (дл. 1200 мм, шир. 800 м.), который можно обрезать при достижении необходимой высоты монтажа. Закрывающая плита состоит из трех ферм, уложенных на гальванизированной раме, вмонтированной в колодец. Плиты применяются на площадках как с большим, так и с малым автомобильным движением. Внутри колодца находятся ступени и внутренняя крышка. Ко-, лодец обслуживания 1200x800, крышки и рама всегда составляют часть комплекта поставки ЕигоРЕКа. Сепараторы EuroPEK 10, 30 и 50 дополнительно оборудованы вторым колодецем типа НУК.



Нормальные размеры	NS	1.5/3	6	10	15	20	30	40
Максим. расход дождевых вод <sup>1)</sup>	л/с	3	6	10	15	20	30	40
Максимальный расход стоков <sup>2)</sup>	л/с	1.5	3	5	7.5	10	15	20
A поступление/отвод стоков	PVC	110	160	160	200	200	250	315
B уровень подвода стоков	мм	890	890	890	1300	U10	1410	1940
C уровень отвода	мм	320	820	820	1230	1340	1340	1870
O диаметр	мм	1000	1000	1000	1400	1600	1600	2200
E высота	мм	1250	1250	1250	1650	1850	1850	2450
F длина	мм	1600	2200	4100	2800	3000	4000	2700
G емкость	л	790	1000	1950	2940	3930	5500	7600
H составляющая емкость	л	200	290	550	610	770	900	1000
I масса	кг	210	335	490	555	720	975	1380

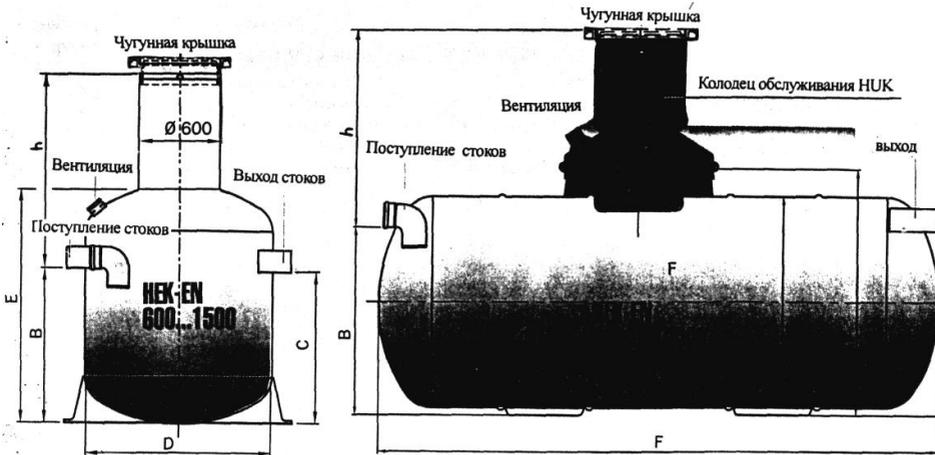
Типы колодцев обслуживания	9-16	16-25
h расстояние низа трубы входа сто-	900-1600	1600-2500
I масса, кг	55	110
Закрывающие плиты	Автомоб. движение легкое 2.5 кН <sup>1)</sup>	Автомоб. движение тяжелое 55 кН <sup>2)</sup>
I масса фермы, кг/шт	23	60
Количество ферм, шт.	3	3

- 1) Закрывающая плита предназначена для неподвижного груза 24 кН (площадь 200x200).
- 2) Закрывающая плита предназначена для подвижного груза 55 кН (площадь 500x200) при свободном направлении движения.

## Сепараторы песка HEK-EN

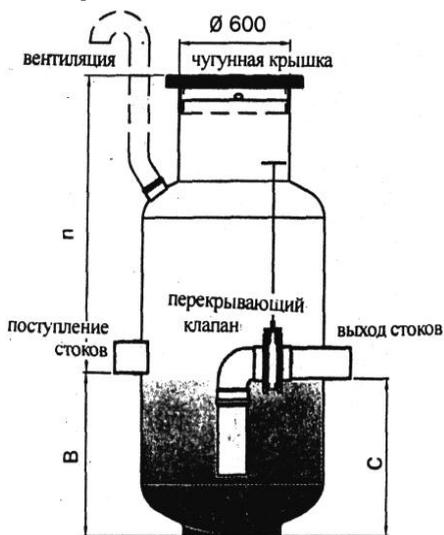
В сепараторах песка и осадка твердые частицы выпадают на дно сепаратора. Вертикальные песколовки имеют такое же расстояние от низа трубы выхода стоков до уровня площадки, как и колодцы обслуживания НУК. Чугунные крышки не относятся к постоянному оборудованию сепаратора.

Размеры труб поступления и отвода стоков подбираются относительно размеров труб масляного сепаратора.



Нормальные размеры	HEK-EN	600	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6500	10000	13000
В уровень подвода стоков	мм	870	870	1170	1260	1260	1260	1260	1410	1410	1940
С уровень отвода стоков	мм	850	850	1150	1240	1240	1240	1240	1390	1390	1920
D диаметр	мм	1000	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1600	1600	2200
E высота	мм	1360	1460	1800	1710	1710	1710	1710	1910	1910	2510
F длина	мм	-	-	-	1700	2400	3200	3800	3900	5900	4000
G емкость	л	600	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6500	10000	13000
I масса	кг	90	110	120	130	170	210	300	320	450	800

## Контрольные колодцы NOK

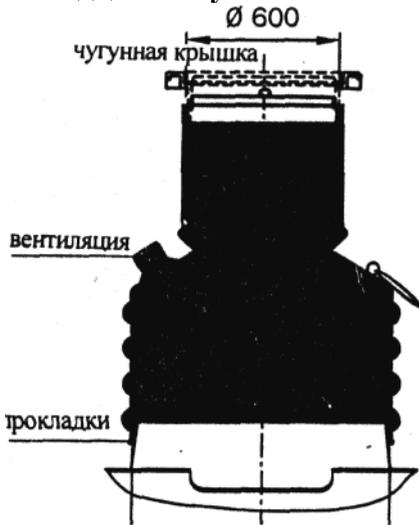


Контрольные колодцы NOK имеют такое же расстояние от низа трубы выхода стоков до уровня площадки, как и колодцы обслуживания HUK.

Чугунная крышка не относится к постоянному оборудованию NOK.

Нормальные размеры	NOK	D110	D150	D200	D250	D315
В подвод стоков	мм	850	850	850	850	850
С отвод стоков	мм	820	820	820	820	820
D диаметр	мм	1000	1000	1000	1400	1400

## Колодцы обслуживания HUK

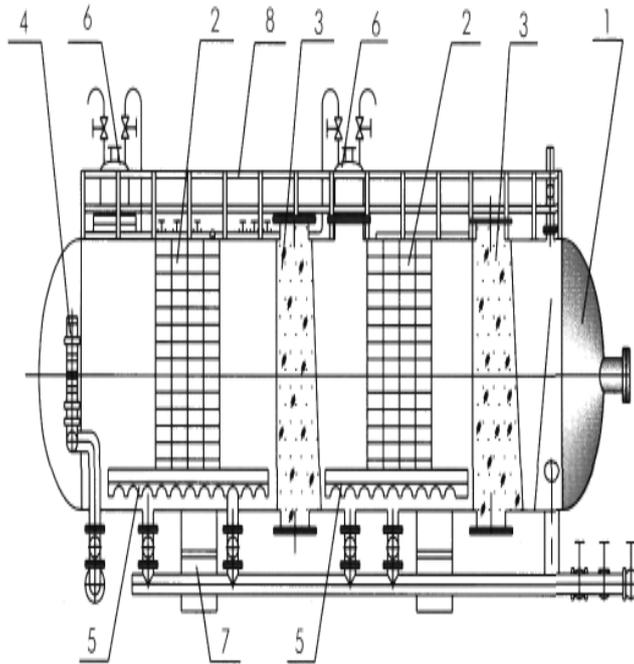


Колодцы обслуживания HUK оборудованы ступенями (за исключением самых маленьких колодцев).

Чугунная крышка не относится к постоянному оборудованию HUK

Колодец обслуживания HUK		19-13	13-17	17-21
Г масса	кг	22	38	56
h-уровень площадки низ трубы подачи стоков	м	900-1300	1300-1700	1700-2100

**Блок очистки пластовых вод БОП – 1600**



1-корпус, 2-блок полочный, 3-насадка коалесцирующая, 4-устройство водосборное, 5-устройство шламособорное, 6-нефтесоборник, 7-опора, 8-площадка обслуживания с лестницей.

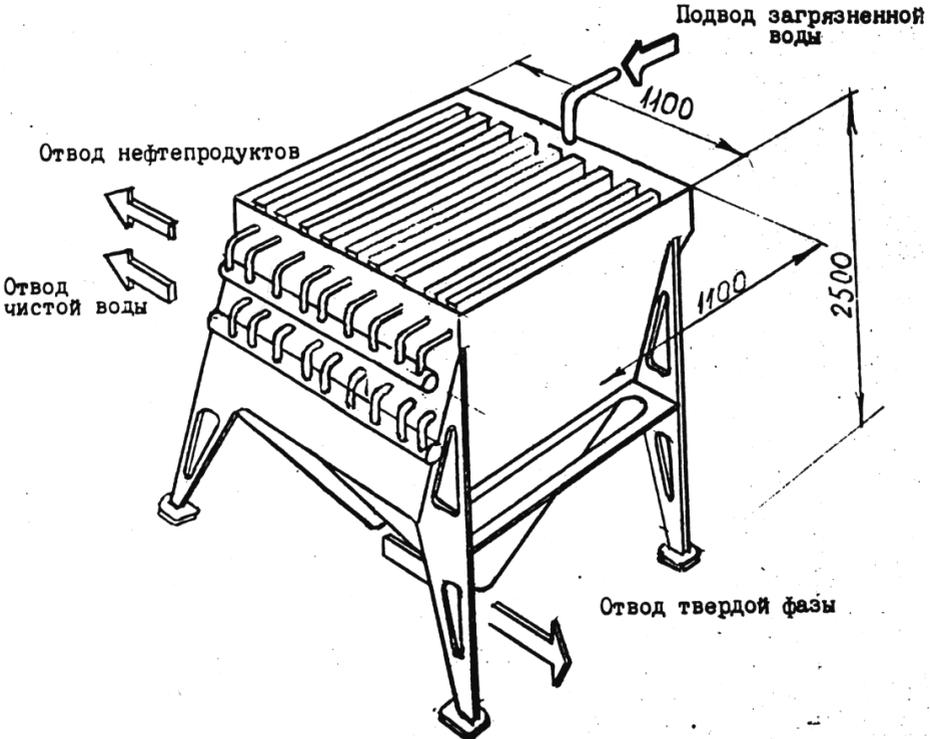
Блок БОП-1600 предназначен для очистки от нефти и механических примесей пластовых вод, образуемых на дожимных насосных станциях (ДНС).

Производительность, м <sup>3</sup> /сут	1600
Давление рабочее, МПа	0,6
Объем, м <sup>3</sup>	65,5

Габариты, мм	
диаметр	2600
длина	12950
ширина	3950
высота	5360
Масса, кг	21228

## БЛОК ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Предназначен для очистки ливневых и сточных вод, электролитов, моющих растворов в, трюмных вод судов, смазочно-охлаждающих жидкостей металлургических и машиностроительных заводов от загрязняющих нефтепродуктов (масла, дизельное топливо, бензин, керосин) и взвешенных частиц

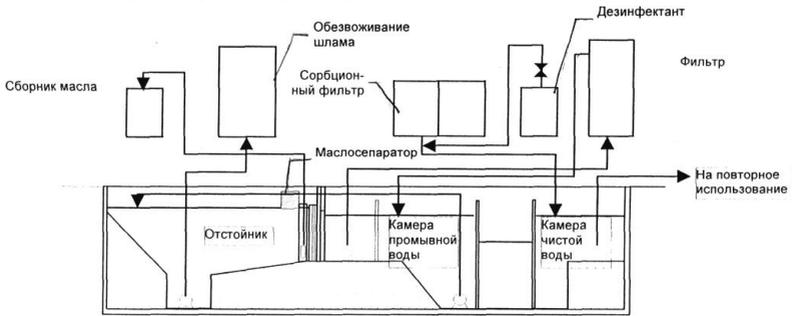


### ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАКТЕРИСТИКА

1.Производительность по загрязненной воде, м <sup>3</sup> /час.....	1...10
2.Количество нефтепродуктов в очищаемой воде, не более, кг/м <sup>3</sup> .....	100
3.Диаметр выделяемых частиц твердой фазы, не менее, мм.....	0.01
4.Количество твердых частиц в очищаемой воде, не более, кг/м <sup>3</sup> .....	200
5.Степень очистки от нефтепродуктов, не менее, %.....	98
6.Вязкость нефтепродуктов, спз, не более.....	100
7.Масса блока, т.....	1,5

**Очистные сооружения автомойки**

Сточные воды после мойки автомашин собираются в голову очистных сооружений и поступают по распределительному трубопроводу на очистку. Для задержания плавающего мусора и крупнозернистого осадка предусмотрен бак шлама. Нефтепродукты, которые поднимаются на поверхность, собираются маслосепаратором. Коалесцентный фильтр предназначен для повышения эффективности удаления нефтепродуктов. Верхняя перегородка задерживает плавающий слой масла от попадания его в промежуточную камеру. Из промежуточной камеры насос подает воду на напорный фильтр, после которого самотеком вода идет на сорбционный фильтр для доочистки от нефтепродуктов. После этого очищенная вода собирается в бак для повторного использования. Для обеззараживания воды, в системе повторного использования, применяется дезинфектант, дозируемый в поток очищенной воды после сорбционного фильтра во время работы установки



**Очистка дождевых вод АЗС**



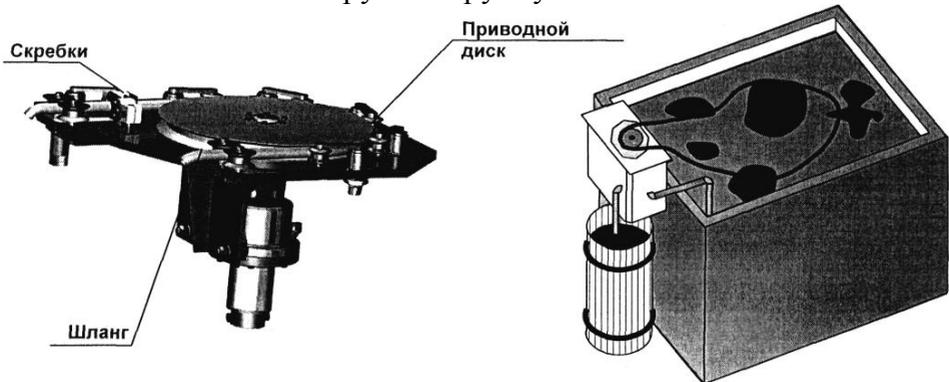
Дождевая вода с территории АЗС, попадает в отстойник, в котором выпадают в осадок взвешенные вещества, после чего стоки очищаются от нефтепродуктов путем фильтрации через коалесцентный фильтр и фильтр БСТВ с последующим сбросом в канализацию. Система оборудована поплавковым клапаном, который при значительном превышении расходов и повышении рабочего уровня воды в колодцах позволит сбрасывать условно чистые порции дождя в канализацию без очистки.

**Оборудования для удаления нефтепродуктов с поверхности жидкости фирмы «Ehbitek»**

1. Шланговый маслосепаратор - для удаления нефтепродуктов с поверхностей с переменным уровнем жидкости.
2. Дисковый маслосепаратор - для удаления нефтепродуктов с поверхностей с постоянным уровнем жидкости.

***Шланговый маслосепаратор***

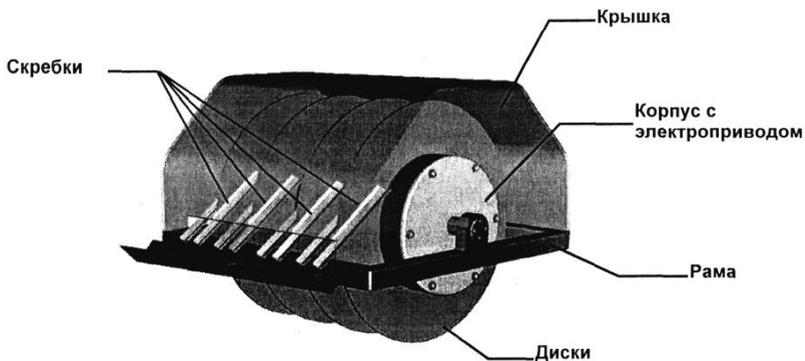
Маслосепаратор состоит из корпуса, двигателя, системы направляющих роликов и гидрофобного шланга. Во время работы двигателя шланг движется по поверхности воды. За счет того, что смачивание шланга нефтепродуктами больше смачивания водой, происходит налипание нефтепродуктов на шланг. Далее шланг проходит через систему для снятия, где нефтепродукты снимаются механическим путем, и попадают в емкость накопления нефтепродуктов. Из емкости накопления нефтепродукты перекачиваются насосом в бак для сбора нефтепродуктов. После наполнения бак заменяется на другой, а нефтепродукты вывозятся на утилизацию. Включение маслосепаратора осуществляется автоматически по таймеру или вручную.

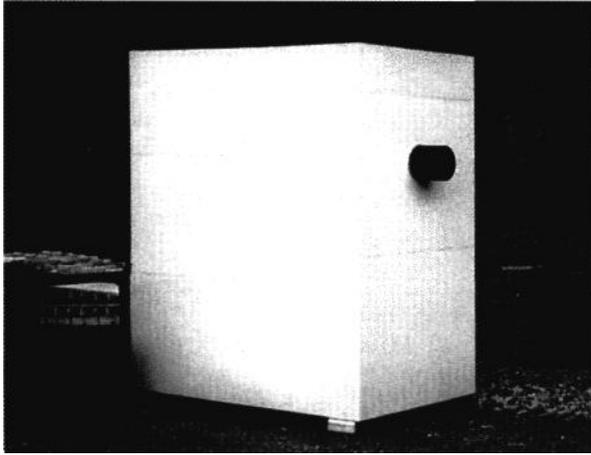


## *Дисковый маслосепаратор*

Маслосепаратор состоит из корпуса с электроприводом, дисков, скребков, рамы и крышки. Во время работы диски, вращаясь, собирают на своей поверхности нефтепродукты. Нефтепродукты с дисков снимаются скребками и по специальному желобу попадают в емкость накопления.

После наполнения ёмкость заменяется на другую, а нефтепродукты вывозятся на утилизацию.



**Коалесцентный отделитель нефтепродуктов***Рис. 1.***НАЗНАЧЕНИЕ**

Предназначен для отделения углеводородов с температурой кипения  $170^{\circ}\text{C}$  и плотностью до  $0,95 \text{ г/см}^3$ , таких как бензин, керосин, солярка и автомобильное или промышленное масло.

Практическое использование отделителя заключается в очистке дождевых стоков или других стоков, содержащих нефтепродукты на автостоянках, автозаправках, автомойках, СТО, нефтехранилищах и т.п.

В этом отделителе нельзя обрабатывать стоки в эмульгированном виде, содержащие застывающие вещества, а также хозяйственно-бытовые стоки.

**ОПИСАНИЕ**

Общий вид устройства показан на Рис.1. Отделитель состоит из компактного полипропиленового контейнера, разделенного перегородками на 2 функциональных отсека: первичный отстойник (аккумулирующий отсек) и коалесцентный отсек с автоматическим затвором, который запирается при высоком содержании нефтепродуктов в стоках.

**ПРИНЦИП РАБОТЫ**

Сточные воды втекают в аккумулялирующий отсек (1), где осаживаются тяжелые нерастворимые примеси, а легкоотделимые

плавающие фракции задерживаются погружной стенкой. Таким образом осуществляется первая ступень очистки. Вторая ступень очистки осуществляется в коалесцентном вкладыше (Рис.2.) с автоматическим затвором (2). Сточные воды протекают через пористый материал цилиндрического вкладыша, в котором происходит укрупнение и отделение нефтяных фракций, которые всплывают на поверхность, а очищенная вода протекает через центральную часть вкладыша и автоматический затвор в отводящий патрубок и далее в канализацию.

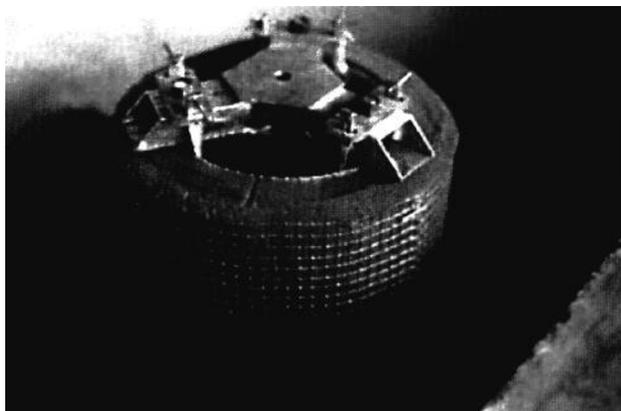


Рис.2.

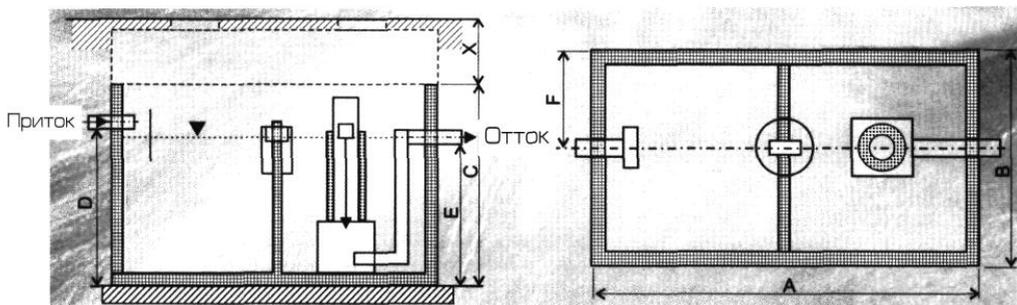


Рис. 3.

### МОНТАЖ

Отделитель устанавливается ниже уровня земли на подготовленное бетонное основание с отклонением от горизонтальности в пределах 5мм на длине 2м с последующей засыпкой гравием, гранулированным шлаком песком или просто грунтом. Засыпка производится параллельно с заполнением отделителя водой.

В случае монтажа в местах, где вероятен выход подпочвенных вод, следует принять меры против выпучивания отделителя. Для этого рекомендуется забетонировать корпус установки, тонким слоем бетона, используя его стенки в качестве опалубки.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

Подвод сточной воды происходит под действием силы тяжести. Обслуживающий персонал производит визуальный контроль отделителя на предмет определения количества отделенных нефтепродуктов и осадка. Коалесцентный вкладыш можно восстанавливать путем промывки чистой водой. При накоплении нефтепродуктов их необходимо удалить откачиванием в подходящую емкость с последующей сдачей на переработку.

### **ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ**

В отделитель допускается подводить стоки с содержанием нефтепродуктов до 1000 мг/л. Содержание нефтепродуктов в стоках после очистки не более 5 мг/л. Для снижения концентрации нефтепродуктов в стоках до значений менее 0,2 мг/л необходимо установить дополнительный адсорбционный фильтр.

### **ДОСТОИНСТВА УСТАНОВКИ**

1. Высокая эффективность отделения (~ 99,5 %)
2. Использование материалов стойких к коррозии.
3. Простота конструкции, монтажа, обслуживания и эксплуатации.
4. Отсутствие движущихся частей.
5. Не требуются энергоносители.
6. Не требуются расходные материалы.
7. Срок эксплуатации более 25 лет.
8. Гарантийный срок эксплуатации 2 года.

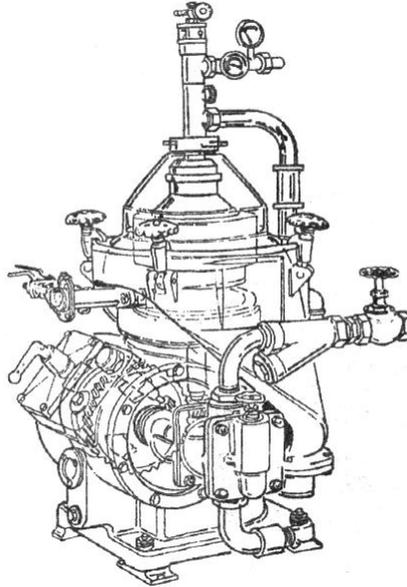
## ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Тип отделителя	Q <sub>max</sub> л/сек	Площ. отводам	А мм	В мм	С мм	Д мм	Е мм	F мм	Диам. притока мм	Диам. отвода мм	Масса кг
КОР 5	5	410	3000	1160	2000	1780	1680	580	110	110	490
КОРЮ	10	820	4000	2160	2000	1780	1680	1080	160	160	1120
КОР20	20	1640	5000	2160	2080	1780	1680	1080	200	200	1300
КОР30	30	2460	6000	2160	2200	1880	1780	1080	250	250	1500
КОР50	50	4500	7000	2160	2300	1880	1780	1080	300	300	1700
КОР75/30	75	6750	6000	2160	2350	1880	1780	1080	300	300	1500
КОР 100/50	100	9000	7000	2160	2350	1880	1780	1080	400	400	1700
КОР 150/50	150	13500	7000	2160	2350	1880	1780	1080	400	400	1700
КОР200/50	200	18000	6500	2560	2350	1880	1780	1080	400	400	1800

ООО с ИИ «Экопласт Штанцл Украина»

**СЕПАРАТОРЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ**

Центробежные саморазгружающиеся сепараторы разработаны Калужским турбинным заводом для очистки от воды и механических примесей топлив и масел с максимальной вязкостью  $380 \text{ мм}^2/\text{с}$  ( $50^\circ\text{ВУ}$ ) при температуре  $+50^\circ\text{С}$ .

***Качество очистки:******В очищенном нефтепродукте:***

- объемная доля воды составляет  $0,1...0,2\%$  при начальном обводнении до  $5\%$ ;
- отсутствуют механические примеси размером более  $2 \text{ мкм}$  (неорганические) и  $4 \text{ мкм}$  (органические) при начальном загрязнении до  $0,5 \%$  по весу.

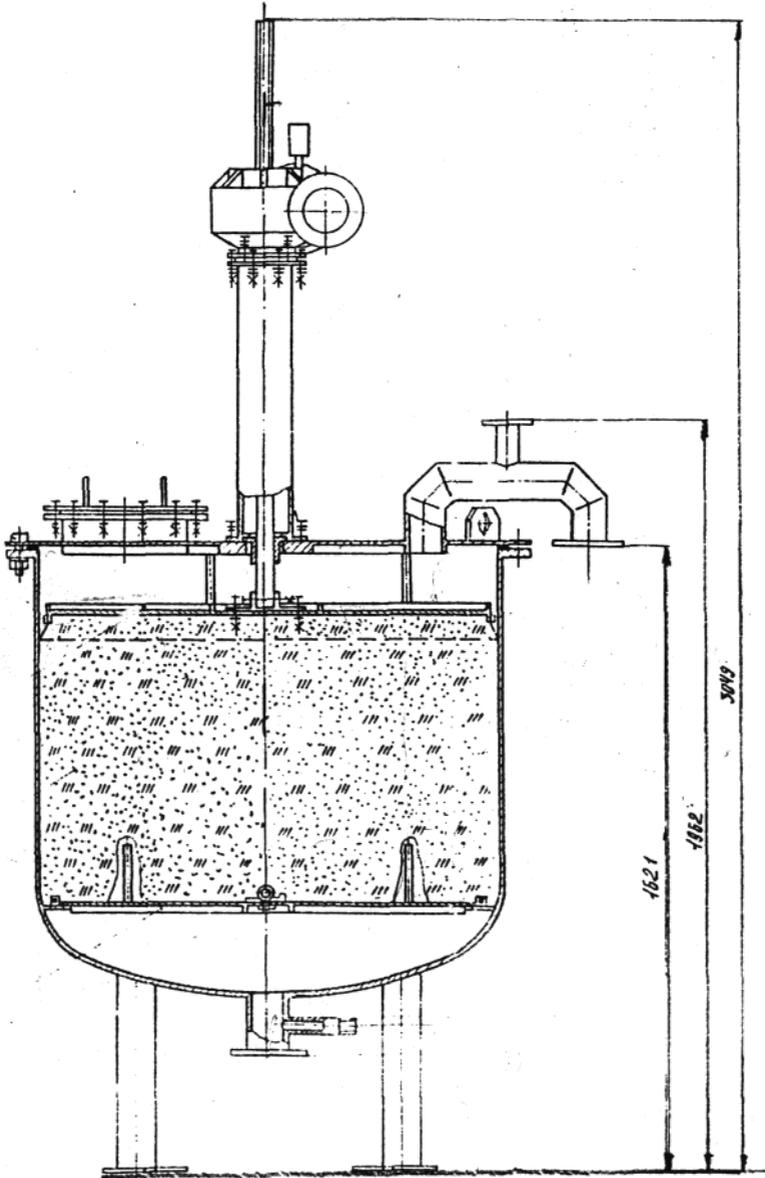
### *В отсепарированной воде:*

- объемная доля содержания дизельного топлива - 0,02...0,04%,  
прочих нефтепродуктов - не более 0,5%.

Сепараторы поставляются как с системой программного управления разгрузкой барабана, так и без неё.

Технические характеристики	Тип сепаратора		
	СЛ-1	СЛ-3	СЛ-5
Номинальная производительность, л/ч	2450	5750	12500
Макс, высота всасывания очищаемого нефтепродукта, мм вод. ст.	4000	4000	4000
Максимальное давление подающего насоса на нагнетании, МПа	0,60	0,25	0,25
Максимальное противодействие за сепаратором, МПа	0,15	0,14	0,15
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	5,5	15,0
Масса сепаратора, кг	333	940	1300
Средний ресурс до капитального ремонта, не менее, час	25000	25000	25000
Полный срок службы, не менее, лет	25	25	25
Полный средний ресурс, не менее, час	50000	50000	50000
Габаритные размеры (LxVxH), мм	934x680x1185	1200x995x1600	1510x1110x1640

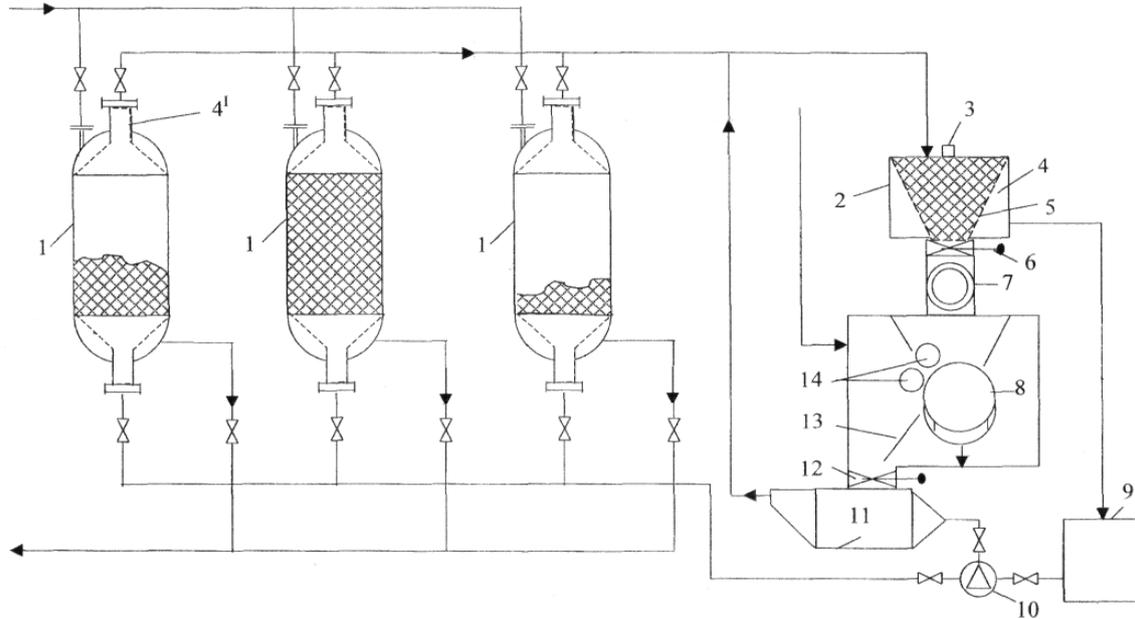
Фильтр «Автопен 2СТ»



**Характеристика загрязнения площадей железнодорожных предприятий [41].**

Наименование предприятия	Средняя площадь, га		Площадь загрязнённой территории, %	Концентрация нефтепродуктов, мг/кг
	общая	загрязнения		
Станции и пункты технического обслуживания вагонов	50	5	10	0,5-20
Депо локомотивные	5	1	20	0,1-4,0
Депо вагонные	4,5	0,9	20	0,1-0,3
Шпалопропиточные заводы	10	2,4	24	0,3-1,0
Промывочно-пропарочные станции	12	3	25	0,5-4,0
Пункты подготовки грузовых вагонов	3	0,15	5	0,2-0,4
Пункты подготовки пассажирских вагонов	2	0,06	3	0,1-0,3

Схема фильтровальной установки с автоматическим узлом регенерации  
пенополиуретановой загрузки



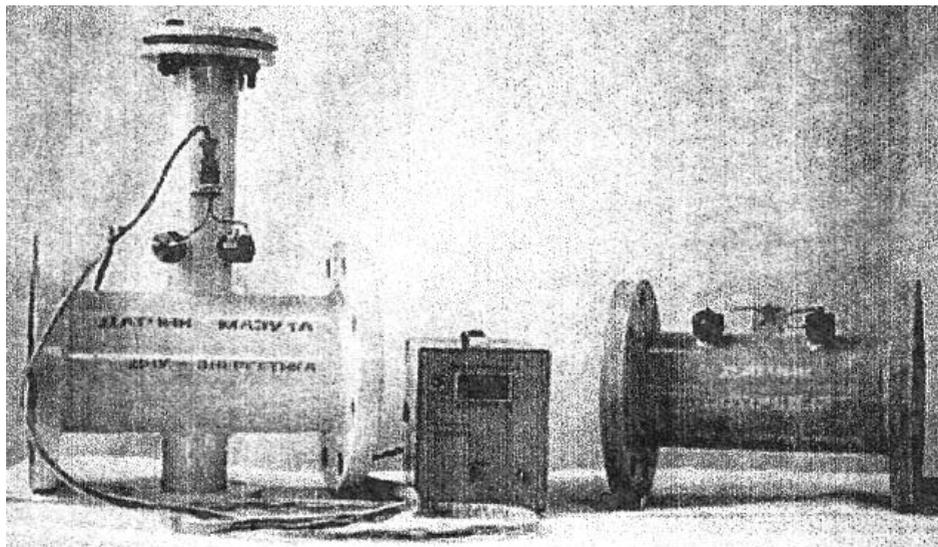
1 – фильтр; 2 – бункер; 3 – смеситель; 4 – лоток; 5 – перфорированные откосы; 6 – затвор;  
7 – дозатор; 8, 14 – отжимные барабаны; 9 – бак; 10 – насос; 11 – гидротранспортёр; 12 –  
затвор; 13 – направляющий козырёк.

## Характеристики различных сорбентов [63]

Характеристика	Питсорб	Турбоджет	Пауэрсорб	БТК-1	НПМ-3	Сорбойл
Основа сорбента	Торф	Торф	Нетканое полотно	Торф	Ткань, пропитанная реагентом	Торф, опилки, кора, сельскохозяйственные отходы
Внешний вид	Крошка	Крошка	Рулон	Крошка	Мат	Крошка
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,16	0,11	—	0,06	—	0,25
Нефтеемкость, г/г	4	3,6	12	11	10	8
Нефтеемкость при 4° С, г/г	1,6	3,6	11,4	10	9,4	8
Водопоглощение, г/г	1,64	2,03	0,06	5,21	0,15	0,05
Токсичность	Безвредный	Безвредный	—	Безвредный	Безвредный	Безвредный
Стоимость 1 кг, долл.	7	5,8	—	7	—	2
Способ утилизации	Сжигание, захоронение	Сжигание при 365 °С	Отжатие	Сжигание	Регенерация, сжигание	Отжатие, регенерация
Упаковка	Мешок (22 кг)	Мешок (30 кг)	Рулон (30 кг)	Мешок (15 кг)	Рулон (10—15 кг)	Мешок (15 кг)
Страна-производитель	Канада	Франция	Франция	Россия	Россия	Россия
Фирма	Clon Inc.	АО "ТСН"	АО "ТСН"	АО МН "Дружба"	ИХН СО РАН (Томск)	"Экосорбент АЕН"

## Приложение 15

### Измерительный информационно-управляющий комплекс обводненности нефтепродуктов



#### **Разработчик:**

Днепропетровский национальный университет. Проблемная лаборатория струйных течений.

Измерение водности в хранилищах, при перекачке или эмульгировании жидких топлив в режиме реального времени.

#### **КОМПЛЕКС ВКЛЮЧАЕТ:**

1. БЛОК электронный (БЭ). Определение величины обводненности - изменения диэлектрической проницаемости (ДП) продукта и управление водностью эмульсии. Цифровая и цветовая индикация уровней водности. 2. БЛОК Датчиков (БД) измеряемого и осушенного продукта. Дает сигнал об изменении ДП. Монтируется в технологическую линию или устанавливается на объекте (нефтехранилище, мазутохранилище и т.п.)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Тип прибора - автоматический.

Состав: блок двух цилиндрических датчиков;  
блок индикации и управления (электронный).

Длина БД по фланцам - 550 мм.

Удаление БЭ от БД - до 100 м.

Потребляемая мощность — 10 Вт.

Напряжение питания - 220 v, (на датчиках - 12 v).

Рабочая частота напряжения питания датчиков 10 кГц.

Коррекция по сорту нефтепродуктов - автоматическая.

Коррекция по температуре нефтепродукта - автоматическая.

Погрешность измерения - 1% в диапазоне  $W=KH-20\%$  .

Токовый выход для подключения самописца  $0\div 5$  ма.

Задатчик требуемой величины влажности.

Выход подключения исполнительного механизма (устройства).

Режим работы ~ непрерывный

*Изготавливается по согласованному с Заказчиком ТЗ. Комплекс отработан на мартене Нижнеднепровского трубопрокатного завода. Реализован на Керченском рыбоконсервном заводе и ТЭЦ Вольногорского горнометаллургического комбината (Днепропетровская область).*

*Экспресс-анализ (дополнительное оборудование). Датчик мазута (с нагревателем). Сигнал, пропорциональный изменению ДП при выпаривании влаги, обрабатывается на БЭ комплекса (или подобном) Используется автономно. Измеряемый объем - 0,25 л; время анализа » 0,5 ч.*

Наукове видання

Долина Леонід Федорович

Сучасна технологія та споруди для очистки нафтовмісних  
стічних вод

Монографія

Російською мовою

Комп'ютерна верстка:

Князєв О.В.

Кошелева О.М.

Костенко О.А.

Книга друкується в авторській редакції

Підписано до друку 03.09.2005. Формат 60×84 1/16

Ум. друк. арк. 14,25. Папір офсетний

Видавництво «Континент», Дніпропетровськ