

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 11.02.2022 16:43:13  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d18f5c0ce536f0f6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ



Директор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
2013г.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Методические указания к проведению практического занятия  
по дисциплине «Промышленная экология»  
для студентов направления подготовки  
022000.62 Экология и природопользование

Курск 2013

УДК 87.53.13

Составители: В.В. Протасов, Е.А. Преликова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Очистка сточных вод:** методические указания к проведению практического занятия по дисциплине «Промышленная экология» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов, Е.А. Преликова. Курск, 2013. 11 с.; Библиогр.: с. 11.

Излагается методика расчета количества реагентов и характеристик оборудования, используемого для очистки сточных вод.

Предназначены для студентов направления подготовки 022000.62 Экология и природопользование, изучающих дисциплину «Промышленная экология» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 0,64. Уч.-изд.л. 0,58. Тираж 30 экз. Заказ 159 Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель занятия** – изучить методики расчета количества реагентов и характеристик нефтеловушки, используемых для очистки сточных вод.

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые причиняют или могут создать неудобства, делая воду данных водоемов опасной для использования, нанося ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения

Загрязнение поверхностных и подземных вод можно распределить на такие типы:

механическое - повышение содержания механических примесей, свойственное в основном поверхностным видам загрязнений;

химическое - наличие в воде органических и неорганических веществ токсического и нетоксического действия;

бактериальное и биологическое - наличие в воде разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей;

радиоактивное - присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или подземных водах;

тепловое - выпуск в водоемы подогретых вод тепловых и атомных электростанций.

Основными источниками загрязнения и засорения водоемов является недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников, обработке и сплаве лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта; отходы первичной обработки льна, пестициды и т.д. Загрязняющие вещества, попадая в природные водоемы, приводят к качественным изменениям воды, которые в основном проявляются в изменении физических свойств воды, в частности, появление неприятных запахов, привкусов и т.д.); в изменении химического состава воды, в частности, появление в ней вредных веществ, в наличии плавающих

веществ на поверхности воды и откладывании их на дне водоемов.

Производственные сточные воды загрязнены в основном отходами и выбросами производства. Количественный и качественный состав их разнообразен и зависит от отрасли промышленности, ее технологических процессов; их делят на две основные группы: содержащие неорганические примеси, в т.ч. и токсические, и содержащие яды.

К первой группе относятся сточные воды содовых, сульфатных, азотно-туковых заводов, обогатительных фабрик свинцовых, цинковых, никелевых руд и т.д., в которых содержатся кислоты, щелочи, ионы тяжелых металлов и др. Сточные воды этой группы в основном изменяют физические свойства воды.

Сточные воды второй группы сбрасывают нефтеперерабатывающие, нефтехимические заводы, предприятия органического синтеза, коксохимические и др. В стоках содержатся разные нефтепродукты, аммиак, альдегиды, смолы, фенолы и другие вредные вещества. Вредоносное действие сточных вод этой группы заключается главным образом в окислительных процессах, вследствие которых уменьшается содержание в воде кислорода, увеличивается биохимическая потребность в нем, ухудшаются органолептические показатели воды.

Нефть и нефтепродукты на современном этапе являются основными загрязнителями внутренних водоемов, вод и морей, Мирового океана. Попадая в водоемы, они создают разные формы загрязнения: плавающую на воде нефтяную пленку, растворенные или эмульгированные в воде нефтепродукты, осевшие на дно тяжелые фракции и т.д. При этом изменяется запах, вкус, окраска, поверхностное натяжение, вязкость воды, уменьшается количество кислорода, появляются вредные органические вещества, вода приобретает токсические свойства и представляет угрозу не только для человека. 12 г нефти делают непригодной для употребления тонну воды.

Довольно вредным загрязнителем промышленных вод является фенол. Он содержится в сточных водах многих нефтехимических предприятий. При этом резко снижаются биологические процессы водоемов, процесс их самоочищения, вода приобретает специфический запах карболки.

На жизнь населения водоемов пагубно влияют сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности. Окисление древесной массы сопровождается поглощением значительного количества кислорода, что приводит к гибели икры, мальков и взрослых рыб. Волокна и другие нерастворимые вещества засоряют воду и ухудшают ее физико-химические свойства. На рыбах и на их корме - беспозвоночных - неблагоприятно отражаются молевые сплавы. Из гниющей древесины и коры выделяются в воду различные дубильные вещества. Смола и другие экстрактивные продукты разлагаются и поглощают много кислорода, вызывая гибель рыбы, особенно молоди и икры. Кроме того, молевые сплавы сильно засоряют реки, а топляк нередко полностью забивает их дно, лишая рыб нерестилищ и кормовых мест.

Атомные электростанции радиоактивными отходами загрязняют реки. Радиоактивные вещества концентрируются мельчайшими планктонными микроорганизмами и рыбой, затем по цепи питания передаются другим животным. Установлено, что радиоактивность планктонных обитателей в тысячи раз выше, чем воды, в которой они живут.

Сточные воды, имеющие повышенную радиоактивность (100 кюри на 1л и более), подлежат захоронению в подземные бессточные бассейны и специальные резервуары.

Рост населения, расширение старых и возникновение новых городов значительно увеличили поступление бытовых стоков во внутренние водоемы. Эти стоки стали источником загрязнения рек и озер болезнетворными бактериями и гельминтами. В еще большей степени загрязняют водоемы моющие синтетические средства, широко используемые в быту. Они находят широкое применение также в промышленности и сельском хозяйстве. Содержащиеся в них химические вещества, поступая со сточными водами в реки и озера, оказывают значительное влияние на биологический и физический режим водоемов. В результате снижается способность вод к насыщению кислородом, парализуется деятельность бактерий, минерализующих органические вещества.

Вызывает серьезное беспокойство загрязнение водоемов пестицидами и минеральными удобрениями, которые попадают с полей вместе со струями дождевой и талой воды. В результате

исследований, например, доказано, что инсектициды, содержащиеся в воде в виде суспензий, растворяются в нефтепродуктах, которыми загрязнены реки и озера. Это взаимодействие приводит к значительному ослаблению окислительных функций водных растений. Попадая в водоемы, пестициды накапливаются в планктоне, бентосе, рыбе, а по цепочке питания попадают в организм человека, действуя отрицательно как на отдельные органы, так и на организм в целом.

В связи с интенсификацией животноводства все более дают о себе знать стоки предприятий данной отрасли сельского хозяйства.

Сточные воды, содержащие растительные волокна, животные и растительные жиры, фекальную массу, остатки плодов и овощей, отходы кожевенной и целлюлозно-бумажной промышленности, сахарных и пивоваренных заводов, предприятий мясомолочной, консервной и кондитерской промышленности, являются причиной органических загрязнений водоемов.

В сточных водах обычно около 60% веществ органического происхождения, к этой же категории органических относятся биологические (бактерии, вирусы, грибы, водоросли) загрязнения в коммунально-бытовых, медико-санитарных водах и отходах кожевенных и шерстомойных предприятий.

Нагретые сточные воды тепловых ЭС и др. производств причиняют "тепловое загрязнение", которое угрожает довольно серьезными последствиями: в нагретой воде меньше кислорода, резко изменяется термический режим, что отрицательно влияет на флору и фауну водоемов, при этом возникают благоприятные условия для массового развития в водохранилищах сине-зеленых водорослей - так называемого "цветения воды". Загрязняются реки и во время сплава, при гидроэнергетическом строительстве, а с началом навигационного периода увеличивается загрязнение судами речного флота.

#### Методы очистки сточных вод

В реках и других водоемах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает медленно. Пока промышленно-бытовые сбросы были невелики, реки сами справлялись с ними. В наш индустриальный век в связи с резким увеличением отходов водоемы уже не справляются со столь

значительным загрязнением. Возникла необходимость обезвреживать, очищать сточные воды и утилизировать их.

Очистка сточных вод - обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения - сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

Сущность механического метода состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения - нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75% нерастворимых примесей, а из промышленных до 95%, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве.

Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%

При физико-химическом методе обработки из сточных вод удаляются тонко дисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется коагуляция, окисление, сорбция, экстракция и т.д. Широкое применение находит также электролиз. Он заключается в разрушении органических веществ в сточных водах и извлечении металлов, кислот и других неорганических веществ.

Электролитическая очистка осуществляется в особых сооружениях - электролизерах. Очистка сточных вод с помощью электролиза эффективна на свинцовых и медных предприятиях, в лакокрасочной и некоторых других областях промышленности.

Загрязненные сточные воды очищают также с помощью ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления, хорошо зарекомендовала себя очистка путем хлорирования.

### РАСЧЕТЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Очистка сточных вод от нефтепродуктов на машиностроительных предприятиях осуществляется нефтеловушками - горизонтальными проточными отстойниками.

Для расчета нефтеловушек необходимо знать скорость всплывания нефтепродуктов  $U$ , м/с

$$U = 545 \cdot 10^{-10} d_{\text{ср}}^2 \frac{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}}}{\mu}, \quad (1)$$

где  $d_{\text{ср}}$  - средний размер частиц нефтепродуктов, мкм;

$\rho_{\text{в}}$  и  $\rho_{\text{н}}$  - плотность сточной воды и нефтепродуктов соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  - динамическая вязкость сточной воды, кг/(м<sup>3</sup>с).

При известном расходе сточной воды и рассчитанной скорости всплывания нефтепродуктов расчет нефтеловушки сводится к определению ее геометрических размеров и времени отстаивания сточной воды.

Для этого задаемся горизонтальной составляющей  $V$  скорости движения сточной воды в нефтеловушке, связанной со скоростью всплывания частиц соотношением

$$U/V = 1/10 \div 1/20 \quad (2)$$

и из уравнения неразрывности определяем площадь поперечного сечения нефтеловушки  $F$ :

$$Q = FV \quad (3)$$

Ширина нефтеловушки  $B$  принимается равной 6 м, так как она определяется шириной механических скребков для удаления нефтепродуктов, выпускаемых отечественными заводами.

Зная площадь поперечного сечения и ширину нефтеловушки, определяем ее высоту

$$H = F/B \quad (4)$$



Определяем наименьшую длину нефтеловушки  $L$  (м), обеспечивающую выделение нефтепродуктов, всплывающих со скоростью  $U$ , при скорости движения сточной воды  $V$ :

$$L = \alpha \frac{V}{U} H, \quad (5)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, характеризующий режим движения сточной воды в нефтеловушке (табл. 1).

Таблица 1

Режим движения сточной воды в нефтеловушке

$U/V$	1/20	1/15	1/10
$\alpha$	1,75	1,65	1,5

Расчетная продолжительность отстаивания сточной воды в нефтеловушке  $T$ , с

$$T = L/V \quad (6)$$

Нейтрализация сточных вод. В сточных водах машиностроительных предприятий наиболее часто встречаются серная, соляная, азотная, фосфорная и другие кислоты, щелочи (NaOH, KOH), а также соли металлов, образованные на основе кислот или щелочей.

Сточные воды, содержащие указанные вещества, перед последующей обработкой и выпуском подвергаются нейтрализации, в результате которой содержащиеся в них ионы водорода и гидроксильная группа OH объединяются в молекулы воды, обладающие нейтральным зарядом. Нейтрализации подлежат сточные воды, содержащие кислоты и соли металлов ( $pH < 7$ ) или щелочи ( $pH > 7$ ). В результате реакции нейтрализации сточные воды имеют нейтральную среду ( $pH = 7$ ).

Расход щелочного (кислого) реагента на нейтрализацию кислоты (щелочи), содержащейся в сточной воде  $C$ , кг/м<sup>3</sup>

$$C = q \cdot M_1 / M_2 \quad (7)$$

где  $q$  - концентрация кислоты или солей металлов (щелочи), содержащихся в сточной воде, кг/м<sup>3</sup>;

$M_1$  - молекулярная масса щелочного (кислого) реагента, г/моль;

$M_2$  - молекулярная масса кислоты или солей металлов (щелочи), содержащихся в сточной воде, г/моль.

При нейтрализации сточных вод, содержащих кислоты и их соли - в качестве реагента используют любые щелочи или их соли:

NaOH, KOH, известь, известняк, доломит, мел, мрамор, магнезит, сода и др. Наиболее дешевым и доступным реагентом является гидроксид кальция (гашеная известь).

Соответственно для нейтрализации сточных вод, содержащих щелочи и их соли, применяют кислоты. На практике в качестве такого реагента обычно применяется техническая серная кислота.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Определите геометрические размеры нефтеловушки и продолжительность отстаивания сточной воды ( $\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$ ) механического цеха, если известно следующее:

№	расход сточной воды $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho_{\text{н}}$ плотность нефтепродуктов, $\text{кг/м}^3$	$\mu$ вязкость сточной воды, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$	$d_{\text{ч}}$ размер частиц нефтепродуктов, $\text{мкм}$
1	0,9	890	0,0060	30
2	2,1	850	0,0050	32
3	1,0	830	0,0063	48
4	1,2	885	0,0048	29
5	1,4	860	0,0070	44
6	2,3	880	0,0080	34
7	1,8	825	0,0081	25
8	1,4	867	0,0071	36
9	1,1	884	0,0063	45
10	0,6	836	0,0058	37
11	1,7	881	0,0054	33
12	2,9	906	0,0076	31
13	2,5	838	0,0034	25
14	1,3	845	0,0048	51
15	1,6	863	0,0059	48
16	1,1	789	0,0044	54

2. Определите расход товарной извести, содержащей 50% активной окиси кальция, необходимой для нейтрализации сточной воды травильного отделения. В сточной воде содержатся примеси серной кислоты ( $q_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ ) и ионов железа ( $q_{\text{Fe}^{2+}}$ ). Известно следующее:

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
$q_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{ кг/м}^3$	4	3	6	4	5	9	4	9
$q_{\text{Fe}^{2+}}, \text{ кг/м}^3$	10	8	12	8	15	11	9	15
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16

$q_{H_2SO_4}$ , кг/м <sup>3</sup>	7	6	2	3	8	5	7	10
$q_{Fe^{2+}}$ , кг/м <sup>3</sup>	8	11	10	8	13	9	15	20

**Отчет по практическому заданию должен содержать:**

1. Цель работы.
2. Краткую теоретическую часть.
3. Подробный расчет практического задания.
4. Вывод.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какова методика расчета геометрических размеров нефтеловушки?
2. Какова методика расчета реагента на нейтрализацию загрязняющих веществ, содержащейся в сточной воде?
3. Что подразумевается под понятием загрязнение водных ресурсов?
4. Какие типы загрязнения гидросферы, Вы знаете?
5. Какова методика расчета продолжительности отстаивания сточной воды в нефтеловушке?
6. Назовите методы очистки сточных вод и в чем их сущность?

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Инструкции по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки. М., Стройиздат, 1970.
2. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию. – М.: Наука, 1987.-600с.
3. Найдено В.В. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. –152с.
4. Дорохова Е.Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. М.: Высшая школа, 1991. 256с.