

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

**СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

Методические указания к выполнению практических работ  
по дисциплине «Системы защиты среды обитания и управления  
техносферной безопасностью»

для подготовки бакалавров по направлению  
**20.03.01 – «Техносферная безопасность»**

Разработчик:  
доцент кафедры РЭТЭМ, канд. биол. наук  
Е.Г.Незнамова

**Томск 2018**

## СОДЕРЖАНИЕ:

1. Практическая работа 1. Урбанизированные территории и меры по защите населения	3
2. Практическая работа 2. Мероприятия по оздоровлению воздушной среды в городской среде. Оценка состояния городской рекреационной территории	4
3. Практическая работа 3. Лесозащитные и противопожарные мероприятия	7
4. Практическая работа 4. Системы защиты воздушной среды на производстве	7
5. Практическая работа 5. Методы очистки сточных вод. Водоподготовка	15
6. Практическая работа 6. Основные загрязняющие вещества почвы и литосферы	15
7. Практическая работа 7. Рекультивация территорий - основные этапы	16
8. Практическая работа 8. Планирование рекультивационных мероприятий в зоне карьерных разработок	16
9. Практическая работа 9. Элементы управления техносферной безопасностью. Принципы создания экологически чистых технологий	18
10. Практическая работа 10. Классификация экозащитных процессов	22
11. Список рекомендованной литературы и сайтов Интернет-ресурса	25

## **1. Практическая работа 1. Урбанизированные территории и меры по защите населения**

Меры по снижению негативного воздействия природных и антропогенных факторов на население урбанизированных территорий

### **Вопросы для изучения:**

- 1 Понятие урбанизации и экологические проблемы урбанизированных территорий;
- 2 Основные показатели, определяющие качество жизни населения селитебных территорий;
- 3 Архитектурно-планировочные мероприятия, направленные на охрану здоровья населения, проживающего в городах;
- 4 Роль зеленых насаждений в улучшении экологических характеристик территории.

**Практическая часть.** Исследование качества визуальной среды на урбанизированной территории

**Цель работы:** создание проекта по повышению качества визуальной среды урбанизированной территории

**Краткая теоретическая часть.** Приблизительно 50% населения Томской области проживает в условиях урбанизированной среды. Известно, что однообразие и повторяемость структурных элементов среды, окружающих человека, отрицательно воздействует на его психическое, а следовательно, соматическое состояние. Именно таким свойствам обладает городская среда, особенно так называемые спальные районы, застроенные многоэтажными однотипными домами. К таким районам относятся большей частью, не окраинные, но отдаленные от центра микрорайоны Томска.

Агрессивность визуальной среды повышает наличие уличного мусора – окурков, пластиковых пакетов, упаковочных материалов, разбросанных беспорядочным образом. В результате комплексного воздействия этих и других факторов городской среды (например, высокая плотность застройки микрорайона) жители данной территории испытывают определенный стресс, воздействие которого способно повлиять на их поведение или здоровье.

**Ход работы:** Студенты объединяются в рабочие группы (до 3 человек), составляют план работы и выполняют следующее задание в соответствии с планом:

**Задание:** 1. Обследовать территорию одного из мкр. г. Томска в зависимости от поставленных задач; 2. Проанализировать полученные результаты; 3. Предложить меры по улучшению сложившейся ситуации; 4. Оформить и защитить работу.

Обследование включает следующие пункты:

1 Определить географические характеристики изучаемой территории (ориентировку по сторонам света, место расположения относительно города

2 Оценить характер селитебной застройки, близость домов относительно друг друга, приблизительное количество жителей района,

3 Освещенность территории, возможность появления аэродинамических труб, защита от шумового воздействия от различных объектов, в том числе и от автомагистралей

4 Рассчитать количество проезжающего автотранспорта, оценить защищенность пешеходов от выбросов автотранспорта, оценить режимы движения автомобилей по территории

5. Оценить замусоренность территории, систему сбора ТБО, озелененность территории

Оформление отчета проводится в соответствии с планом работы. Включает в себя титульный лист, рабочие материалы (результаты подсчетов и наблюдений), выводы, предложение по изменению экологической ситуации территории.

## **2. Практическая работа 2.** Мероприятия по оздоровлению воздушной среды в городской среде. Оценка состояния городской рекреационной территории

**Цель работы:** приобретение навыка по рационализации рекреационного использования природной и полуприродной среды

**Краткая теоретическая часть.** Пригородные зеленые зоны городов представляют огромную ценность для жителей урбанизированных территорий. С одной стороны, это поставщики кислорода, регуляторы микроклимата, с другой – это места отдыха горожан. Как правило, на места,

обладающие высокой степенью доступности, приходится мощный пресс рекреационной нагрузки. Важно уметь дать объективную оценку состояния рекреационно – нагруженной экосистемы, сделать рекомендации по рационализации ее эксплуатации.

**Задание:** Работа выполняется группой студентов по 3-5 человек. Необходимо посетить одну из зеленых зон города или пригородной зоны, по предложенной схеме выполнить описание фитоценоза, дать оценку его экологического состояния, предложить рекомендации по снижению пресса рекреационной нагрузки.

#### **Схема описания:**

Древесный ярус - породный состав, примерная высота деревьев, равномерность распределения, сомкнутость крон, (%). Наличие или отсутствие подроста – молодых деревьев. Отметить породный состав подроста. Отметить наличие пней, рассмотреть – спилены они или возникли естественным путем. Определить захламленность валежником.

Кустарниковый ярус. Наличие – отсутствие. Высота, породный состав, равномерность распределения, сомкнутость крон, (%), равномерность распределения, средняя плотность по территории.

Травяной ярус. Густота травостоя, проективное покрытие, (от 0 до 100%), наличие незаросших мест – приуроченность каких-либо объектов к этим местам, например, тропиной сети. Высота травостоя (от... до... см). Ярусность, если имеется, видовой состав.

Подстилочный слой. Толщина, состав – наличие или отсутствие полуразложившейся растительности – листьев, сучьев, веток, хвои.

Рассмотрите особенности антропогенного воздействия.

Отметьте общее состояние растений – запыленность, болезненность, наличие повреждений (паразитов, наростов, обломанных ветвей). Рассмотрите фитоценоз согласно градации, предложенной в таблице 2. Отметьте наличие вытопанных или иначе используемых пространств, особенности тропиной сети. Состояние растительности на этих пространствах (густота, изменение видового состава, внешнего вида растений по сравнению с соседними или известными вам нормальными экземплярами). Наличие посторонних предметов – мусора и др. Наличие объектов планового рекреационного обустройства – бетонных дорожек, автостоянок, лавочек, торговых и развлекательных учреждений). Оцените посещаемость данной территории людьми.

Оформление отчета включает в себя: титульный лист; описание растительного покрова осуществляется по предлагаемой выше схеме. По каждому пункту необходимо сделать вывод (выводы). Сделайте выводы, касающиеся состояния растительности изучаемой территории (таблица 1), рациональности использования этой зоны обществом, внесите свои предложения по улучшению экологической ситуации, проблеме разумной эксплуатации изученной вами территории.

Таблица 1. - Характеристика стадий рекреационной деградации лесных экосистем

<b>Стадии дигрессии</b>	<b>Характеристика нарушения структуры биоценоза</b>
1 стадия	Деятельность человека не внесла в лесное сообщество сколько-нибудь заметных изменений. Растут типичные лесные растения в живом напочвенном покрове. Развита подрост сравнительно равномерно распределена подстилка.
2 стадия	В лесу появляется редкая сеть тропинок. Среди травянистых растений стали появляться светлюбивые виды. Начала разрушаться подстилка.
3 стадия	Гуще становится тропиночная сеть. В травяном покрове появляются луговые травы (ромашка, мятлик, овсяница, тысячелистник). Появление на лесных полянках луговых трав говорит об уплотнении почвы в 3 – 4 раза. На участках, где нет тропинок, возобновление леса еще удовлетворительно (есть подрост).
4 стадия	Тропинки густо опутывают лес. В травяном покрове количество лесных растений незначительно. Лесные и даже луговые травы “прижимаются” к деревьям, а на открытых местах их заменяют самые жизнеспособные растения – подорожник, лапчатка, птичья гречишка. Это говорит об уплотнении почвы в 6 раз (уплотнение грунтовой дороги). Молодого подраста (до 6 – 7 лет) – практически нет. Подстилка встречается лишь у стволов деревьев.
5 стадия	Характерно полное отсутствие подраста. На плотно вытопанной земле встречаются лишь отдельные экземпляры наиболее жизнестойких растений.

### **3. Практическая работа 3. Лесозащитные и противопожарные мероприятия**

**Цель:** Ознакомиться с лесозащитными и противопожарными мероприятиями в лесном массиве.

**Задание:** Ознакомившись с материалами части 1.5 учебного пособия:

Незнамова, Е. Г. Учебное пособие по дисциплине «Системы защиты среды обитания»: Для подготовки бакалавров по направлениям 05.03.06(022000) - «Экология и природопользование», 20.03.01 (280700) «Техносферная безопасность» [Электронный ресурс] / Е. Г. Незнамова. — Томск: ТУСУР, 2014. — 69 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4730>

Выполните рисунок противопожарного разрыва, обосновав его необходимые элементы с точки зрения пожарной безопасности. Составьте план работ по уходу за пожарным разрывом на 5 лет.

### **4. Практическая работа 4. Системы защиты воздушной среды на производстве**

**Цель:** ознакомиться с охраной атмосферы на предприятиях.

К рассмотрению предлагаются следующие вопросы:

1. Методы сухой очистки воздуха на предприятии
2. Методы мокрой очистки воздуха на предприятии

**Задание:** Рассмотрите два текста. Сравните принципы действия аппаратов мокрой и сухой очистки воздуха, их конструктивные особенности. Зарисуйте. Какие параметры при подборе пенных пылеуловителей и «Циклонов» следует учитывать?

#### **Расчет параметров пенного пылеулавливателя**

Удаление пыли в аппаратах мокрой очистки происходит благодаря смачиванию частичек пыли жидкостью. Процесс протекает тем эффективнее, чем больше поверхность контакта фаз между газом и жидкостью, что достигается, например, диспергированием жидкости на капли или газа – на множество пузырей, формирующих пену.

Среди аппаратов мокрой очистки газов широкое распространение получили пенные пылеулавливатели ЛТИ (рис. 1). Они бывают однополочные и двухполочные, с отводом воды через сливное устройство над решеткой и с полным протеканием воды через отверстия решетки (провальные). Аппараты

со сливными устройствами позволяют работать при больших колебаниях нагрузки по газу и жидкости. Выбор числа полок зависит главным образом от запыленности газа.

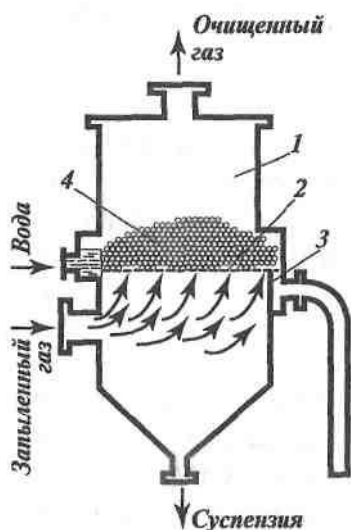


Рис. 1. Барботажный (пенный) пылеулавливатель: 1 – корпус; 2 – тарелка с перфорацией; 3 – переливной порог; 4 – слой пены на тарелке

### Порядок расчета пенного пылеулавливателя

#### 1. Выбор расчетной скорости газа.

Скорость газа в аппарате – один из важнейших факторов, определяющих эффективность работы аппарата. Допустимый диапазон фиктивных скоростей составляет 0,5 – 3,5 м/с. Но при скоростях больше 2 м/с начинается интенсивный унос брызг и требуется установка брызгоулавливателей. При скоростях меньше 1 м/с возможно сильное протекание жидкости через отверстия решетки, вследствие чего высота слоя пены снижается, а жидкость может не полностью покрывать поверхность решетки. Для обычных условий рекомендуется скорость  $w = 2$  м/с.

#### 2. Определение площади сечения аппарата.

Площадь сечения  $S$  (в  $m^2$ ) равна

$$S = \frac{Q_H}{w}, \quad (5)$$

где  $Q_H$  – расход газа, поступающего в аппарат при рабочих условиях,  $m^3/c$ ;  $w$  – скорость газа, м/с.

Газопромыватель может быть круглого или прямоугольного сечения. В первом случае обеспечивается более равномерное распределение газа, во втором – жидкости. При выборе аппарата прямоугольного сечения длину и ширину решетки находят с помощью данных по основным размерам аппаратов.

#### 3. Определение расхода поступающей воды.

Для холодных и сильно запыленных газов расход определяется из материального баланса пылеулавливания, для горячих газов — из теплового баланса. В сомнительных случаях выполняют оба расчета и выбирают



наибольшее из полученных значений расхода. (Газ считают холодным, если его температура меньше 100 °С.)

Расход поступающей воды  $L$  (кг/с) рассчитывают исходя из материального баланса пылеулавливания:

$$L = L_y + L_{сл}, \quad (6)$$

где  $L_y$  – расход воды, стекающей через отверстия в решетке (утечка), кг/с;  $L_{сл}$  – расход воды, стекающей через сливной порог, кг/с.

Величина  $L_y$  определяется массовым расходом уловленной пыли  $G_{п}$  (кг/с); концентрацией пыли в утечке  $x_y$  (кг пыли/кг воды); коэффициентом распределения пыли между утечкой и сливной водой  $K_p$ , выраженным отношением расхода пыли, попадающей в утечку, к общему расходу пыли:

$$L_y = G_{п} \cdot \frac{K_p}{x_y}, \quad (7)$$

Расход уловленной пыли (кг/с) можно определить по соотношению

$$G_{п} = Q_{н} \cdot c_{н} \cdot \eta, \quad (8)$$

где  $c_{н}$  – начальная концентрация пыли в газе, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  – заданная степень пылеулавливания, доли единицы.

Коэффициент распределения  $K_p$  находится в диапазоне 0,6 – 0,8; в расчетах обычно принимают  $K_p = 0,7$ .

Концентрация пыли в утечке изменяется от  $x_y = 0,2$  (для не склонных к слипанию минеральных пылей) до  $x_y = 0,05$  (для концентрированных пылей).

Так как в утечку попадает больше пыли, чем в воду, стекающую через сливной порог, то для уменьшения общего расхода воды целесообразно уменьшать величину  $L_{сл}$ . Однако слишком сильная утечка создает неравномерность высоты слоя воды на решетке. Поэтому в расчетах рекомендуется принимать  $L_{сл} = L_y$ . Исходя из этого выражение (6) приводится к виду:

$$L = 2G_{п} \cdot \frac{K_p}{x_y}. \quad (9)$$

#### 4. Определение типа решетки.

На этом этапе выбирают тип перфорации (круглые отверстия или щели), диаметр отверстия  $d_0$  или ширину щели  $b_{щ}$  и шаг между ними  $t$ . Форму отверстий выбирают исходя из конструктивных соображений, а их размер – исходя из вероятности забивки пылью. Обычно принимают  $b_{щ} = 2 - 4$  мм,  $d_0 = 2 - 6$  мм. Затем выбирают такую скорость газа в отверстиях  $w_0$ , которая обеспечит необходимую величину утечки.

При диаметре отверстий  $d_0 = 2 - 3$  мм скорость газа должна составлять 6 – 8 м/с, а при  $d_0 = 4 - 6$  мм  $w_0 = 10 - 13$  м/с.

Далее рассчитывают долю свободного сечения решетки  $S_0$ , отвечающей выбранной скорости:

$$S_0 = \frac{w}{w_0 \cdot \varphi}, \quad (10)$$

где  $\varphi$  – отношение перфорированной площади решетки к площади

сечения аппарата ( $\varphi = 0,9 - 0,95$ ).

Исходя из величины  $S_0$  определяют шаг  $t$  (в м) между отверстиями в зависимости от способа разбивки отверстий на решетке. При разбивке по равнобедренному треугольнику

$$t = d_0 \sqrt{\frac{L}{S_0}} \quad (11)$$

Толщину решетки  $\delta$  выбирают по конструктивным соображениям. Минимальному гидравлическому сопротивлению соответствует  $\delta = 5$  мм.

5. Определение высоты слоя пены и сливного порога.

Высоту порога на сливе с решетки устанавливают исходя из создания слоя пены такой высоты, которая обеспечила бы необходимую степень очистки газа.

Первоначально определяют коэффициент пылеулавливания  $K_{\Pi}$  (в м/с):

$$K_{\Pi} = \frac{2\eta w}{2 - \eta} \quad (12)$$

где  $\eta$  – заданная степень очистки газа от пыли.

Связь между  $K_{\Pi}$  и высотой слоя пены  $H$  (в м) при улавливании водой гидрофильной пены выражается эмпирическим уравнением

$$H = K_{\Pi} - 1,95w + 0,09 \quad (13)$$

где величины  $K_{\Pi}$  и  $w$  имеют размерность м/с. Далее определяют высоту исходного слоя воды на решетке  $h_0$  (в м):

$$h_0 = 1,43 \cdot H^{1,67} w^{-0,83} \quad (14)$$

Высоту порога  $h_{\Pi}$  рассчитывают по эмпирической формуле

$$h_{\Pi} = 2,5h_0 - 0,0176\sqrt[3]{i^2} \quad (15)$$

где  $i$  – интенсивность потока на сливе с решетки (в кг/ (м · с)), определяемая как

$$i = \frac{L_{сл}}{b_c} \quad (16)$$

где  $b_c$  – ширина сливного отверстия. При прямоугольном сечении аппарата  $b_c$  равна ширине решетки.

#### Пример расчета пенного пылеулавливателя

Рассчитать пенный аппарат для очистки 48 000 м<sup>3</sup>/ч газа от гидрофильной, не склонной к слипанию пыли. Температура газа – 60 °С. Запыленность газа на входе в аппарат  $c_H = 0,008$  кг/м<sup>3</sup>. Требуемая степень очистки  $\eta = 0,99$ . Очистка производится водой.

Решение

Выбираем газоочиститель системы ЛТИ и принимаем рабочую скорость газа (на все сечение аппарата)  $w = 2$  м/с.

Рассчитываем по формуле (5) площадь сечения аппарата:

$$S = \frac{48000}{3600 \cdot 2} = 6,67 \text{ м}^2$$

Площадь сечения аппарата по каталогу ЛТИ:

$$S = 2,1 \cdot 3,48 = 7,3 \text{ м}^2.$$

Фактическая скорость газа:

$$w = \frac{48000}{3600 \cdot 7,3} = 1,82 \text{ м}^2.$$

Определяем по формуле (8) расход уловленной пыли:

$$G_{II} = \frac{48000 \cdot 0,008 \cdot 0,99}{3600} = 0,106 \text{ кг/с}.$$

Принимаем коэффициент распределения  $K_p = 0,7$  и концентрацию пыли в утечке  $x_y = 0,15$  кг пыли/кг воды. Тогда расход поступающей воды по формуле (9) составит

$$L = \frac{2 \cdot 0,106 \cdot 0,7}{0,15} = 0,989 \text{ кг/с}.$$

Выберем решетку с круглыми отверстиями диаметром  $d_0 = 4$  мм. Тогда скорость газа в отверстиях должна быть равна  $w_0 = 10$  м/с. По выражению (10) доля свободного сечения решетки  $S_0$  при  $\varphi = 0,95$  равна

$$S_0 = \frac{1,82}{(10 \cdot 0,95)} = 0,195.$$

Если принять, что отверстия располагаются по равнобедренному треугольнику, то шаг между отверстиями в соответствии с формулой (11) составит

$$t = 0,004 \sqrt{\frac{0,91}{0,192}} = 0,0087 \text{ м}.$$

Толщину решетки  $\delta$  примем равной 5 мм.

Определим по уравнению (12) коэффициент скорости пылеулавливания:

$$K_{II} = \frac{2 \cdot 0,99 \cdot 1,82}{2 - 0,99} = 3,57 \text{ м/с}.$$

Тогда высота слоя пены на решетке в соответствии с уравнением (13) равна

$$H = 3,57 - 1,95 \cdot 1,82 + 0,99 = 0,11 \text{ м}.$$

Высоту исходного слоя воды на решетке рассчитываем по формуле (14):

$$h_0 = 1,43 \cdot 0,11^{1,67} \cdot 1,82^{-0,83} = 0,0218 \text{ м}.$$

Интенсивность потока на сливе с решетки найдем по соотношению (16):

$$i = \frac{1,989}{2 \cdot 3,48} = 0,142 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}.$$

Высота сливного порога по формуле (15) будет равна

$$h_{II} = 2,5 \cdot 0,0218 - 0,0176 \sqrt[3]{0,142^2} = 0,05 \text{ м}.$$

**Методики расчета аппаратов очистки газовых выбросов (расчет параметров «Циклона»).**

Цель работы: ознакомиться с методикой расчета «Циклона»

Расчет «Циклона». Циклоны относят к сухим механическим пылеулавливателям, в которых пыль оседает под действием центробежных сил. Они получили широкое распространение. Выпускают циклоны

цилиндрического и конического типов. Циклоны цилиндрического типа (рис. 1) предназначены для улавливания сухой пыли, золы и т. д. Наиболее эффективно они работают, когда размер частиц пыли превышает 20 мкм. Конические циклоны предназначены для очистки газовых и воздушных сред от сажистых частиц. Чем больше диаметр корпуса циклона, тем выше его производительность.

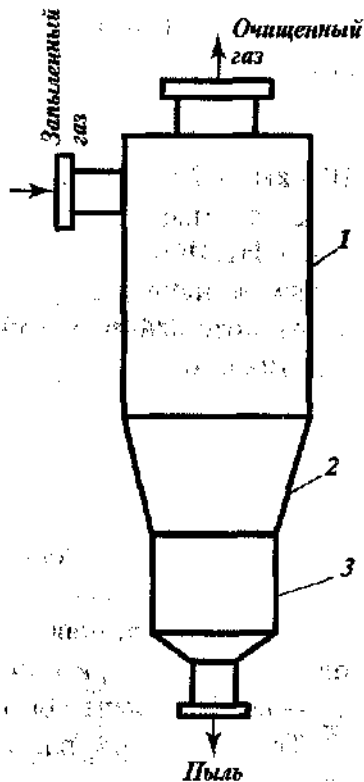


Рис. 2. Циклон: 1 – цилиндрический корпус; 2 – коническое днище; 3 – разгрузочный бункер

Степень очистки газа в циклоне тем больше, чем больше коэффициент разделения сред  $f$ :

$$f = \frac{w_r^2}{g_r}$$

где  $w_r$  – окружная скорость вращения частицы вместе с потоком на радиусе  $r$ , м/с;  $g_r$  – радиус вращения частицы, м.

Для циклонов значение  $f$  достигает ста и более единиц. Из выражения (1) видно, что  $f$  можно увеличить: а) уменьшением радиуса вращения газового потока; б) увеличением его скорости. При этом следует помнить, что увеличение скорости вызывает возрастание гидравлического сопротивления и турбулентности газового потока, которая ухудшает процесс осаждения, а уменьшение радиуса циклона ведет к снижению его производительности. Поэтому при больших объемах запыленного газа вместо одного циклона большого диаметра применяют несколько циклонных элементов меньшего размера, объединенных в одном корпусе, – батарейные циклоны

(мультициклоны).

Степень очистки газов от пыли в циклоне составляет: для частиц диаметром 5 мкм – 80 – 85%, диаметром 10 мкм – 70 – 90%, диаметром 20 мкм – 95 – 98%.

В промышленности наиболее распространены циклоны НИИОгаза, отличительной особенностью которых является наклонный патрубок прямоугольного сечения, через который вводится газ. Наиболее часто применяют циклоны с углом наклона входного патрубка 15° и 24° - соответственно ЦН-15 и ЦН-24. Гидравлическое сопротивление циклона можно определить по уравнению

$$\Delta p = \xi_{\text{ц}} \cdot w_{\text{ист}}^2 \cdot \frac{\rho_t}{2}, \quad (2)$$

где  $w_{\text{ист}}$  – истинная скорость газа в циклоне, м/с;  $\rho_t$  – плотность газа при соответствующей температуре, кг/м<sup>3</sup>;  $\xi_{\text{ц}}$  – коэффициент сопротивления циклона.

Теоретический расчет циклонов весьма сложен, поэтому на практике расчеты ведут по упрощенной методике. Порядок расчета может быть следующим:

1. Выбирают тип циклона с учетом размеров улавливаемых частиц.
2. Определяют диаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot w_{\text{опт}}}}, \quad (3)$$

где  $Q$  – расход очищаемого газа; м<sup>3</sup>/с;  $w_{\text{опт}}$  – оптимальная скорость газа в циклоне, м/с.

3. По рассчитанному значению  $D$  выбирают тип циклона в соответствии с принятым рядом внутренних диаметров (мм): 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400, 3000. Циклон выбирают с ближайшим к рассчитанному диаметром.

Определяют истинную скорость газа в циклоне:

$$w_{\text{ист}} = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2}. \quad (4)$$

4. Скорость газа в циклоне не должна отклоняться более чем на 15% от  $w_{\text{опт}}$ .

5. По уравнению (2) рассчитывают гидравлическое сопротивление циклона.

Из опыта установлено, что для рассматриваемого типа циклонов величина  $\Delta p/\rho_t$  имеет оптимальное значение 500-750 м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

При подборе циклона также часто используют следующую методику. Выбирают значение  $\Delta p/\rho_t$  из оптимального интервала и, зная  $\xi_{\text{ц}}$ , по

соотношению  $\frac{\Delta p}{\rho_t} = \frac{\xi_{\text{ц}} \cdot w^2}{2}$  рассчитывают скорость газа в циклоне  $w$ .

Далее по уравнению расхода вычисляют диаметр циклона и подбирают по ГОСТу соответствующий аппарат. Затем определяют степень очистки газа от пыли по номограммам, составленным на основе опытных данных, в

зависимости от фракционного состава пыли, ее плотности, начальной запыленности газа и ряда других факторов.

Если найденное значение степени очистки газа окажется недостаточным, следует сделать перерасчет, увеличить соотношение  $\Delta p/\rho_t$ , тем самым повысив скорость и уменьшив диаметр аппарата, выбрать другой тип циклона, с большим  $\xi_{ц}$ , а значит, более эффективный, или же установить несколько циклонов меньшего диаметра, работающих параллельно. В последнем случае  $w$  остается без изменений, и таким образом удается повысить эффективность циклона без увеличения гидравлического сопротивления.

#### Пример расчета циклона

Подобрать циклон для очистки от пыли отходящего из распылительной сушилки воздуха, если его расход составляет  $Q = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , температура –  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , а наименьший размер частиц –  $80 \text{ мкм}$ .

Решение

Для улавливания частиц размером  $80 \text{ мкм}$  выбираем циклон типа ЦН-15.

Находим диаметр циклона по формуле (3):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2100}{3,14 \cdot 3,5 \cdot 3600}} = 0,46 \text{ м.}$$

Выбираем из ряда стандартных диаметров циклон Диаметр  $500 \text{ мм}$ .

Определяем истинную скорость воздуха в аппарате по формуле (4):

$$w_{ист} = \frac{4 \cdot 0,583}{3,14 \cdot 0,5^2} = 2,97 \text{ м/с.}$$

Примем соотношение  $\frac{\Delta p}{\rho_t} = 740$ .

Плотность воздуха определяем по формуле

$$\rho_t = \frac{M}{22,4} \frac{273}{T},$$

где  $M$  – молярная масса газа,  $\text{кг/кмоль}$ ;  $T$  – температура газа,  $\text{К}$ .

Для воздуха  $M = 29 \text{ кг/кмоль}$  и  $\rho_t$  соответственно равна

$$\rho_t = \frac{29}{22,4} \frac{273}{373} = 0,95 \text{ кг/м}^3.$$

По формуле (2) гидравлическое сопротивление циклона равно:

$$\Delta p = 160 \cdot 0,95 \cdot \frac{2,97^2}{2} = 670 \text{ Па.}$$

## **5. Практическая работа 5. Методы очистки сточных вод. Водоподготовка.**

### **Вопросы:**

1. Механические методы (разновидности, место применения в системе водоочистки);
2. Физико-химические (разновидности, место применения в системе водоочистки, сравнительный анализ флотационных и коагуляционных методов очистки).
3. Биологические методы очистки сточных вод: По предложенному тексту рассмотрите следующие аспекты очистки: очистка в полуприродных экосистемах; аэробные, анаэробные методы очистки – проведите сравнительный анализ, составьте таблицу.
4. Защита водных объектов от нефтяных загрязнений: рассмотреть воздействие нефти на физико-химические характеристики гидросферы и жизнедеятельность водных организмов; ознакомиться со способами защиты водных объектов от нефтяных загрязнений. Посмотреть в Интернет - ресурсе новые методы очистки водных объектов от загрязнений. Подготовить краткое выступление.

Список литературы и сайтов Интернет-ресурса приведен в конце пособия.

## **6. Практическая работа (семинар) 6. Основные загрязняющие вещества почвы и литосферы**

Влияние промышленного и сельскохозяйственного производства на образование техногенных ландшафтов  
Персистирование и трансформация загрязняющих веществ в литосфере.  
Основные загрязняющие вещества почвы и литосферы.

В рамках семинара предусмотрено представление индивидуальных заданий и докладов, касающихся данной тематики:

- Рассмотреть причины эродированности земель в условиях аридного (семиаридного, гумидного) климата;
- Рассмотреть систему мероприятий по очистке береговой линии от нефтезагрязнений;
- Рассмотреть пути рационализации утилизации и складирования мусора;
- Общественные движения как мероприятия, направленные на сохранения окружающей среды.
- Биологические особенности травянистых культур, используемых при биологической рекультивации;
- Древесные насаждения в биорекультивации;
- Организация противооползневых мероприятий;
- Территории экологического бедствия

## **7. Практическая работа 7. Рекультивация территорий - основные этапы**

**Задание:** рассмотреть особенности рекультивации территорий в зависимости от климата, особенностей рельефа и предназначения рекультивируемых территорий. Подготовить краткое выступление - предложить программу рекультивации нарушенных земель тундровой зоны, южных территорий, равнинной, горной территории.

Используемая литература: Основы коррекции и оздоровления ситуаций в трех средах: Учебное пособие / Незнамова Е. Г. - 2016. 109 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/6226>

## **8. Практическая работа 8. Планирование рекультивационных мероприятий в зоне карьерных разработок**

**Цель работы:** получение теоретического навыка рекультивации зон карьерных разработок.

### **Задание:**

1. Ознакомьтесь с теоретической частью
2. Опишите тип техногенно измененного ландшафта, согласно перечня, предложенного в лекционном материале. Какие пути по его рекультивации Вы можете предложить?
3. Рассмотрите предложенные схемы оформления, нарисуйте
4. Объясните смысл использованных элементов технологии. Предложите материалы, конкретизируйте виды растений, пригодные для использования в данном случае. Объясните целесообразность вашего выбора.
5. Оформите отчет



## Краткая теоретическая часть

Созданию архитектурно-ландшафтных комплексов уделяют в настоящее время много внимания в США, Англии, Франции, ФРГ. В искусственные озера, созданные в отработанных карьерах, запущены мальки карпа, линия, форели. Озера используют колонии птиц. Для уменьшения запыленности воздуха, предотвращения эрозии и с эстетическими целями большое внимание уделяется оформлению бортов отработанных карьеров. Выработаны оптимальные морфометрические параметры откосов в зависимости от функционального назначения участков береговой линии, высоты надводной части борта карьера, состава слагающих его пород и уровня воды в озере. На рисунках 1, 2 показаны **схемы оформления откосов** в ФРГ.

Если борт карьера сложен рыхлыми, мягкими горными породами (песчано-глинистые отложения, суглинки и т. д.), то по высоте он делится бермами на отдельные уступы. Ширина берм принимается не менее 1,5 м с обратным уклоном 1 : 10. Нижняя берма устраивается на высоте 1,5 м от зеркала воды, а вторая — на высоте 5—7 м. Заложение откосов уступов (кроме нижнего) принимают равным 1 : 2. Вдоль верхней бровки борта карьера сооружают нагорную канаву или вал, защищающий откос от поверхностного стока атмосферных вод и водной эрозии. Надводная часть нижнего уступа переходит в подводную и выполаживается с уклоном 1 : 4 при ширине по горизонтали не менее 10 м. Затем до глубины водоема, равной 2 м, подводная часть откоса имеет заложение 1 : 2, а далее — 1:1.

*Берма – горизонтальная площадка на откосе плотины, ж-д насыпи, канала, придающая откосу большую устойчивость и защищающая его от размыва атмосферными осадками.*

По профилю откоса выделяется несколько зон: нереста рыб, зарослей тростника (подводные части откоса), лесопосадки мягколиственных и твердолиственных пород, опушки которых засаживаются кустарником. При незначительной (до 3—5 м) высоте надводной части борта карьера откос оформляется аналогично описанной выше схеме, но зоны мягколиственных и твердолиственных лесных культур объединяются в одну, а вдоль верхней бровки карьера не сооружаются нагорные канавы или валы. Для сооружения пляжа (если береговая полоса водоема предназначена для купания) подводная часть откоса планируется с уклоном 1 : 10 до глубины водоема 1 м, затем до глубины 2 м откос имеет заложение 1 : 4 и далее — не круче 1 : 1. Надводная часть откоса в пляжной зоне на расстояние не менее 10 м по горизонтали также планируют с уклоном 1 : 10. Далее заложение откоса принимается 1 : 5, и откос в этой зоне залужается.

При использовании крупноплощадных карьеров с бортами, сложенными из рыхлых пород, для сельскохозяйственных или других целей на откосах также создаются сплошные лесопосадки. Схема оформления откоса аналогична описанной выше (рис. 5). Если борт карьера сложен скальными или полускальными породами, угол откоса отдельных уступов принимается значительно круче, но не более 60° (рис. 5).

Весь борт карьера делится бермами на уступы высотой до 12 м. Ширина берм (площадок) — не менее 2 м. Для озеленения на бермы насыпают слой почвы или горных пород (пригодных для биологической рекультивации), которыми засыпается и дно карьера, если он не предназначен для обводнения. Застройка отвалов производится после их усадки (спустя не менее 10 лет после отсыпки), в основном одно- или двухэтажными зданиями.

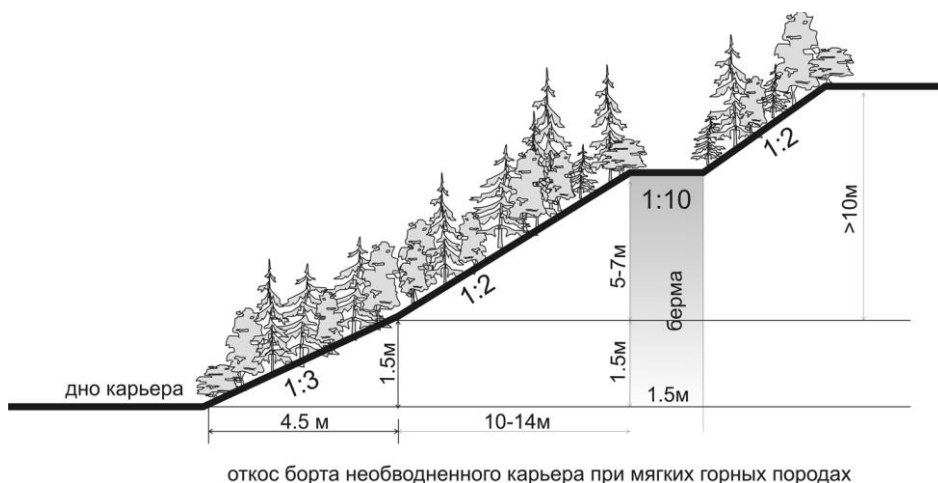


Рисунок 1. Рекультивация откоса борта необводненного карьера при мягких горных породах

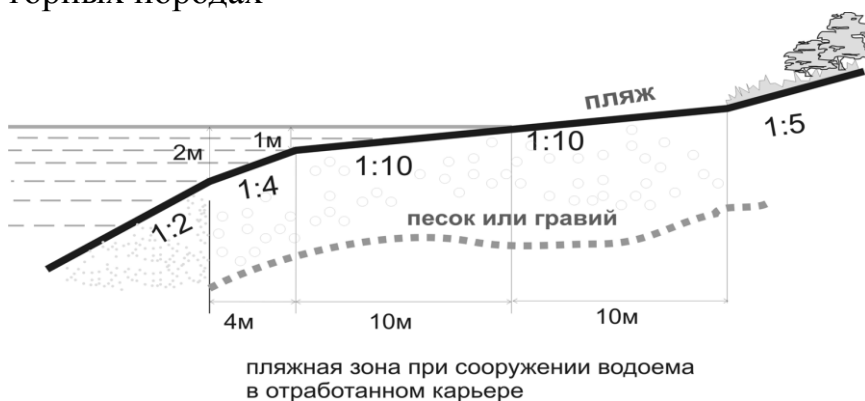


Рисунок 2. Рекультивация борта обводненного карьера

## 9. Практическая работа 9. Элементы управления техносферной безопасностью. Принципы создания экологически чистых технологий

**Цель:** Ознакомиться с экологическими аспектами обеспечения техносферной безопасности.

**Задание:** Ознакомьтесь с текстом. Составьте терминологический словарь. Рассмотрите принципы организации и создание малоотходных производств и технологий. Сделайте конспект, уделив внимание одному принципу из каждой

предложенной группы – расширьте представление о нем за счет конкретных примеров, подобранных самостоятельно.

*Экологически чистые технологии (Purer Technologies)* — методы производства продукции, при которых сырье и энергия применяются настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду веществ и отходов сведены к минимуму. Процессы, лежащие в основе этих технологий, называются экологически чистыми. В современной и зарубежной экологической литературе также встречаются термины «*энвайроментология*» и «*энвайроменталистика*». Первый из них означает комплексную дисциплину об окружающей человека среде, главным образом природной, ее качестве и охране, а второй — техническое приложение энвайроментологии — способы и методы очистки отходящих газов и сточных вод, реутилизации отходов и т.д. В отечественной экологии термин «*энвайроменталистика*» можно заменить термином «*техника защиты окружающей среды*» или «*экозащитная техника*». Экозащитная техника, в свою очередь, базируется на разнообразных физических, химических, биологических и физико-химических процессах. Эти процессы получили название «*экозащитные процессы*». В настоящее время используется две системы защиты среды обитания. Первая из них — очистка вредных выбросов и сбросов промышленных и сельскохозяйственных предприятий, энергетики и транспорта, коммунально-бытового хозяйства, поступающих в среду обитания. В эту систему включена также переработка твердых отходов и защита окружающей среды от энергетических загрязнений. Указанная система защиты среды обитания не позволяет решить проблему кардинально, так как в процессе очистки один вид загрязнений превращается в другой. Например, замена сухих пылеуловителей мокрыми (влажными) повышает степень очистки пылегазовых выбросов, но усиливает одновременно загрязнение водных сбросов за счет образования шлама. Однако эта система защиты на сегодняшний день является наиболее приемлемой для предприятий и других источников загрязнений, имеющих достаточно старое промышленное оборудование и не имеющих возможности полностью его модернизировать. Другая система защиты более радикальна и в то же время более экономична. Она заключается в разработке таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы. Речь идет о создании *малоотходных и безотходных*, т. е. экологически чистых, процессов и технологий, которые максимально сэкономили бы исходное сырье, топливо, материалы, энергию и обеспечивали бы безопасность среды обитания, минимально загрязняя ее. Создание экологически чистого (безотходного) производства — длительный процесс, требующий решения сложнейших взаимосвязанных технологических, экономических, организационных, психологических и других задач. Оно

должно базироваться на определенных принципах, указанных далее применительно к разным сферам.

Технологические процессы:

- разработка новых процессов, снижающих или практически исключаящих образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;
- комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциальных энергоресурсов;
- геотехнологические методы разработки месторождений полезных ископаемых; • безводные методы обогащения и переработки месторождений;
- замена химических процессов с использованием агрессивных сред на инертные;
- замена, при возможности, первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными.

Существует несколько определений понятия «безотходное (малоотходное) производство» (технология). По Н. Ф.Реймерсу: 1. *Безотходная технология* — технология, дающая технически достижимый минимальный объем твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов. Это определение — синоним технологии *малоотходной*. Достижение полной безотходности нереально, так как противоречит второму началу термодинамики.

2. Технология, дающая теоретический достижимый минимум отходов всех видов. По Н.Н.Семенову и И.В.Петрянову-Соколову, безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы обеспечить в рамках человеческих потребностей наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и обеспечить защиту окружающей среды.

Кроме того, безотходное производство (технология) представляет собой такой способ производства продукции, при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы — производство — потребление — вторичные ресурсы, а любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Достижению показателей малоотходной технологии способствует:

Сырье, материалы и энергоресурсы: обоснованность их качества, использование для технологических нужд сырья и материалов не более высокого (например, питьевой воды), а строго определенного качества; предварительная подготовка сырья и топлива, извлечение наиболее токсичных компонентов (например, серы из угля); замена высокотоксичных веществ (например, ртути, кадмия, свинца и др.) менее токсичными; замена, при

возможности, сырья и энергоресурсов нетрадиционными, местными, попутно добываемыми.

Аппаратное оформление: разработка принципиально новых аппаратов, совмещающих в себе ряд процессов; оптимизация размеров и производительности; герметизация; использование новых конструктивных материалов, позволяющих увеличить долговечность аппаратов, уменьшить их массу и т.п.

Готовая продукция: безвредность; длительность использования; обеспечение возможности рециклизации после физического или морального износа; быстрая биоразлагаемость при попадании в окружающую среду (например, широко распространенной тары, упаковочных материалов); удобство эксплуатации.

Организация безотходного производства: принцип системности (является ключевым); цикличность потоков веществ и материалов; возможность комбинирования производства на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов; возможность кооперации производств на основе переработки и утилизации отходов; обоснованность района и площадки строительства с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного производства и других видов хозяйственной деятельности в регионе; создание территориально-производственного комплекса; рациональная организация производства; создание региональных центров (или систем) по обезвреживанию и переработке отходов, прежде всего токсичных.

При организации современного производства необходимо наряду с обеспечением цикличности в использовании природных ресурсов особое внимание уделить снижению количества отходов, особенно токсичных, образующихся в ходе производственных процессов. Создание замкнутых технологических систем проще всего проанализировать на примере бессточных систем водообеспечения. Эти системы являются составной частью малоотходных и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Давно настало время пересмотреть традиционно сложившуюся систему водопользования: вода — использование — очистка — сброс.

Оптимальный вариант замкнутой системы водоснабжения должен быть основан на следующих принципах: на предприятиях должна быть создана единая система водного хозяйства, включающая в себя водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод как подготовку их для повторного использования; свежая вода должна использоваться только для особых целей и восполнения потерь в системах; очистка должна сводиться к регенерации отработанных технологических растворов и воды с целью их повторного

использования в производстве; при этом необходимо создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения (они служат основными звеньями замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий); методы, применяемые для регенерации технологических растворов и воды, должны обеспечивать одновременное извлечение ценных компонентов и доведение образующихся отходов до товарного продукта или вторичного сырья.

На смену дифференцированному подходу к разработке основных технологий, систем водоснабжения и методов очистки сточных вод должна прийти разработка системы водного хозяйства промышленных предприятий, включающая в себя оптимизацию использования воды во всех операциях, производствах и цехах, регенерацию отработанных растворов с одновременным извлечением ценных компонентов и получением новых видов товарной продукции. Проектирование систем водопользования должно осуществляться одновременно с проектированием основной технологии с учетом научно обоснованных требований к качеству воды и правил ее использования (они должны определять, где, как, сколько и какого качества воду следует использовать). При этом регенерация рассматривается не как вспомогательная, а как основная завершающая операция производства товарного продукта. В настоящее время есть возможность во многих отраслях промышленности предусмотреть замкнутые системы водоснабжения. На многих предприятиях такие системы уже созданы. В ряде случаев стоимость очистки сточных вод для повторного использования их в системе промышленного водоснабжения может быть значительно ниже стоимости их очистки при выпуске в водный объект. Необходимо отметить, что экологически замкнутые территориально-промышленные комплексы (ТПК) лучше создавать на стадии проектирования. Системный подход к их созданию с полной утилизацией отходов — одно из наиболее конструктивных направлений в решении экологических проблем. Основой для создания экологически замкнутых комплексов служит анализ энерго- и массообмена существующего или проектируемого промышленного комплекса с окружающей средой в рамках определенной территории.

## **10. Практическая работа 10. Классификация экозащитных процессов**

**Задание:** ознакомьтесь с классификацией экозащитных процессов.

Классификация экозащитных процессов (по аналогии с классификацией химико-технологических процессов) может быть проведена в зависимости от

разных факторов: от фазового состояния вещества (т.е. от размера частиц примесей) в растворе или воздухе, количества и состава загрязнений, скорости протекания процессов, природы протекающих процессов.

### **Экологические особенности экозащитного процесса**

В каждом случае создания экозащитного процесса необходимо учитывать не только его технические характеристики, но и экономические показатели. На сегодняшний день, когда на решение экологических проблем выделяются незначительные средства, предпочтение отдается простым, дешевым и высокопроизводительным экозащитным процессам и технологиям, позволяющим в первую очередь обеспечить защиту окружающей среды от токсичных веществ, содержащихся в выбросах и сбросах промышленных предприятий.

При увеличении затрат на решение экологических проблем возможна разработка более сложных, комплексных и универсальных технологий, позволяющих не только защитить окружающую среду от загрязнения токсичными веществами, но и в значительной степени перерабатывать (рекуперировать) эти вещества, т. е. осуществить задачу создания экологически чистого (малоотходного) производства. Анализируя экологические факторы при выборе технологической схемы экозащитного процесса, необходимо учитывать фоновое загрязнение. Фоновая концентрация токсичного вещества является геофизическим показателем загрязнения окружающей среды в отличие от санитарного показателя — величины ПДК.

В настоящее время используют три экологические концепции: *концепция воздушной среды* как главного фактора создания экологической ситуации в промышленном регионе, *концепция водооборота* промышленного региона как фактора его жизнеобеспечения и *концепция депонирующих сред*. Они позволяют провести оценку состояния окружающей среды в промышленном регионе. Однако при решении основной задачи промышленной экологии — инженерной защиты окружающей среды от производственных и транспортных загрязнений, данные положения являются слишком общими.

При организации экологически чистого производства должны применяться следующие способы.

1. Подавление выделения или замедление скорости образования вредных веществ в источнике их образования (на уровне единичного технологического процесса).

2. Использование эффективных экозащитных процессов для локальной очистки стоков и снижение концентраций образующихся вредных веществ до безопасных значений.

3. Создание ресурсосберегающих замкнутых технологических (ресурсных и сырьевых) циклов производств, практически не загрязняющих окружающую среду.

Реализовать первый из перечисленных принципов можно путем замены токсичных материалов, используемых в технологическом процессе, на нетоксичные. Примером этого может служить замена токсичных цианидов, входящих в состав электролитов, на нетоксичные вещества при нанесении гальванических покрытий. Этот принцип можно также осуществить за счет использования специально подобранных реагентов, позволяющих эффективно провести технологический процесс с одновременным подавлением образования загрязняющих окружающую среду веществ. Кроме того, правильно организованная операция улавливания стекающих избытков электролита с поверхности изделий при хромировании значительно сокращает его вынос из гальванической ванны в ванну промывки, тем самым уменьшая концентрации загрязняющих веществ в конце процесса. Кроме использования соответствующих реагентов и материалов данный принцип можно осуществить, регулируя основные параметры технологического процесса (например, изменение рН среды, выбор оптимальных технологических параметров оборудования или подбор скорости пропускания воды).

## **11.Список рекомендованной литературы и сайтов Интернет-ресурса**

1.Сотникова, Е.В. Теоретические основы процессов защиты среды обитания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Сотникова, В.П. Дмитренко, В.С. Сотников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 576 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53691>. — Загл. с экрана.

2.Рыкованов, В.А. Системы защиты среды обитания: практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Рыкованов, А.Д. Цветкова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2013. — 49 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45738>. — Загл. с экрана.

3.Степановских А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды: Учебник для вузов.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.-751с.



4.Незнамова Е.Г. Учебное пособие по дисциплине «Системы защиты среды обитания»: для подготовки бакалавров по направлениям 05.03.06(022000) - «Экология и природопользование», 20.03.01 (280700) «Техносферная безопасность» / Незнамова Е. Г. – 2014. 69 с. <https://edu.tusur.ru/training/publications/4730>.

5.Незнамова Е.Г. Основы коррекции экологических ситуаций в трех средах: Учебно-методическое пособие.- Томск, ТУСУР, 2007.- 154с.

6.Основы коррекции и оздоровления ситуаций в трех средах: Учебное пособие / Незнамова Е. Г. - 2016. 109 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/6226>

7.Розанов С.И. Общая экология: Учебник для технических направлений и специальностей. 3-е изд., стер.- СПб.: Изд-во «Лань», 2003.- 288с.

8.Защита окружающей среды урбанизированных территорий: Учебное пособие / Незнамова Е. Г. - 2016. 26 с.: Научно-образовательный портал ТУСУР, <https://edu.tusur.ru/publications/6570>

9.Кривошеин Д.А. Системы защиты среды обитания. В 2 т. Т. 1 : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Д.А.Кривошеин, В.П.Дмитренко, Н.В.Федотова. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 352 с. — (Сер. Бакалавриат). ISBN 978-5-4468-0292-0

10.Экология производства: научно-практический портал: [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.ecoindustry.ru/> (дата обращения 17.06.2018)

11.Ресурс, ориентированный на всех, кто интересуется вопросами охраны окружающей среды и нуждается в научной информации: [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazydannyh/greenfile> (дата обращения 17.06.2018).

12.Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования: [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) (дата обращения 17.06.2018).

13. Электронная библиотека литературы, правовой, справочной, посвященной рекультивации земель : [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://eco-profi.info/index.php/rekult/liter-rekult.html> (дата обращения 25.06.2018).

14. Электронная библиотека литературы, посвященной очистке сточных вод: [Электронный ресурс] — Режим доступа:

[http://vitak.ru/semiar\\_txt.php?st=11%20&%20id3=1](http://vitak.ru/semiar_txt.php?st=11%20&%20id3=1) (дата обращения 12.06.2018).

15. Курсы лекций по основам природообустройства и защите окружающей среды : [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://ekologyprom.ru/osnovy-prirodoobustrojstva-i-zashhity-okruzhayushhej-sredy.html> (дата обращения 12.06.2018). -

16. Учебно-методический комплекс по экологическим дисциплинам: [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://ekologyprom.ru/uchebno-metodicheskij-kompleks-po-discipline-lekologiyar.html> - (дата обращения 25.06.2018).

17. Ветошкин, А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72577> - (дата обращения 25.06.2018).