



Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Башкирский государственный аграрный университет»

Б1.В.12 Инженерная защита  
окружающей среды и  
управление отходами

Кафедра природообустройства,  
строительства и гидравлики

## **Б1.В.12 Инженерная защита окружающей среды и управление отходами**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим занятиям

Направление подготовки  
20.03.02 Природообустройство и водопользование  
Квалификация (степень) выпускника  
бакалавр

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета природопользования и строительства (протокол №7) от 24 марта 2022 г.

Составитель: профессор Минигазимов Н. С.

Рецензент: профессор Хафизов А. Р.

Ответственный за выпуск: Зав. кафедрой природообустройства, строительства и гидравлики к.т.н., доцент Хасанова Л.М.

г. Уфа, БГАУ, кафедра природообустройства, строительства и гидравлики

Практическое занятие №1

## КОНТРОЛЬ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

### Введение

В результате техногенного воздействия на почвы происходит их нарушение и загрязнение. Наиболее опасным видом воздействия является загрязнение почв.

Промышленное загрязнение почв идет в основном через атмосферу путем осаждения паров, аэрозолей, пыли, сажи или растворенных веществ с дождем, снегом, сухими выпадениями. В воздух основная доля загрязнителей поступает из дымовых труб и вентиляционных каналов, а также путем развеивания отвалов, терриконов, хвостохранилищ и т.п., при аварийных выбросах в атмосферу. Большая часть их осажается вблизи (1-2 км) предприятий и других источников загрязнения, некоторая часть загрязнителей разносится в атмосфере на расстояние 10-15 км в соответствии с розой ветров в данной местности, а определенная доля поступает в верхние слои атмосферы и разносится на многие сотни и тысячи километров. Радиоактивные загрязнители (например, при Чернобыльской аварии) были зарегистрированы в почвах Канады и Японии: следы промышленных загрязнителей регистрируются на территории Антарктиды.

Загрязнение почв происходит не только в результате аэрогенных выпадений, но и при поступлении на рельеф местности ирригационных поверхностных стоковых, паводковых и грунтовых вод, при непосредственном внесении химических веществ в сельском и лесном хозяйстве: за счет поступления на поверхность почвы токсичных компонентов из отвалов, свалок, мест складирования продукции или отходов; за счет разливов нефти. Каждый источник загрязняющих веществ характеризуется своими особыми путями поступления токсикантов в почву.

При обосновании перечня веществ, подлежащих контролю в почвах, учитывают классификацию химических веществ по степени их опасности.

В таблице 1 приведены классы загрязняющих веществ согласно ГОСТ 17.4.1.02-83. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

Таблица 1 – Классы загрязняющих веществ по степени их опасности

Класс	Химическое вещество
Высокоопасные, I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, фтор, бенз(а)пирен
Умеренно опасные, II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
Малоопасные, III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

## ПРАВИЛА ОТБОРА ПРОБ ПОЧВЫ

Отбор проб почв производится в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб и ГОСТ Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

Отбор проб для контроля загрязнения почв и оценки качественного состояния почв проводят на участках естественного и нарушенного сложения.

Отбор проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа проводят не менее 1 раза в год, для контроля загрязнения тяжелыми металлами – не менее 1 раза в 3 года. Для контроля загрязнения почв детских садов, лечебно-профилактических учреждений и зон отдыха отбор проб проводят не менее 2 раз в год – весной и осенью.

При изучении динамики самоочищения почвы отбор проб проводят в течение первого месяца еженедельно, а затем ежемесячно в течение вегетационного периода до завершения активной фазы самоочищения. На территории, подлежащей контролю, проводят рекогносцировочные выезды. По данным рекогносцировочного выезда и на основании имеющейся документации заполняют паспорт обследуемого участка и делают описание.

При контроле загрязнения почв промышленными предприятиями пробные площадки намечают вдоль векторов «розы ветров». При неоднородном рельефе местности пробные площадки располагают по элементам рельефа.

На карты или планы наносят расположение источника загрязнения, пробных площадок и мест отбора точечных проб. Пробные площадки располагают в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. Пробные площадки закладывают на участках с однородным почвенным и растительным покровом, а также с учетом хозяйственного использования основных разностей и делают их подробное описание.

Для контроля загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от характера источника загрязнения, возделываемой культуры и рельефа местности на каждые 0,5-20,0 га территории закладывают не менее одной пробной площадки размером не менее 10×10 м.

Для контроля санитарного состояния почвы в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки закладывают на площади, равной 3-кратной величине санитарно-защитной зоны. Для контроля санитарного состояния почв на территории расположения детских садов, игровых площадок, выгребов, мусорных ящиков и других объектов, занимающих небольшие площади, размер пробной площадки должен быть не более 5×5 м.

Точечные пробы почвы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических

горизонтов или слоев данного типа почвы. Количество точечных проб должно соответствовать требованиям ГОСТ 17.4.3.01-83. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефтью, нефтепродуктами, тяжелыми металлами и др. – точечные пробы отбирают послойно с глубины 0-5 и 5-20 см, массой не менее 200г каждая.

Для контроля загрязнения легкомигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля. При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения. Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов.

Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхность керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола или пластмассовым шпателем.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, следует сразу поместить во флаконы или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, следует отбирать только в стеклянную тару.

Все объединенные пробы должны быть зарегистрированы в журнале и пронумерованы. На каждую пробу должен быть заполнен сопроводительный талон. В процессе транспортировки и хранения почвенных проб должны быть приняты меры по предупреждению возможности их вторичного загрязнения.

Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-84. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или таре.

#### Задание

Используя формулы и классификацию химических веществ, как основных загрязнителей почв, провести интегральную оценку уровня химического загрязнения почв.

Интегральную оценку уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводят по следующим показателям: коэффициенту концентрации химического вещества ( $K_c$ ), который определяется отношением его реального содержания в почве ( $C$ ) к фоновому ( $C_f$ ):

$$K_c = C/C_{\phi},$$

а также по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ), равному сумме коэффициентов концентрации химических элементов и выраженному формулой

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

где  $n$  – число суммируемых элементов.

Анализ распределения данных интегральных показателей, получаемых в результате исследования почв, в соответствии с «Методическими рекомендациями по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами» (1982 г.) позволяет определить пространственную структуру загрязнения селитебных территорий.

Оценку опасности и загрязнения почв комплексом металлов по показателю  $Z_c$ , отражающему дифференциацию загрязнения почв металлами и другими, наиболее распространенными ингредиентами, проводят по оценочной шкале, приведенной в таблице 2.

Таблица 2 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ).

Категория загрязнения почв	Величина ( $Z_c$ )	Изменение показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечнососудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Градации оценочной шкалы разработаны на основе результатов изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

При оценке загрязненности почв тяжелыми металлами в зонах влияния различных производств выявлены характерные ассоциации элементов и установлена различная интенсивность их накопления. Усредненные результаты по накоплению тяжелых металлов в зоне влияния предприятий приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Накопление химических элементов в почвах в зоне влияния промышленных предприятий и других источников загрязнений.

Источник загрязнения	Тип производств	Коэффициент концентрации (K <sub>c</sub> )	
		более 10	от 2 до 10
Цветная металлургия	Производство цветных металлов непосредственно из руд и концентратов	Свинец, цинк, медь, серебро	Олово, висмут, мышьяк, кадмий, сурьма, ртуть, селен
	Вторичная переработка цветных металлов	Свинец, цинк, олово, медь	Ртуть
	Производство твердых и тугоплавких цветных металлов	Вольфрам	Молибден
	Производство титана	Серебро, цинк, свинец, бор, медь	Титан, марганец, молибден, олово, ванадий

## Практическое занятие № 2

### НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ

#### Введение

Понятие нормирования качества воды заключается в установлении совокупности доступных значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Нормы качества воды водоемов и водотоков для условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования определяются следующими требованиями.

Водные объекты или их части отвечают требованиям к качеству источни А хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. К культурно-бытовому водопользованию относятся использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Требования к качеству воды, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест, независимо от вида их использования.

К рыбоохранному водопользованию относятся использование водных объектов для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов. Рыбохозяйственные водные объекты и их участки могут относиться к одной из трех категорий:

- к высшей категории относятся места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других водных животных и растений;
- к первой категории относятся водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;
- ко второй категории относятся водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей;

Нормы качества воды водных объектов включают:

- общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов для различных видов водопользования;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд населения;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях.

Для всех нормированных веществ при рыбохозяйственном водопользовании и для веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности при хозяйственно-питьевом и культурно-бытовом водопользовании, при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + C_n/ПДК_n < 1$$

Сброс сточных вод в водные объекты является одним из видов специального водопользования и осуществляется на основании разрешений, выдаваемых в установленном порядке органами охраны природы и бассейнового управления по согласованию с органами Государственного надзора, с учетом требований рыбного хозяйства.

Условия отведения сточных вод в водные объекты определяются с учетом:

- а) степени смешения сточных вод в водном объекте на расстоянии от места выпуска сточных вод до ближайшего контрольного створа;
- б) фонового состава и свойств воды водных объектов в местах выпуска сточной воды;

На основании расчетов для каждого выпуска сточных вод устанавливаются нормативно-допустимые сбросы (НДС) веществ, соблюдение которых должно обеспечивать нормативное качество воды в контрольных створах водных объектов или

неухудшение сформировавшихся под влиянием природных факторов состава и свойств воды, качество которой хуже нормативного.

Нормативно допустимый сброс вещества в водный объект (НДС) – масса вещества в возвратной воде, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе или не ухудшения сформировавшегося качества воды, если оно хуже нормативного;

НДС устанавливается для каждого контрольного показателя с учетом фоновой концентрации, категории водопользования, норм качества воды в водном объекте, его ассимилирующей способности и оптимального распределения между водопользователями массы веществ, сбрасываемых с возвратными (сточными) водами.

Расчет НДС целесообразно производить одновременно для всех водопользователей расчетного бассейна или водохозяйственного участка с рассмотрением взаимного влияния выпусков сточных вод;

При установлении НДС расчетный расход сбрасываемых сточных вод принимается как максимальный среднечасовой за фактический период сброса сточных вод.

#### Задание

По формулам и исходным данным согласно вариантам провести расчет разбавления сточных вод речной водой при их сбросе в реку сосредоточенным выпуском.

Расчет производить согласно приведенному ниже примеру.

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА РАЗБАВЛЕНИЯ (гидравлический расчет)

Расчет производится на примере г.Учалы. Сточные воды города поступают в р.Урал; р. Урал является рыбохозяйственным водоемом. В районе г.Учалы осетровых в реке нет. Ихтиофауна представлена язем, щукой, голавлем и т.д. Зимовальных ям нет, также как и участков массового нагула рыб.

В месте выпуска очищенных сточных вод долина р. Урал имеет корытообразную форму, ширина долины 2-3 км. Склоны поросли редким березовым лесом. Часть долины распахана или поросла луговой растительностью. Берега заросли травой и черемуховым кустарником.

Пойма двухсторонняя, ширина правобережной поймы 30-40 м, левобережной – 120- 130 м, левобережная пойма заболочена. Русло реки в плане извилистое, имеются старицы, много перекаатов. Ширина русла в районе расчетного створа 7-8 м, дно песчано-илистое. Деревня Юлдашево: расстояние от устья 2378 км, площадь водосбора 733 м<sup>2</sup>, расчетный створ расположен в 68 км ниже плотины у с. Ильтибаново.

В течении года вода р. Урал отличается небольшой минерализацией и гидрокарбонатным кальциевым составом. Наименьшая минерализация воды характерна для периода весеннего половодья (апрель-май). Количество растворенных солей в это время составляет 100-150 мг/л, в летний период минерализация воды увеличивается до 250-300 мг/л, достигая зимой 350 мг/л.

В таблице 4 приведены средние концентрации некоторых веществ в речной воде.

Таблица 4

<b>Вещество</b>	<b>ПДК,мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>Факт,мг/дм</b>
Нефтепродукты	0,05	0,82
Медь	0,001	0,05
Цинк	0,01	0,16
Хром+6	0,001	0,058

На первом этапе расчета нормативно-допустимого сброса (НДС) определяем предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в сточных водах. Расчетная формула при выпуске сточных вод в водоток для определения  $C_{ндс}$  без учета консервативности загрязняющего вещества имеет вид:

$$C_{ндс} = n(C_{пдк} - C_{ф}) + C_{ф}$$

где,  $C_{пдк}$  - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ф}$ - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока в месте выпуска сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>;

$n$ - кратность общего разбавления сточных вод в водотоке.

Фоновые концентрации загрязнения в р. Урал приняты по данным Бельского бассейнового управления. Фоновые концентрации в р. Урал по тем загрязнителям, данные о которых отсутствуют, приняты на уровне ПДК в воде водоемов рыбохозяйственного значения I категории.

Очищенные сточные воды сбрасываются сосредоточенным выпуском в р. Урал. Минимальный расход воды в р. Урал 95% - ной обеспеченности (летне-осенняя межень) - 0,328 м<sup>3</sup>/сек.

Средняя скорость течения в реке  $V_{ср}$  - 0,42 м/сек.

Расход сточных вод  $q = 0,197$  м<sup>3</sup>/сек.

Средняя глубина реки  $H_{ср}$  - 0,85 м.

Скорость истечения сточных вод в реку - 0,15 м/сек. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой – 484 м.

Коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод р. Урал, при выпуске их у берега,  $\Psi = 1,0$ .

Определяем коэффициент турбулентной диффузии:

$$E = V_{cp} / H_{cp} / 200 = 0,42 * 0,85 / 200 = 0,0007$$

Определяем коэффициент извилистости русла р. Урал, равный отношению расстояния от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру  $L_\phi$  к расстоянию между этими пунктами по прямой, т.е.:

$$\phi = L_\phi / L_{пр} = 500 / 484 = 1,03$$

Определяем коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения (для случая выпуска сточных вод в водотоки):

$$\alpha = \Psi \cdot \phi \cdot \sqrt{QE/q} = \sqrt[3]{1,0 \cdot 1,03 \cdot (0,328 \times 0,0007) / 0,197} = 0,108$$

тогда коэффициент смешения:

$$\gamma = 1 - e^{-\alpha^3 \sqrt{L_\phi} / (1 + Q/q)} = 1 - e^{-0,108^3 \sqrt{500} / (1 + 0,328 / 0,197)} = 0,34$$

Определяем кратность разбавления в расчетном створе:

$$n = \frac{Q\gamma + q}{q} = \frac{0,34 \times 0,328 + 0,197}{0,197} = 1,57$$

Створ полного смешения отводимых сточных вод с водой р. Урал определяем по формуле:

$$L_{см} = \frac{[2,3 \cdot \lg Q(\gamma + q)]}{\alpha \cdot (1 - Q/q)}$$

$$L_{см} = \frac{[2,3 \cdot \lg 0,34 \times 0,328 + 0,197]^3}{0,108 \cdot (1 - 0,34) \times 0,197} = 799,2 \text{ м}$$

## Введение

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются выбросы вредных веществ от источников предприятия и выхлопные газы автомобилей и других транспортных средств. Среди предприятий отраслей экономики наибольшую долю в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферу занимает топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – более 30%, черная и цветная металлургия (в сумме более 30 %), нефтехимия и нефтепереработка (15%), промышленность стройматериалов (более 8%).

Более 50% всех выбросов представлены твердыми частицами (пыль, зола и др.), поэтому широко распространены различные методы и устройства для их удаления из выбросов предприятий. Это, в первую очередь, механические устройства для улавливания твердых частиц – пыле-и-золоуловители инерционного и центробежного типа, фильтры и т.п. Рассмотрим основные характеристики сухих золоуловителей, чаще всего применяемых в практике очистки выбросов в атмосферу от пылеобразных частиц.

Эффективность работы газоочистных устройств во многом зависит от физико-химических свойств улавливаемой золы и поступающих в золоуловитель дымовых газов. Основные характеристики золы: плотность, дисперсный состав, электрическое сопротивление (для электрофильтров), слипаемость.

Плотность частиц летучей золы  $\rho_{\text{ч}}$  для большинства углей составляет 1900...2500 кг/м<sup>3</sup>. Плотность – отношение массы частиц золы к занимаемому ею объему, включая объемы пор и газовых включений.

Параметр золоулавливания можно представить в виде произведения двух безразмерных параметров:

$$\Pi = \Phi K,$$

где  $\Phi$  – геометрический параметр (параметр формы) золоуловителя, представляющий собой отношение поверхности осаждения к поперечному сечению для прохода газов,  $\Phi = A/F_{\text{г}}$ ;  $K$  – кинематический параметр, являющийся отношением скорости дрейфа частиц золы на поверхность осаждения к средней скорости потока газов в золоуловителе,  $K = v/u$ .

Степень улавливания золоуловителя тем выше, чем больше произведение этих параметров.

Более эффективны мокрые золоуловители, которые могут улавливать мелкодисперсные частицы. Конструктивно мокрые пылеуловители разделяют на скрубберы Вентури, форсуночные и центробежные скрубберы, аппараты ударно-инерционного типа, барботажно-пенные аппараты и др.

Простейший тип мокрого золоуловителя – центробежный скруббер. Главное отличие его от сухого инерционного – наличие внутренней стенки корпуса золоуловителя стекающей пленки воды. Отсепарированная за счет центробежных сил зола лучше отводится из

скруббера в бункер. При этом уменьшается вторичный захват зольных частиц со стенки газовым потоком.

#### Задание

Используя приведенные формулы и исходные данные по своему варианту, необходимо рассчитать количество золы, удаляемой с дымовыми газами от котлоагрегатов различной мощности и долю твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе.

Расчеты проводить в соответствии с примером расчета, приведенном ниже.

Методика предназначена для расчета выбросов вредных веществ с газообразными продуктами сгорания при сжигании твердого топлива, мазута и газа в топках промышленных и коммунальных котлоагрегатов и теплогенераторов (малометражные отопительные котлы, отопительно-варочные аппараты, печи производительностью до 30 т/ч).

При сжигании твердого топлива наряду с основными продуктами сгорания ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ) в атмосферу поступают: летучая зола с частицами несгорающего топлива,  $\text{SO}_2$ ; при сжигании мазутов с дымовыми газами выбрасываются оксиды серы, диоксид азота, твердые продукты неполного сгорания и соединения ванадия. При сжигании природного газа с дымовыми газами выбрасывается диоксид азота, оксид углерода.

Количество золы и несгорающего топлива, выбрасываемого в атмосферу с дымовыми газами от котлоагрегата при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{ТВ}} = B A^p f (1 - \eta_3)$$

где  $B$  - расход натурального топлива, т/год, г/с;

$A^p$  - зольность топлива в рабочем состоянии;

$f$  - коэффициент, зависящий от типа топки (табл.7);

$\eta_3$  - доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

$$F = \alpha_{\text{ун}} / (100 - \Gamma_{\text{ун}}),$$

где  $\alpha_{\text{ун}}$  - доля золы, уносимой дымовыми газами;

$\Gamma_{\text{ун}}$  - содержание горючего в уносимых газах, %; в отсутствии эксплуатационных данных

$\Gamma_{\text{ун}}$  принимаются в соответствии с потерей тепла  $g$  от механической неполноты сгорания топлива, % по нормам теплового расчета котельных агрегатов (нормативный метод).

Для выбора и расчета золоуловителей большое значение имеет распределение частиц по размерам - дисперсный состав. О частицах судят по размеру наименьшего отверстия сита, через которое частица диаметром  $d$  проходит при просеивании.

Основной показатель эффективности золоуловителя - степень золы

$$\eta = (C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) / C_{\text{вх}}, \text{ где}$$

$C_{\text{вх}}$  – количество или концентрации золы на выходе золы на выходе, кг/с

$C_{\text{вых}}$  – соответственно на выходе золоуловителя.

Параметр золоулавливания «П» равен

$$П = v \cdot A/V, \text{ где}$$

$v$  – скорость дрейфа частиц, м/с

$A$  – площадь поверхности канала золоулавливания, м<sup>2</sup>

$V$  – расход газа (воздуха), м<sup>3</sup>/с

$$V = u \cdot F_r, \text{ где}$$

$u$  – скорость газа в сечении золоуловителя, м/с

$F_r$  – площадь поперечного сечения для прохода газа, м<sup>2</sup>

Значения  $A^p$ ,  $\alpha_{\text{ун}}$ ,  $\Gamma_{\text{ун}}$ ,  $\eta_3$  принимаются по фактическим средним показателям; в отсутствие  $A^p$  определяется по фактическим сжигаемого топлива, величина  $\eta_3$  - по техническим данным золоуловителей.

Пример. Определить количество золы, удаляемой с дымовыми газами от котлоагрегата производительностью по пару 2,5 т/ч при сжигании в нем каменного угля марки ОС Кузнецкого бассейна.

Решение. Зольность топлива на рабочую массу составляет  $A^p=27,9\%$ . Коэффициент  $f$  для каждого угля и топки с неподвижной решеткой и ручным забросом топлива составляет  $f = 0,0023$ . Расход топлива в 1 с:  $V_c=210/3600=0,058$  кг/с.

Расход топлива в год  $G_{\text{год}} = 720$  т/год. Эффективность золоуловителя циклонного типа  $\eta_3 = 70\%$  или  $0,7$ .

Количество золы, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами:

За 1 с  $M_{\text{тв.с}} = 0,0023 \times 0,058 \times 27,9 \times (1-0,7) = 0,001$  г;

За 1 год  $M_{\text{тв.год}} = 720 \times 0,0023 \times 27,9 \times (1-0,7) = 13,885$  т.

#### Практическое занятие № 4

### ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ШУМА

#### Введение

Шум от источников распространяется в окружающей среде в виде волн, параметры которых изменяются в пространстве и времени. Источниками шума являются транспорт, машины, разнообразное производственное оборудование, буровзрывные и другие работы.

В последние десятилетия защита от шума становится одной из актуальных проблем для всех стран мира.

Учеными установлено, что полностью исключить шум невозможно. Поэтому для людей и различных видов машин, приборов и технологий в каждом конкретном случае важно установить пределы допустимых параметров этих воздействий.

Целью данной работы является выполнение необходимых расчетов по уровню шума и разработка плана мероприятий по борьбе с шумом в жилой застройке в соответствии с санитарно-гигиеническими и техническими нормами.

### **ЗАДАНИЕ**

Используя формулы и порядок определения шума в пределах жилого массива, приведенные в методических указаниях, выполнить расчеты и дать рекомендации по защите от шума. Если нормы шума по первоначальным расчетам в пределах жилого массива или другого приемника шума не достигаются, необходимо выполнить дополнительные расчеты и дать рекомендации по какому-то действию, вплоть до достижения норм.

Отчет по выполняемой работе: составить таблицу, включающую расчеты ожидаемого уровня шума в сравнении с предельными допустимыми уровнями шума на территории жилой застройки, план мероприятий по снижению шума в городской застройке, подкрепленный обоснованием и дополнительными расчетами.

#### **Мероприятия по обеспечению норм шума в жилом массиве**

Шум отрицательно влияет на здоровье людей, вызывая ряд серьезных заболеваний. В соответствии с «Санитарными нормами допустимого шума» устанавливается его уровень в жилых домах, расположенных вблизи предприятий и транспортных магистралей, - не выше 35 дБ днем, до 25 дБ – в ночное время. В соответствующем разделе проекта необходимо выполнить расчет по уровню шума и наметить план мероприятий по борьбе с шумом в жилой застройке. Для расчета уровня шума следует учитывать закономерности распределения шума в приземном пространстве в условиях города или, иными словами, законы физики звуковых волн. Приведем формулу определения уровня шума в городских условиях:

$$Y_n = Y_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - \dots, \quad (1)$$

где  $Y_n$  – уровень шума на интересующем нас расстоянии  $n$  метров от источника шума;

$Y_7$  – уровень шума на расстоянии 7 м от источника шума;

$X_1$  – снижение шума в результате сферического характера распространения волн в атмосфере;

$X_2$  – снижение шума под влиянием неровностей поверхности земли;

$X_3$  – снижение шума под влиянием зеленых насаждений;

$X_4$  – снижение шума экранирующими устройствами.

Уровень шума, например, в 7 м от крайнего ряда автомобилей у проезжей части дороги определяется по формуле:

$$Y_7 = 46 + 11.8 * \lg N \sum X_z \quad (2)$$

где  $N$  – интенсивность движения автотранспорта, авт/ч;

$X_z$  – сумма поправок, учитывающая отклонения условий от типичных; она находится по формуле:

$$\sum X_z = \pm X_N + X_V + X_j + X_{тр}, \quad (3)$$

$X_N$  – соотношение общественного и тяжелого грузового транспорта в потоке, увеличивается на 1 дБ на каждые 10% отклонения от 60%-го соотношения автомобилей с карбюраторными двигателями к общему количеству автомобилей;

$X_V$  – поправка на отклонение скорости движения (+1 дБ на каждые 10% отклонения скорости от 40 км/ч);

$X_j$  – поправка на уклон дороги (+1 дБ на каждые 2 промилле);

$X_{тр}$  – при движении трамвая по средней части улицы поправка составляет +3 дБ.

На практике уровень шума замеряется шумомером, и в условиях городских магистралей в часы «пик» уровень шума ( $Y_7$ ) составляет порядка 80 дБ. Рассчитаем уровень шума на интересующем нас расстоянии от автомагистрали. Например, на расстоянии  $r_n$  – 100 м уровень шума снизится на величину  $X_1$ :

$$X_1 = 10 \lg(r_{100}/r_7) = 10 \lg(100/7) = 11.5 \text{ (дБ)}, \quad (4)$$

где  $r_{100}$  – точка в 100 м от источника шума;

$r_7$  – точка на расстоянии 7 м от источника шума, где осуществляется замер шумомером.

$$X_2 = K_2 * X_1, \quad (5)$$

где  $K_2$  – коэффициент поглощения шума, составляющий для асфальта – 0.9, для открытого грунта – 1, для газона – 1.15.

$$X_3 = K_3 * X_1, \quad (6)$$

где  $K_3$  – коэффициент снижения звуковой энергии зелеными насаждениями, составляющий 1.2 для полосы из 2 рядов деревьев шириной 6 м, средней густоты, с кустарником и 1.5 – для той же полосы с сомкнутыми кронами высотой не менее 7 м с подлеском и кустарником.

Таблица 5 Снижение шума за счет экранирующего устройства

Эмпирический параметр, W	Снижение уровня шума $x_4$ , дБ	Эмпирический параметр, W	Снижение уровня шума $x_4$ , дБ
1.0	14	3.0	23

1.5	17	3.5	24
2.0	19	4.0	25
2.5	22	4.5	26

$x_4$  – определяется по таблице 1 после расчета параметра по формуле:

$$W=1.414h/\sqrt{\lambda}*\sqrt{a+b/ab}, \quad (7)$$

где  $\lambda$  - длина волны, м (при 500 Гц  $\lambda = 0.68$  м);

$h$  – высота экрана, м; экраном может служить здание, сплошной забор и другие сооружения;

$a$  – расстояние от источника шума до экрана, м;

$b$  – расстояние от экрана до исследуемой точки, м.

Например, при  $a = 7$  м,  $b = 93$  м,  $h = 4.6$  м,  $\lambda = 0.68$  м.

$$W=1.414 \cdot 4.6 / \sqrt{0.68} \cdot \sqrt{100/651} = 3.1$$

При  $W = 3.1$ ,  $X_4 = 23$  дБ.

В нашем примере расчетный уровень шума на расстоянии 100 м от источника составит:

$$Y_{100} = 80 - 11.5 - 11.58 - 3.25 - 23 = 20.75 \text{ дБ.}$$

Таким образом, предельно допустимый уровень (ПДУ) шума на территории жилой застройки не превышен как в дневное, так и в ночное время. Если уровень шума выше предельно допустимого, то разрабатывается план мероприятий по его снижению в жилом массиве, обоснование которого подтверждается дополнительными расчетами с использованием формул 1-7. Нужно добиться, чтобы уровень шума не превышал ПДУ. В случае необходимости проложения автодороги через населенный пункт, при невозможности его обхода, следует предусмотреть установку шумопоглощающих и шумоотражающих барьеров и устройство земляных валов, посадку густых кустарников и деревьев и др.

Практическое занятие № 5  
**МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ОБРАЗОВАНИЕМ ОПОЛЗНЕЙ И  
 ОБРАГООБРАЗОВАНИЕМ**

Введение

Чтобы назначить правильные мероприятия по борьбе с оползнями в каждом конкретном случае, необходимо установить, причины их возникновения.

Эти причины можно разделить на две основные группы:

- статистико-динамические, вызванные ухудшением внешних условий устойчивости склона;
- консистентно-структурные, вызванные ухудшением внутренних условий устойчивости склона, т.е. уменьшением коэффициента трения и сил сцепления.

Оползни классифицируют по вызывающим их причинам:

- по чрезвычайным причинам – землетрясение, катастрофические осадки, сильное наводнение, ускоренная эрозия от волнового воздействия и разжижение;
- известным или обычным причинам, которые могут быть объяснены с помощью традиционных теорий;
- неизвестным причинам.

Оползневые явления разделяют по структуре оползневого склона и виду смещения:

- на асекветные – в однородной неслоистой среде, по однородной кривой скольжения;
- консекветные – по наклонной поверхности слоев или границе раздела пород: по наклонной плоскости слоев: почвенно-растительный покров по подпочве (сплавы); делювий по коренным породам (осовы); по системе наклонных трещин;
- инсекветные – врезающиеся в горизонтальные или наклонно залегающие слои пород: с отрывом верхней части и скольжением нижней по глинистой породе: с отрывом верхней части и оплыванием нижней части по неоднородной кривой смещения, более крутой в верхней части и более пологой в нижней.

#### Задание

По формулам и в зависимости от класса защитных сооружений и коэффициента условий работы рассчитать коэффициент устойчивости склона.

Устойчивость склонов (откосов) в бытовом (природном), проектном и промежуточных состояниях рассчитывают по первому предельному состоянию – по несущей способности (по условиям предельного равновесия). При этом устойчивость оценивают в общем виде, исходя из условия

$$R_1 (m/kH) \geq n_c N_p.$$

При расчете устойчивости склонов данное условие записывают в виде

$$R_1/N_p \geq n_c kH/m,$$

где  $R_1$  – обобщенное значение несущей способности (прочности) сооружения, его конструкций и основания, определяемое с учетом коэффициента безопасности по материалам и грунту. Применительно к расчету устойчивости склонов (откосов)  $R_1$  – противодействие смещению грунтов массива (в том числе скального), выраженное в силовой

или моментной форме;  $N_p$  – расчетное значение обобщенного сдвигового воздействия с учетом коэффициента перегрузки  $n$ , принимаемого в соответствии с главой СНиП по основным положениям проектирования речных гидротехнических сооружений. Применительно к расчету устойчивости склонов (откосов)  $N_p$  – сдвиговые воздействия на грунтовый массив, выраженные в силовой или в моментной форме; значения перегрузок при этом учитывают непосредственно в расчетных схемах нагрузок на склоны (откосы) с учетом фактических и перспективных условий работы склона (откоса) и сооружений на нем;  $n_c$  – коэффициент сочетания нагрузок. При расчете устойчивости склонов (откосов) и потери прочности скальных грунтов при обвалах для основного сочетания нагрузок принимают  $n_c=1$ , для особого сочетания нагрузок  $n_c = 0,9$ , для нагрузок строительного периода  $n_c = 0,95$ .

Согласно указаниям СНиП по определению нагрузок и воздействий основные их сочетания состоят из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, а особые сочетания нагрузок – из постоянных, возможных кратковременных и одной из особых нагрузок. К особым нагрузкам относятся: сейсмические и взрывные воздействия; нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования на защищаемых объектах; воздействия неравномерных деформаций основания, сопровождающиеся изменением структуры грунта (например, деформации просадочных грунтов при замачивании);  $k_n$  – коэффициент надежности, учитывающий степень ответственности, капитальность сооружений и значимость последствий при поступлении тех или иных предельных расстояний. Для защитных сооружений первого класса  $k_n = 1,25$ , для второго  $k_n = 1,2$ , для третьего  $k_n = 1,25$ , для четвертого  $k_n = 1,1$ ;  $m$  – коэффициент условий работы, учитывающий вид предельного состояния, приближенность расчетных схем, степень точности исходных данных по инженерно-геологическим условиям, тип сооружения, конструкции или основания, вид материала и другие факторы.

Значения  $k_n$  и  $m$  устанавливают для каждого конкретного объекта в соответствии с целевыми задачами стабилизации склона, точности исходных данных и др.

Отношение  $k_n/m$  представляет собой допускаемый коэффициент устойчивости склона (откоса)  $[K_y]$ , принимаемый в соответствии с требованиями нормативных документов по проектированию отдельных видов сооружений, но менее 1,2.

Расчетный коэффициент устойчивости  $K_y$  должен удовлетворять условию

$$K_y = R_1/(n_c N_p) \geq [K_y].$$

#### Мероприятия по борьбе с оврагообразованием

При сельскохозяйственном и промышленном освоении территорий, добыче и разработке полезных ископаемых, прокладке дорог первостепенное значение приобретает оценка опасности оврагообразования. При этом необходимо знать:

- оврагоопасна ли территория (т.е. возможны ли размывы водой почв и грунтов и транспортирование продуктов размыва за пределы образующейся эрозионной формы);
- какого размера овраги могут развиваться в пределах склонов долинно-балочной сети или на конкретном склоновом водосборе;
- какова интенсивность роста оврагов на территории, и какие расходы твердого стока из оврагов следует ожидать на разных стадиях развития;
- какова стадия развития существующих и развивающихся оврагов;
- возможно ли дальнейшее расчленение территории овражной сетью.

Опасность оврагообразования (его потенциал) можно оценить комплексом характеристик, которые можно подразделить на несколько групп:

- первая – показатели предельных размеров, которые могут быть достигнуты оврагами;
- вторая – отражает динамику (время и скорость) роста оврагов на характерных этапах развития;
- третья – показатели, определяющие предельно возможное число оврагов на склонах водосборов долинно-балочной сети;
- четвертая – число оврагов на определенный период хозяйственного освоения и развития овражной сети на территории.

#### Задание

По формулам и исходным данным по своему варианту рассчитывать прогнозы относительной интенсивности оврагообразования, предельных размеров оврагов и густоты овражной сети.

Прогноз относительной интенсивности оврагообразования. Овраги, как правило, образуются на склонах рек и балок выпуклой формы, когда уклоны в нижних частях склона достигают 15...20°, а скорости превышают критические, при которых создаются условия размыва грунта.

Интенсивность эрозионного процесса определяется в основном значениями расходов и скоростей водных потоков, типом почвогрунтов. Твердый расход, г/с,

$$Q_T = Q_0 \rho, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – расход воды в замыкающем створе водосбора, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  – объемная мутность потока, г/м<sup>3</sup>.

Мутность потока вычисляют по зависимости В.Н. Гончарова

$$P = [(1+\varphi)/2200][(d/h_0)(v_i/v_n)^{3.33}], \quad (2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости осаждения частиц;  $d$  – средний диаметр частиц, м;  $h_0$  – глубина потока в замыкающем створе овражного водосбора;  $v_n$  – неразмывающая скорость для грунтов, слагающих склон.

Глубину и скорость потока определяют по формулам:

$$h_0 = (Q_0^{0,375} n^{0,375}) / (A^{0,375} I^{0,187})$$

$$v_i = A^{-0,25} Q_0^{0,25} I^{0,375} n^{-0,75}$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости,  $n = 0,03 \dots 0,08$ ;  $A$  – принятое соотношение между шириной и глубиной потока;  $A = 2 \dots 4$  (для прямоугольного сечения на начальной стадии оврагообразования);  $I$  – уклон потока.

Если расчетная скорость меньше размывающей, то овражная эрозия маловероятна. Чем больше значение твердого расхода, тем быстрее рост оврагов.

Значение твердого расхода на начальном этапе развития дает представления об относительной опасности оврагообразования и позволяет разделить территорию на области с различным потенциалом. По значению расходов твердого материала со склоновых водосборов было выполнено районирование различных областей европейской территории бывш. СССР с целью сравнительной оценки оврагоопасности разных регионов.

Прогноз предельных размеров оврагов. Расчетные предельные габариты овражных форм дают представление о результатах эрозионного процесса и позволяют оценить необходимость противоэрозионных мероприятий.

Рассчитать продольный профиль овражных форм можно по формуле Н.И. Маккавеева

$$I = \varepsilon / L^a$$

где  $I$  – уклон потока, изменяющийся по длине  $L$ ;  $\varepsilon$  – постоянная для учета природных условий (расходов жидкого стока, крупности материала, слагающего ложе потока и транспортируемого им)  $a$  – эмпирический показатель,  $a \geq 1,0$ .

При определении продольного профиля овражных форм процент обеспеченности расчетных расходов следует принять равным 6...10% для лесной зоны и 1...3% для степной.

Максимальная длина оврага, м,

$$l = H / [I_0 \ln B], \quad (6)$$

где  $H$  – глубина базиса эрозии, м;  $I_0$  – уклон русла на устьевом участке оврага;  $\ln$  – прогнозируемая длина оврага, м;  $B$  – параметр, равный отношению коэффициента устанавливающегося откоса грунта к уклону русла на устьевом участке оврага;  $B = I^* / I_0$ ;  $I^*$  – коэффициент установившегося откоса грунта, например, для песчаных грунтов  $B = 0,32$ .

Уклон русла на устьевом участке

$$I_0 = v_p^{2,67} n^2 A^{0,67} / Q_0^{0,67}$$

где  $v_p$  – размывающая скорость для грунтов, м/с;  $n$  – коэффициент шероховатости; для песчаных и глинистых грунтов  $n = 0,03$ , для скальных пород  $n = 0,05$ ;  $Q_0$  – расход жидкого стока.

Полученная по формуле (6) длина оврага определена в предположении, что вершина оврага имеет отметку водораздела, т.е. разность отметок вершины и устья оврага равна глубине базиса эрозии. Если профиль склона, на котором развивается овраг, имеет

постоянный уклон от водораздела до устья, то из полученной по формуле (6) расчетной длины нужно вычесть

$$l' = (L - l)l_{\phi} / (I^* - I_{\phi}),$$

где  $L$  – длина склона, м;  $l$  – расчетная длина оврага, м;  $l_{\phi}$  – уклон склона.

Расход жидкого стока в замыкающем створе овражного водосбора, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_0 = qF,$$

Где  $q$  – модуль стока, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);  $F$  – площадь водосбора, м<sup>2</sup>.

По схеме районирования территории по предельной длине склоновых оврагов можно определить районы, наиболее подверженные развитию склоновых оврагов.

Максимальная (предельная) глубина оврага, м,

$$h_{\max} = H - H' - (L - x_i) \operatorname{tg} \beta,$$

где  $H' = I_0 x_i$ ;  $x_i$  – расстояние от устья оврага до бровки склона;  $\beta$  – угол наклона от водораздела к бровке склона;

Если овраг развивается на прямом склоне, то наибольшая глубина соответствует месту максимальной стрелы прогиба. Это место находится в точке касания кривой профиля и прямой, параллельной поверхности склона  $\alpha = \alpha'$ .

Максимальную ширину овраг имеет, как правило, в створе наибольшей глубины, м:

$$B = (2,5 \dots 3,2) (Q_0 / v_p)^{0,5} (l_i / l) + 2 h_{\max} \operatorname{ctg} \varphi,$$

где  $Q_0$  – расход жидкого стока в замыкающем в створе овражного водосбора, м<sup>3</sup>/с;  $l_i$  – расстояние от вершины оврага до створа максимальной глубины, м;  $l$  – длина оврага, м;  $h_{\max}$  – максимальная глубина оврага, м;  $\varphi$  – угол естественного откоса грунта, град.

Прогноз густоты овражной сети и времени оврагообразования.

Предельная прогнозная густота овражной сети, км/км<sup>2</sup>,

$$n_{\text{пр}} = N / S,$$

где  $N$  – суммарное число береговых и склоновых оврагов;  $l$  – предельная прогнозная длина береговых и склоновых оврагов, м;  $S$  – площадь исследуемой территории, км<sup>2</sup>.

Число оврагов

$$N = 2n_{\phi} LP,$$

где  $n_{\phi}$  – фактическая частота оврагов (можно определить как частное от деления числа оврагов на протяженность пораженных склонов);  $L$  – общая протяженность склонов долинно-балочной сети, км (удвоенная длина долинно-балочной сети);  $P$  – доля пораженной части (частное от деления протяженности пораженных склонов на общую протяженность склонов долинно-балочной сети).

По показателю прогнозных частот овражной сети составляют схемы районирования территории.

## МЕТОДЫ И КОНСТРУКЦИИ АППАРАТОВ ДЛЯ СБОРА РАЗЛИТОЙ НЕФТИ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аварийные разливы нефти, связанные с добычей и транспортом нефти (такие как разрывы трубопроводов в Персидском заливе, в штате Луизиана, на Усинском нефтяном месторождении, выброс нефти на буровой платформе «Браво» в Северном, мощный нефтяной фонтан на подводной скважине «Исток-1» в Мексике, экологическая катастрофа в Персидском заливе и многие другие), привлекают внимание общественности, справедливо озабоченной их последствиями.

Масса мощных разливов нефти оценивается от 50 до 500 тыс. т/год, составляя около 5% от общей массы нефтяных загрязнений гидросферы.

На водной поверхности нефть начинает растекаться, при этом более легкие компоненты улетучиваются, а водорастворимые выщелачиваются. Улетучивание низкомолекулярных соединений происходит на порядок быстрее, чем растворение. С увеличением молекулярной массы растворимость углеродов в воде снижается. Наиболее легкие компоненты нефти концентрируются на поверхности раздела «вода – воздух», образуя так называемую пленочную нефть. Тяжелые компоненты адсорбируются на взвешях, оседают на дно и аккумулируются в донных отложениях. Оставшаяся на поверхность нефть обладает повышенной вязкостью, вследствие чего процесс растекания постепенно прекращается. После окончания стадии активного растекания площадь нефтяного пятна, если она не подвергается механическому воздействию, изменяется незначительно.

Процесс сбора нефти и нефтепродуктов очень сложный и трудоемкий, так как нефтяная пленка имеет малую толщину, а скорость ее распространения велика.

Маловязкие нефти – жидкие и легколетучие, при температуре воды более 20°C после разлива быстро растекаются по поверхности. Теоретические прогнозы, основанные на наблюдениях, показывают, что средняя толщина неогражденного каким-либо препятствиями пятна свежей нефти составляет около 0,1 мм.

Для нефтяных загрязнений водных экосистем характерны, с одной стороны, зачастую труднодоступность места загрязнения (особенно в болотистой местности), возможность миграции загрязненного пятна с течением воды из одного района в другой, переход загрязнителя из воды на прибрежные участки почвы, а с другой – сложность сбора нефтепродуктов, расплывшихся тонкой пленкой по водной поверхности.

Методы ликвидации аварийных разливов основаны на механических, физико-химических и биологических способах воздействия на разлив.

Физико-химические методы включают в себя диспергирование, гелеобразование, сорбцию, адгезию и другие способы выделения нефтяной фазы и широко применяются как

самостоятельно, так и в сочетании с другими способами, чаще всего с механическими, и в данной ситуации полезно использовать различные сорбенты.

Сбор нефти и загрязнений нефтепродуктов с поверхности воды осуществляется аппаратами различной конструкции (скиммерами), барабанными и дисковыми нефтесборщиками адгезионного типа и нефтесборщиками сорбционного типа с использованием адсорбирующих материалов.

Типичным представителем сепарирующих скиммеров является пороговый нефтесборщик, в конструкции которого нефтяная пленка переливается через край аппарата в емкость сборник, при этом частично с нефтью попадает попутно и вода. На рис. 1 представлены конструкции малогабаритных скиммеров порогового типа.

Малогабаритный пороговый скиммер состоит в общем случае из понтона, емкости с пороговым устройством, из которой собранная нефть откачивается насосом в резервуар, расположенный на берегу в катере.

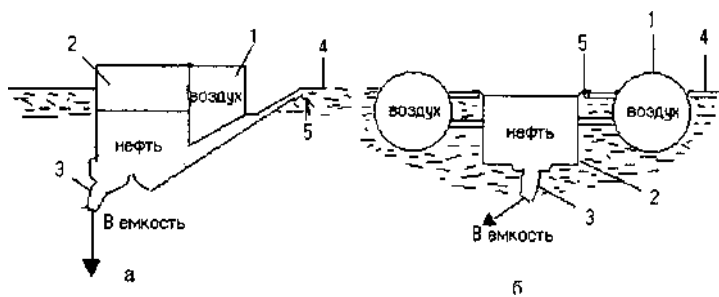


Рис. 1 конструкции малогабаритных скиммеров:

- а) скиммер понтонового типа: понтон – 1; емкость – 2; отсасывающий рукав – 3;
- б) скиммер поплавкового типа: поплавки – 1; желоб – 2; рукав – 3; пленка нефти – 4; передний край – 5.

Малогабаритный скиммер (рис. 1а) состоит из понтона 1, емкости 2 и отсасывающего рукава 3. Поверхностная пленка нефти 4 всасывается в емкость 2 через погруженный в нефть передний край 5 скиммера при работе отсасывающего насоса. При увеличении скорости откачки скиммер и его передний край глубже погружаются в нефть и больший по толщине слой всасывается в емкость. С уменьшением скорости откачки передний край скиммера поднимается, а при прекращении откачки – выходит из воды. Таким образом, регулируя скорости, можно собирать и удалять нефтяные пленки различной толщины. При ширине переднего края скиммера 1 м максимальная производительность его достигает 12 т/ч. Наиболее эффективно использование данного скиммера для сбора толстых пленок нефти в спокойной воде.

Другой тип скиммера (рис. 1б) состоит из четырех попарно соединенных поплавков 1, поддерживающих желоб 2 с отсасывающим рукавом 3. поплавки регулируются таким образом, чтобы края 5 желоба были слегка погружены. Стекающая при этом в желоб пленка

нефти 4 удаляется через гибкий рукав 3 посредством отсасывающего насоса. Стабильность работы обеспечивается поддержанием определенного установившегося уровня нефти в желобе, т.е. регулировкой скорости откачки соответственно толщине пленки нефти.

Основным недостатком скиммеров является захват вместе с тонкой нефтяной пленкой значительного количества воды. Уменьшить захват воды с собираемой нефтью можно при использовании механических дисковых и барабанных скиммеров; принцип работы их основан на свойстве адгезии нефти и нефтепродуктов. В процессе вращения барабанов (рис. 2) нефть увлекается ими вверх, откуда она стекает под действием собственной массы и счищается специальными щитками в емкость, а из последней удаляется в резервуар. Эффективность работы таких скиммеров зависит от частоты вращения и размера барабанов (дисков) и вязкости нефти и нефтепродуктов.

Технология сбора нефти с поверхности воды адсорбирующими материалами довольно проста. Адсорбирующий материал разбрасывается (в сыпучем виде) по поверхности воды, загрязненной нефтью, и впитывает последнюю. В качестве адсорбентов используют пенополиуретан, торф, торфяной мох, опилки, солому и т.п., обладающие избирательной адсорбирующей способностью к нефти и нефтепродуктам. Так, 1 кг торфяного мха поглощает 8,5 кг трансформаторного масла, 9,8 кг сырой нефти и 12,9 кг бензина. Некоторые искусственные материалы поглощают такое количество нефти и нефтепродуктов, которое в 20 раз и более превышает их собственную массу.

Однако данный метод не получил широкого распространения из-за сложности работ по удалению абсорбента с поверхности пов. Сжигание его не всегда возможно из-за угрозы расположенных вблизи зданий, сооружений и т.п.; кроме того, при сжигании абсорбента происходит загрязнение атмосферы.

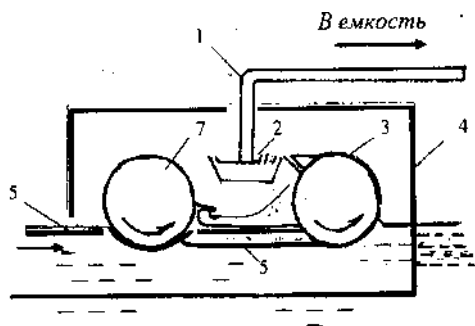


Рис. 2. Барабанный скиммер:

1 – отсасывающий рукав; 2 – накопитель нефти; 3, 7 – барабаны; 4 – корпус скиммера; 5 – пленка нефти; 6 – считывающий щиток

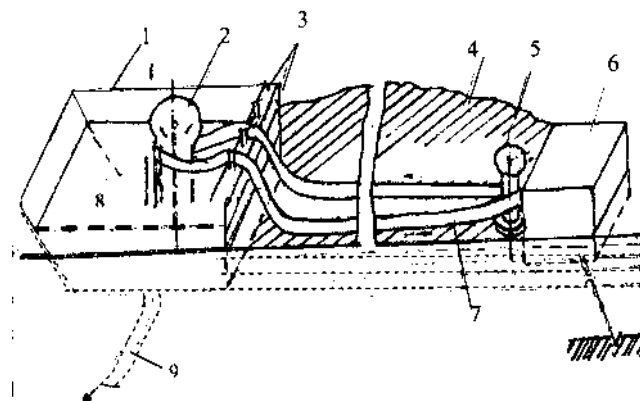


Рис. 3. Ленточный скиммер

В значительной мере свободен от этого механизированный сорбционный метод сбора нефти с использованием нефтепоглощающих конструктивных элементов. В качестве примера можно привести нефтесборщик с бесконечной лентой, изготовленной из высокопористого материала. При движении по поверхности воды лента 7 (рис. 3) поглощает нефть 4 и затем отжимается валиком 8 и ведущим барабаном 2, установленным на катере 1. накапливающаяся нефть откачивается через гибкий шланг 9 в резервуар. Далее лента проходит по направлениям 3 и опускается вновь на воду, поглощает нефть, огибает поворотный барабан 5, укрепленный на понтоне 6, и возвращается к отжимному устройству. Помимо высокой адсорбирующей способности материал ленты должен обладать высокой прочностью, гибкостью и эластичностью. Наиболее полно этим требованиям отвечает полипропилен упрочненный нейлоновой оплеткой. При длине ленты 50 м и скорости ее движения 30 м/мин производительность установки достигает 70 л нефти в 1 мин. С повышением вязкости нефти абсорбция уменьшается, поэтому метод эффективен при вязкости нефти или нефтепродукта до  $3 \cdot 10^2$  мПа·с.

Другим вариантом рабочего элемента нефтесборщика сорбционного типа является барабан с закрепленным на нем матом с сорбентом (рис. 4). При вращении барабан с изменяемым числом оборотов мат сорбирует нефтепродукт с поверхности воды, переносит ее вверх, где происходит отжим мата, после чего мат готов к сорбции.

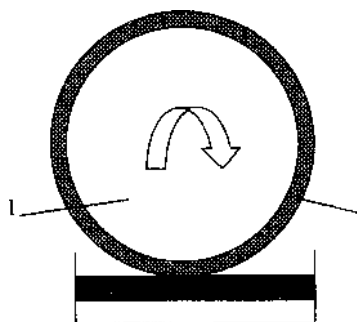


Рис. 4. Барабан с закрепленным на нем матом с сорбентом:

1 – вращающийся барабан, 2 – нефтепоглощающие оболочки с сорбентом

Высокой селективности нефтесборщики сорбционного типа достигают при сборе более вязких продуктов, как, например, масло, газойль, при этом они не столько сорбируются матом, сколько налипают на его поверхность. На производительность и селективность сбора нефти нефтепродуктов с поверхности воды нефтесборщиком будет оказывать влияние как минимум четыре фактора: высота слоя нефтепродукта на поверхности воды, скорость вращения рабочего органа, вязкость собираемого продукта, масса сорбента на барабане.