

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»

**Кафедра  
Безопасность жизнедеятельности**

**№ 547**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИИ**

(Переработанные и дополненные)

**Иваново 2011**

Составители: И.Г. МЕЛЬЦАЕВ,  
А.Ф. СОРОКИН  
А.Ю. Мурзин  
Редактор В.И. Иванов

Методические указания для практических занятий по экологии необходимы для освоения методики определения продуктивности экосистем, загрязнения окружающей среды выхлопами автотранспорта, стационарными источниками и платы за загрязнение природной среды, а также для определения необходимого количества деревьев для воспроизводства кислорода на одного человека и населения региона.

Предназначены для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по курсу «Экология» для всех специальностей.

Методические указания утверждены цикловыми методическими комиссиями ИФФ и ЭЭФ.

Рецензент

кафедра «Безопасность жизнедеятельности»  
ГОУ ВПО «Ивановская государственная текстильная академия»,  
кандт. техн. наук, проф. В.Я. Маринич

## Раздел 1. Расчет продуктивности экосистем фитоценозов для производства альтернативной электроэнергии

### Задание 1.1. Метод расчёта биологической продуктивности фитоценозов по приходу фотосинтети- ческой активной радиации (ФАР) на земную поверхность

Известно, что некоторые культуры являются фиксаторами вредных веществ. Так, например, индийская горчица выносит из почвы с урожаем свинец и хром, альпийский халлеркраут – цинк и кадмий, греческий ибискус – кобальт, русский горец – цинк, свинец и кадмий, гречиха – никель. Так, горец с 1 га загрязненной земли аккумулирует за сезон 1,3 кг кадмия, 24 кг – свинца и 322 кг – цинка. В США с земель, содержащих никель, при помощи гречихи аккумулируют до 11 т никеля. Растениями-концентраторами являются также пырей, который фиксирует радионуклиды стронция, а лох узколистый – цинк, молочай прутьевидный и салат – свинец, пырей, черника – цинк и никель, осока волокнистая – медь, цинк и никель и т.д. Способностью накапливать в фитомассе тяжелые металлы обладают кукуруза, некоторые овощные культуры и многолетние травы.

Фитоценозы в процессе фотосинтеза поглощают только двух миллиардную часть поступающей солнечной радиации. В зависимости от культуры экосистемы и других причин величина использования поступающей солнечной энергии варьирует от 0,15 до 10 %.

Известно, что в формировании первичной продукции участвует не только ФАР, но и вода, двуокись углерода, многие биогенные элементы, в том числе как катализаторы – тяжелые металлы, а также хлорофилловые зерна, находящиеся в пластинке листа. Наряду с синтезом органического вещества растение продуцирует свободный кислород, необходимый для протекания в живом организме окислительно-восстановительных процессов. **Задание:** рассчитать возможную биологическую продуктивность фитоценозов экосистем по поступлению фотосинтетической активной радиации на земную поверхность и её использование фотосинтезирующими растениями (КПД).

**Цель задания:** научить студента проводить расчёты продуктивности экосистем по приходу ФАР.

### Методические указания по выполнению задания

Рассчитать продуктивность экосистем, указанных в табл. 1.

**Таблица 1**

**Продуктивность экосистем в зависимости от прихода ФАР и коэффициента его использования**

Показатели	Кукуруза, на биомассу	Лес, древесина	Зерно рапса
Биологическая продуктивность ( $A_{асм}$ ), ц /га			
КГД ФАР, %			
Продуктивность при стандартной влажности ( $A_{с.в}$ )			

Биологическая продуктивность экосистем определяется по формуле А.А. Ничипоровича,

$$A_{асм} = \frac{R \cdot 10^9 \cdot K}{10^2 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 10^2} = \frac{R \cdot 100 \cdot K}{4} = R \cdot 25 \cdot K,$$

где  $A_{асм}$  — биологическая продуктивность абсолютно сухой фитомассы, ц/га;

$R \cdot 10^9$  — количество приходящей ФАР за период вегетации растений на земную поверхность, ккал/га;

$K$  — коэффициент использования ФАР, %;

$10^2$  — коэффициент перевода процентов использования ФАР в относительные единицы;

$4 \cdot 10^3$  — количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг абсолютно сухой фитомассы, ккал/кг;

$10^2$  — коэффициент перевода килограммов (кг) в центнеры (ц).

Исходные данные поступления ФАР даны в табл. 2.

$\Sigma$  ФАР рассчитать самостоятельно, с учетом данных своего задания (табл. 2).

**Таблица 2**

**Приход ФАР, рассчитанной для некоторых областей РФ  
методом интерполирования за вегетационный период  
растений, млн ккал/га**

Область (край)	Месяцы						Σ, млрд ккал
	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	
Архангельская	130	580	690	740	715	470	
Ленинградская	200	645	750	840	820	520	
Вологодская	200	640	760	830	815	562	
Тверская	220	690	815	840	860	570	
Ивановская	220	660	775	825	830	530	
Костромская	210	650	765	810	815	520	
Ярославская	215	654	770	820	761	525	
Московская	230	695	830	850	758	590	
Нижегородская	225	674	790	815	780	572	
Владимирская	230	680	815	884	840	574	
Тульская	250	720	850	900	880	710	
Рязанская	300	790	880	940	930	750	
Орловская	315	820	910	960	970	760	
Воронежская	400	890	950	1000	1100	820	
Р. Мордовия	350	800	870	960	968	745	
Волгоградская	610	886	937	1100	1150	840	
Тамбовская	360	830	936	991	1080	810	
Р. Марий Эл	380	794	850	980	995	740	
Саратовская	605	861	925	1060	1030	834	
Свердловская	180	560	810	860	1200	450	
Пермский	200	635	750	810	790	510	
Калужская	220	700	820	835	850	560	
Брянская	320	810	900	970	980	760	
Псковская	295	630	745	825	810	550	
Ростовская	700	900	970	1200	1250	880	
Краснодарский	710	920	980	1250	1250	900	
Ставрополь- ский	715	928	988	1270	1270	920	
Алтайский	160	519	800	869	875	840	
Смоленская	301	805	900	985	990	765	
Новгородская	206	650	770	840	825	575	
Белгородская	320	830	920	970	975	770	
Курская	325	815	930	967	970	775	
Пензенская	340	780	880	965	967	740	
Р. Калмыкия	616	890	940	1120	1160	850	

Коэффициент использования ФАР при средней культуре земледелия соответствует примерно 0,5 – 1,5 %, хорошей — 1,5–3,0, очень хорошей — 3,5 – 5,0, на орошаемых полях при высокой культуре земледелия — около 10 %.

Для основного вида растительности РФ КПД ФАР соответствует примерно уровню 1–2 %, в некоторые годы — 0,9 –1,0 %. По отдельным естественным экосистемам это выглядит следующим образом: для пустынных кустарников — 0,03 %, горных альпийских лугов — 0,15 – 0,75 %, лесных экосистем — 2 – 4 %.

**Для расчёта продуктивности абсолютно сухой биомассы растений в Нечерноземной зоне используются следующие значения (КПД ФАР,%):**

*для зерновых — 1,75 – 2,0, зерна рапса ярового – 2,5 – 3,0, картофеля — 2,5 – 3,0, сахарной свеклы — 2,9 – 3,4, кукурузы на биомассу— 2,8 – 3,2, многолетних трав на биомассу — 2,5 – 2,8, естественных пастбищ на биомассу — 0,3 – 0,5, луга — 0,6 – 0,8, лесных экосистем — 6,0 – 8,0. Высокие значения КПД ФАР используются для южных регионов, средние показатели для других. Вместо кукурузы можно взять другую культуру.*

Необходимо также сделать расчёт продуктивности экосистем на стандартную влажность по формуле:

$$A_{св} = \frac{A_{асм}}{100 - C} \cdot 100,$$

где  $A_{св}$  — продуктивность при стандартной влажности, ц/га;

$A_{асм}$  — абсолютно сухая биомасса, ц/га;

$C$  — стандартная влажность продукции, %.

Стандартная влажность — это влажность, при которой продукция хорошо хранится и имеет товарный вид или используется для производства другой продукции.

Стандартная влажность для некоторых видов растительной продукции ( $C$ ),%: для зерна —13 – 14, корнеплодов сахарной свеклы и клубней картофеля — 80, зеленой массы кукурузы — 80 – 85, сахарной свеклы, ботвы картофеля – 85, зеленой массы многолетних трав луга, пастбищ — 75 – 80, сена многолетних трав, соломы зерновых —15 – 16, древесины — 55 – 60.

### **Задачи для самостоятельной работы**

1. Определить возможный прирост биомассы консументов 1-го и 2-го порядков в экосистеме при полученной продуктивности (без лесной продукции). Данные см. в таблице 1. Используем

правило Линдемана перехода биомассы и энергии от одного трофического уровня на другой с коэффициентом не более 10 %. На примере одной из культур (кукурузы на зеленую массу или рапса на зерно) сделать пирамиду биомасс.

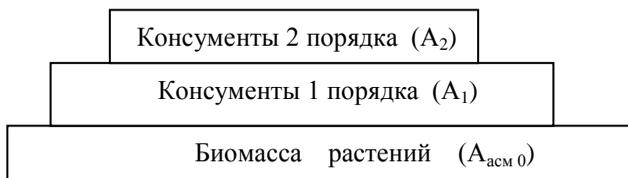


Рис.1. Пирамида биомассы

Такую же пирамиду необходимо построить для энергии. Можно использовать эту же культуру. Количество энергии определяется следующим образом, ккал:

$$Q = A_{\text{асм}} \cdot 100 \cdot 4 \cdot 10^3.$$

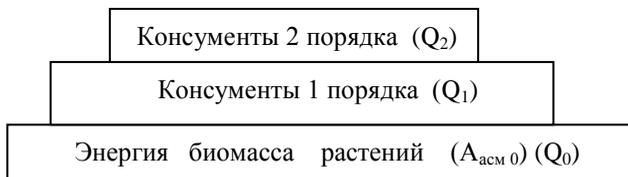


Рис.2. Пирамида энергии

**2.** Рассчитайте, сколько можно получить электроэнергии ( $P_{\text{общ}}$ ) при поступлении на поверхность пашни Вашего региона данного количества солнечной радиации ( $R$ ), если 1 ккал соответствует  $1,16 \cdot 10^{-6}$  кВт·ч ( $W$ ). Площадь пашни и население региона нужно взять из прил.1. КПД ( $\eta$ ) гелиоконденсаторов составляет 13 — 15 %. Расчет необходимо вести по формуле

$$P_{\text{общ}} = R \cdot 10^9 \cdot W \cdot \eta \cdot S_n,$$

где  $P_{\text{общ}}$  — полученная общая электроэнергия, кВт·ч;  
 $R \cdot 10^9$  — поступающая солнечная радиация на поверхность пашни, ккал;  
 $W$  — кВт·ч в одной ккал;

$\eta$  – КПД гелиоконденсаторов, в долях;  
 $S_n$  – общая площадь пашни региона, га (прил.1).

3. Определить, какое количество населения можно обеспечить электроэнергией, энергией Солнца, которая поступает на поверхность пашни региона, если принять обеспеченность в РФ электроэнергией 1 чел. в среднем 7 кВт·ч в сутки (V). Исходные данные по электроэнергии нужно взять из предыдущей задачи. Определить это можно по формуле

$$K_H = P_{i \text{ общ}} : (V \cdot 365),$$

где  $K_H$  – количество населения, чел.

На сколько лет хватит полученной электроэнергии для населения региона, (лет)?

$$T = P_{i \text{ общ}} : (N_P \cdot V \cdot 365),$$

где  $N_P$  – население региона, в прил. 1.

4. Определить, сколько смогли бы сэкономить природных ископаемых ресурсов (каменного угля, нефтепродуктов, природного газа, урана-235, дейтерия) для получения такого же количества электроэнергии, если на производство 1 кВт·ч расходуется 9,2 г урана, 600 г каменного угля, 300 г мазута, 1 м<sup>3</sup> природного газа, 34 г дейтерия. Количество электроэнергии нужно взять из 2-й задачи самостоятельной работы.

Расчет произвести по следующей формуле на примере урана

$$m_i = m_{(\text{уран})} \cdot P_{i \text{ общ}},$$

где  $m_i$  – вид сэкономленного топлива, т;

$m_{(\text{уран})}$  – требуется урана на производство 1 кВт·ч.

Конечное значение должно быть выражено в тоннах.

Таким же образом рассчитываются и другие виды топлива.

5. Сколько можно получить электроэнергии при сжигании полученной абсолютно сухой биомассы (или древесины), если при сжигании 1 кг сухой массы травяной биомассы выделяется

$4 \cdot 10^3$  ккал энергии, дров (в табл. 3). Площадь пашни региона для расчетов нужно брать из прил.1, а данные о биомассе древесины нужно взять из табл. 1 (колонка лес, древесина).

Определить количество получаемой электроэнергии можно таким образом:

$$P_{i \text{ общ др}} = M_{\text{др}} \cdot 100 \cdot Q \cdot W \cdot \eta \cdot S_{\text{п}},$$

где  $P_{i \text{ общ др}}$  – количество получаемой электроэнергии, кВт·ч;  
 $M_{\text{др}}$  – количество дров, полученных с общей площади пашни (или 1 га пашни, задача 1, колонка третья табл.1), кг;

$Q$  – теплотворность дров, ккал/кг (табл. 3);

$\eta$  – производительность используемых котлов, 0,36–0,86 (взять среднее значение). Из них только 8 % котлов имеют производительность 86 %;

100 – перевод ц/га в кг/га;

$W$  –  $1,16 \cdot 10^{-6}$  кВт·ч (табл.4).

Расчет сначала лучше сделать на 1 га, потом полученное значение умножить на всю площадь пашни, но можно сразу же на всю площадь пашни).

Какое количество населения можно обеспечить в течение года полученной электроэнергией?

$$K_{\text{н}} = P_{i \text{ общ}} : (V \cdot 365),$$

где  $K_{\text{н}}$  – население региона.

$V$  – расход электроэнергии на 1 чел в сутки (7 кВт·ч).

На сколько лет хватит полученной электроэнергии жителям вашего региона от использования на эти цели дров, (лет)?

$$T = P_{i \text{ общ}} : (N_{\text{р}} \cdot V \cdot 365),$$

где  $N_{\text{р}}$  – население в регионе, чел.

**Таблица 3**  
**Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива**

Топливо	Удельная теплота сгорания	
	МДж/кг	Ккал /кг
Дрова (воздушно-сухие)	8,4 – 11,0	<b>2500 – 3000</b>
Каменный уголь (в среднем)	27,0	<b>6500</b>
Торф	10,5 – 14,5	2500 – 3500
Дизельное топливо	42,7	10200
Керосин	44,0 – 46,0	10500 – 11000
Нефть	43,5 – 46,0	10400 – 11000
Мазут	39,9	9500
Газ природный	41,0 – 49,0	9800 – 11700

**Таблица 4**  
**Коэффициенты перевода единиц энергии**

	<i>кДж</i>	<i>Ккал</i>	<i>кгс · м</i>	<i>кВт · ч</i>	<i>т у.т.*</i>
<i>кДж</i>	1	0,239	0,102	$2,78 \cdot 10^{-9}$	$3,41 \cdot 10^{-11}$
<i>Ккал</i>	4,187	1	0,427	$1,16 \cdot 10^{-6}$	$1,43 \cdot 10^{-10}$
<i>кгс · м</i>	9,81	2,342	1	$2,65 \cdot 10^{-6}$	$3,34 \cdot 10^{-10}$
<i>кВт · ч</i>	$3,60 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^5$	$3,67 \cdot 10^5$	1	$1,23 \cdot 10^{-4}$
<i>т у.т</i>	$2,93 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^9$	$2,99 \cdot 10^9$	$8,15 \cdot 10^3$	1

т.у. т. – тонн условного топлива

**6.** Скорость роста пустынь в мире из-за нерационального природопользования достигает 43 га/мин. Оцените, через какой период производство продуктов питания на планете уменьшится в 2 раза, если урожайность с.-х. культур сохранится на современном уровне (30 ц/га). В расчетах принять, что прирост населения составляет 82—90 млн человек в год, а площадь сельскохозяйственных угодий, включая сенокосы, пастбища и пашню, равна 45 млн км<sup>2</sup> (P<sub>0</sub>). **1 км<sup>2</sup> = 100 га.**

**Решение.** Прирост населения составляет, в долях:

$$D = \frac{\Delta N}{N_{НВ}} = \frac{86 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^9},$$

где N<sub>НВ</sub> – население в настоящее время, млрд чел;

$\Delta N$  – прирост населения в год, млн чел.

Так как количество продуктов питания пропорционально площади сельскохозяйственных угодий, то, следовательно, увеличение населения пропорционально уменьшению площадей при условии, что урожайность сохраняется.

Скорость роста пустынь составляет, га:

$$V_{\text{пуст}} = S \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3,$$

где  $S$  – площадь роста пустыни, га/мин;

$t_1$  – количество минут в часе;

$t_2$  – количество часов в сутки;

$t_3$  – количество дней в году.

$$V_{\text{пуст}} = 43 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365, \quad \text{га/год.}$$

Ответ: производство продуктов питания уменьшится в 2 раза через  $t$  лет,

$$\text{где } t = 0,5 \cdot \frac{P_0 - (V_{\text{пуст}} \cdot D)}{V_{\text{пуст}}}.$$

7. Рост численности населения нашей планеты описывается экспоненциальным законом и составляет около 2,2 %. Оцените, за какой период численность населения планеты достигнет 12,5 млрд человек.

**Решение.** Изменение численности населения во времени в дифференциальной форме может быть записано в виде

$$(dN) / dt = k \cdot N.$$

В интегральной форме это уравнение имеет вид

$$N = N_0 \cdot \exp(k \cdot t),$$

где  $N_0, N$  – начальная и конечная (в момент  $t$ ) численность населения ( $N_0 = 7$  млрд чел);

$t$  – рассматриваемый промежуток времени;

$k$  – прирост населения, доли.

После преобразования получим, лет,

$$t = \frac{\ln(N / N_0)}{k} = \frac{\ln(12,5 / 7,3)}{0,022} .$$

**8.** Мировые запасы фосфора оцениваются в 40 млрд т (Q). Ежегодная добыча и потребление составляют в настоящее время 0,23 млрд т (q). Оцените срок истощения фосфора, если прирост его добычи будет соответствовать приросту населения, 2,2 % в год ( $k^n$ ).

**Решение.** Для вычисления сложного процента в этом случае легче всего воспользоваться формулой суммы членов ряда геометрической прогрессии:

$$Q = \frac{(k^n - 1) \times g}{k - 1} ,$$

где Q – запас ресурсов, т;

g – годовое потребление ресурса;

k – прирост потребления данного вида ресурса (в долях относительно 1);

N – число членов прогрессии ( в рассматриваемом случае число лет, на которые рассчитан данный вид ресурса)

После преобразования получим, лет,

$$N = \frac{\ln\left(\frac{Q(k-1)}{g} + 1\right)}{\ln k} ,$$

где  $k = 1,02$ .

### ? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие факторы внешней среды называются экологическими ?
2. Что из себя представляет фотосинтетическая активная радиация ?
3. Как происходит её использование растениями в разных экосистемах?

## Задание 1.2. Метод расчёта возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу

Биоклиматический потенциал имеет большое значение для производства растительной биомассы для получения биоэнергии и различных смазочных материалов и продуктов питания. Те или иные условия, складывающиеся в основных зонах производства продуктов питания, влияют на обеспеченность промышленности растительным сырьем, животноводство — кормами, население страны — продуктами питания.

В целом по РФ в зонах основного земледелия этот потенциал не превышает 1,2, черноземной зоне — 1,8 балла. В то время как в Европе в целом он находится на уровне 1,8 – 2,0, США — 2,4, Индии — 4, Бразилии – 5. Эти значения указывают на то, что в нашей стране условия для производства растениеводческой продукции хуже, чем в Европе, США, Индии и Бразилии.

**Задание:** выполнить расчёт возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу.

**Цель задания:** освоить метод расчета биоклиматического потенциала разных экосистем и определения их продуктивности.

### Методические указания по выполнению задания

Для выполнения задания расчет необходимо проводить по трем понравившимся культурам.

Продуктивность экосистем по биоклиматическому потенциалу определяется по следующей формуле

$$БКП = K_p \cdot \frac{\sum t_{>10^{\circ}C}}{1000^{\circ}C},$$

где *БКП* — биологический потенциал продуктивности экосистем, баллы;

$\sum t_{>10^{\circ}C}$  — сумма среднесуточных активных температур воздуха за летний период, превышающих 10 °С (взять температуру той культуры, по которой делается расчет, табл. 5);

$K_p$  — коэффициент биологической продуктивности, которая зависит от влагообеспеченности растений и представляет собой отношение максимальной продуктивности в условиях достаточ-

ного увлажнения к продуктивности при недостатке влаги, находим его в таблице 5, на пересечении Md и взятого для расчета растения;

1000°С — сумма температур на северной границе полевого земледелия, которая показывает качественную и количественную оценку биологической продуктивности климата.

Величину потенциальной биологической продуктивности пересчитывают в продуктивность той или иной культуры по следующей формуле:

$$m = \frac{K_n}{K_p} \cdot 10 \cdot BKП,$$

где  $m$  — продуктивность, ц/га;

$K_n$  — коэффициент продуктивности культур (то есть получение продуктивности растений на 100° сумм температур).

Исходные данные для определения урожайности приведены в табл. 5 и 6.

### Задачи для самостоятельной работы

1. Рассчитать общее количество связанного углерода в органическом веществе растений, полученного на пашне региона, если углерода в фитомассе содержится в среднем от 48 до 54 % от её массы. Исходные данные по урожайности с 1 га в предыдущей задаче. Расчет необходимо провести последующей формуле (по одной культуре на выбор,  $m$ , из предыдущей задачи -1,2), т:

$$C_{\text{общ}} = m \cdot 0,54 \cdot S_{\text{п}},$$

где  $m$  — полученная фитомасса (предыдущая задача), т;

$C_{\text{общ}}$  — общее количество полученного углерода.

$S_{\text{п}}$  — площадь пашни, га.

**Таблица 5**  
**Коэффициент продуктивности при различном показателе**  
**увлажнения**

Культура	$\sum t$ $>10^{\circ}C$	Показатель увлажнения (Md)							
		0,35	0,38	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60	0,75
Кукуруза	2200	0,52	1,00	1,28	1,45	1,54	1,60	1,40	0,75
Озимая пшеница	1450	0,48	0,86	1,06	1,19	1,25	1,25	1,20	1,34
Озимая рожь	1350	0,47	0,86	1,07	1,20	1,27	1,29	1,28	1,15
Овес	1400	0,58	1,10	1,87	1,52	1,59	1,60	1,56	1,18
Ячмень	1350	0,59	1,11	1,39	1,54	1,62	1,64	1,59	1,39
Яровая пшеница	1450	0,47	0,81	1,00	1,08	1,11	1,04	1,02	1,41
Горох	1250	0,51	0,95	1,21	1,28	1,36	1,41	1,35	0,98
Гречиха	1300	0,46	0,88	0,98	1,06	1,12	1,01	1,08	1,01
Люпин	1700	0,49	0,98	1,07	1,12	1,15	1,17	1,06	0,97
Огурец	1200	0,40	0,67	0,82	0,94	1,01	1,08	1,04	1,00
Томат (красный)	1500	0,58	0,62	0,78	0,95	1,07	1,11	1,03	0,99
Капустные	1100	0,60	0,66	0,77	0,93	1,09	1,16	1,10	1,03
Свекла столовая	1400	0,75	0,84	0,95	1,06	1,13	1,20	1,08	1,01
Морковь	1500	0,50	0,65	0,73	0,96	1,12	1,25	1,13	1,08
Репа	1000	0,57	0,68	0,80	1,02	1,18	1,28	1,18	1,10
Картофель	1250	0,64	0,67	1,04	1,09	1,17	1,23	1,15	1,09

Таблица 6

**Исходные данные по количеству активных температур  
и других показателей продуктивности**

Регион	$\sum t > 10^{\circ}\text{C}$	$K_p$	$M_d$	Регион	$\sum t > 10^{\circ}\text{C}$	$K_p$	$M_d$
Архангельский	1461	1,20	0,60	Псковский	1850	1,20	0,60
Ленинградский	1663	1,20	0,60	Новгородский	1800	1,20	0,60
Ивановский	1918	1,10	0,55	Тульский	2200	1,04	0,53
Владимирский	2048	1,08	0,55	Смоленский	2000	1,08	0,55
Костромской	1811	1,00	0,58	Тверской	1800	1,18	0,60
Московский	2100	1,12	0,56	Кировский	1850	1,04	0,49
Ярославский	1950	1,18	0,59	Курский	2370	0,95	0,42
Орловский	2230	0,99	0,53	Воронежский	2600	0,83	0,35
Нижегородский	2120	1,00	0,45	Липецкий	2350	0,92	0,42
Р. Мордовия	2290	0,95	0,40	Краснодарский	2600	0,96	0,43
Пермский	1800	1,08	0,55	Свердловский	1700	1,04	0,42
Рязанский	2300	0,96	0,45	Омский	1900	0,82	0,35
Ростовский	3500	0,94	0,39	Р. Марий Эл	2000	0,96	0,41
Ставропольский	3550	0,93	0,39	Вологодский	1850	1,20	0,60
Тамбовская	2360	0,92	0,42	Калужская	1850	1,18	0,60
Саратовский	2500	0,84	0,35	Волгоградский	2550	0,82	0,35
Самарский	2510	0,84	0,35	Пензенский	2260	0,94	0,38

2. Считается, что разлитая на поверхности воды сырая нефть на 55 % испаряется и биохимически разлагается за первые сутки, а оставшаяся масса (45 %) деградирует полностью в течение 10 лет. В среднем в Мировой океан ежегодно поступает 10-12 млн т нефти. В РФ ежегодные потери нефти из-за аварий на нефтепроводах составляют 15-20 млн т с общими прямым ущербом более 2 млрд долл.

Оцените количество нефтепродуктов, накопившихся в океане за 5 и 10 лет и назовите основные негативные последствия от разлива нефти.

Масса разлитой нефти за 5 и 10 лет составит, млн т,

$$m_0 = 5 \text{ (и } 10) \cdot 11.$$

Масса разложившейся нефти за первые сутки после разлива, млн т,

$$m_1 = 0,55 \cdot 11 \cdot 10.$$

Рассчитаем массу нефти, разложившуюся за 10 лет, при учете, что каждый год разлагается  $\frac{0,45}{10}$  часть изначальной массы, млн т,

$$m = 0,45 \cdot 11 \cdot \left( \frac{1+2+3+\dots+10}{10} \right)$$

или

$$m = \frac{m \times 0,45}{10} \times \sum_{i=1}^n i$$

Тогда массу оставшейся нефти в океане найдем путем вычитания, млн т.

$$m_{\text{ост н}} = m_0 - m_1 - m.$$

**3.** Поступление углекислого газа ( $P_{AT}$ ) в атмосферу составляет 7,2 млрд т/год, а его содержание в ней оценивается примерно 720 млрд т ( $C_{AT}$ ).

При слабой концентрации двуокиси углерода в атмосфере средняя планетарная температура составляла 255K ( $K_1$ ), в настоящее время она соответствует 288K ( $K_2$ ).

**Решение.** По экспертным данным подъем глобальной температуры на  $+4,0^{\circ}\text{C}$  может вызвать подъем уровня воды Мирового океана на 5,5 м ( $H_{\text{мо}}$ ). Территория РФ в среднем находится на высоте 75 м ( $H_{\text{тр}}$ ) над уровнем моря (Иваново – 180–200 м). Через какой период ( $\Delta T$ ) территория России и Иваново покроется слоем воды, если будет сохраняться на этом же уровне выброс двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ).

Следовательно, при выбросе каждого миллиарда тонн двуокиси углерода в атмосферу будет вызываться повышение температуры на  $\Delta T$ ,  $^{\circ}\text{C}/\text{Гт}$ :

$$\Delta T = \frac{K_2 - K_1}{C_{AT}} .$$

Таким образом, подъем средней планетарной температуры на 4K может произойти за время ( $t$ ), лет;

$$t = \frac{4K}{\Delta T \times \Pi_{AT}} ,$$

где  $K = 1$ .

Получается, что территория РФ (и г. Иваново в том числе) при данных условиях утонет через, лет

$$T = \frac{H_{TP}}{H_{MO}} \times t .$$

**4.** Средняя продолжительность существования видов флоры и фауны составляет 5–6 млн лет. За последние 1,0 млн лет исчезло примерно около 900 тыс. видов, в среднем — 1 вид в год. В настоящее время скорость исчезновения видов на 4 порядка больше, то есть за сутки исчезают 24 вида ( $V_i$ ).

Оцените, за какой период видовое разнообразие на планете уменьшится на 20 % при сохранении современной тенденции их исчезновения. Перечислите основные причины и следствия уменьшения видового разнообразия на планете.

**Решение.** Скорость исчезновения видов в год в настоящее время составляет:

$$V = V_i \times 365 \text{ видов в год.}$$

Известное число видов оценивается в 1,756 млн ( $N$ ).

Значит, видовое разнообразие сократится на 20 %,  $\Delta$

( $\Delta = 0,2$ ) за, лет,

$$t = \frac{\Delta \times N}{V} .$$

Объясните, что является в настоящее время основной причиной уменьшения видового разнообразия в биосфере?

**5.** Определить, сколько жителей ( $K_{ж}$ ) останется в России через 5 и 10 лет при коэффициенте естественной убыли населения ( $K_{Е.Н}$ ) 1,19 (по регионам он принимает значения от 0,88 до 1,15 %). Общий коэффициент смертности (ОКС) составляет 9 – 13 умерших на тысячу человек населения региона в год (в среднем 12). Рассчитать, сколько было бы жителей в регионе при общем коэффициенте рождаемости (ОКР) = 2,2 в эти же промежутки времени и при коэффициенте естественной убыли 1,19

( $K_{E.уб.н}$ ). Женщин детородного возраста (16 – 44 лет) на конец 2010 г. составляло 32587934 чел. На этот же период численность населения соответствовала 142,9 млн чел., в том числе женщин по возрастным группам: 16–17 лет 2485198 чел, 18 –19 лет – 2544902, 20-24 лет – 5683267, 25-29 лет – 5298826 чел, 30–34 года – 4921845, 35–39 лет – 5191530, 40–44 года 6462366 человек.

Количество родившихся детей в год составит:

$$K_{pд} = (K_{ж.д.в} - K_{нрд}) \cdot K_p,$$

где  $K_{pд}$  – количество родившихся детей,  
 $K_{ж.д.в}$  – количество детородных женщин,  
 $K_p$  – коэффициент рождаемости в долях (2,15 или 2,25:100);  
 $K_{нрд}$  – количество женщин, не способных родить детей по тем или иным причинам (20 % от общего количества женщин детородного возраста).

Количество умершего населения за определенный промежуток времени рассчитываются следующим образом:

$$K_{2011} = K_{2009} \cdot (1 - D_{окс})^t,$$

где  $D_{окс}$  – количество смертей на 1000 чел, в год;  
 $t$  – расчетный период, лет.

Следовательно, динамика численности населения на определенный период составит

$$H_d = K_H + K_P - K_{уб},$$

где  $H_d$  – расчетное количество населения, млн чел;  
 $K_H$  – количество населения на 2009 г., млн чел (145 млн);  
 $K_P$  – количество рождений за расчетный период (за тот же период, что и убыль населения), млн чел;  
 $K_{уб}$  – количество убывших людей за расчетное время, млн чел. рассчитывается по формуле ( $K_{уб} = K_{H2009} - K_{H2011}$ ).

Определить время удвоения численности населения. Время удвоения численности населения определяется, лет:

$$T_2 = \frac{70}{(OKP - OKC) \cdot 0,1},$$

где ОКР – общий коэффициент рождаемости, взятый Вами;  
ОКС – общий коэффициент смертности, тоже самое.

Темпы роста (или убыль) населения, %, рассчитываются по выражению

$$TP = \frac{OKP - OKC}{10}$$

6. Уменьшение толщины озонового слоя на 1 % из-за увеличения потока УФ - излучения на 2 % ведет к росту заболеваний кожи (S) на 4,0 %. Оцените рост заболеваемости раком кожи через 5 лет (t) по отношению к настоящему времени, если средняя скорость ( $V_{ucm}$ ) уменьшения озонового слоя равна 0,224 % ежегодно. За определяемый период озоновый слой может уменьшиться на, %,

$$\Delta O_C = V_{ucm} \times t.$$

Вероятность ( $B_3$ ) заболевания раком кожи на каждый процент истощения озонового слоя составляет, %,

$$B_3 = \Delta O_C \times S.$$

Главная причина истощения озонового слоя – это выброс в атмосферу галогеноводородов (производных хлора, брома) и оксидов азота.

7. Оцените уровень изъятия первичной биомассы в регионе и сделайте соответствующие выводы, если численность населения в регионе составляет (N) человек, а земельный фонд области (S). Данные по фитомассе (m) взять из задания 1,2 (любая культура). Используя указанные обозначения, найдем максимально возможное количество первичной биомассы, которое должно было бы производиться на одного жителя области в невозмущенной среде ( $g_6$ ), т/ (год· чел),

$$g_6 = \frac{m \times Sn}{N},$$

где m – продуктивность фитомассы, т/(год·чел)

Изъятие первичной биопродукции находим по формуле, %,

$$D = \frac{g_6 \times 100}{N},$$

где  $D$  — доля изымаемой продукции.

Если данное значение намного превышает допустимый порог (1%) изъятия первичной биопродукции, делает невозможным действие принципа Ле Шателье - Брауна на континентальной части планеты.

**8.** Каждый год от заболеваний, связанных с курением, в РФ преждевременно умирает около 300 тыс. человек — в мире более 5 млн. Подавляющее большинство курильщиков в России — мужчины (около 70 %), среди женщин — 26%. В США курят 26 % мужчин и 22 % женщин.

Оцените степень опасности острого отравления солями кадмия от курения, если при выкуривании одной сигареты в организм поступает 0,01 мг ( $M_{Cd}$ ) кадмия, от пассивного курения 0,004 мг ( $M_{Cd}$ ), за сутки человек выкуривает до 20 сигарет ( $K_C$ ). Выявлено, что острое отравление наступает при попадании в организм 1—2 (1,5 среднее значение) мг кадмия на 1 кг тела человека ( $C_n$ ). За один час нахождения среди курящих, человек получает столько же кадмия, если бы он сам выкурил одну сигарету (находится человек среди курящих 3-4 часа в смену, смена 8 часов).

ПДК<sub>МР</sub> кадмия в воздухе населенных мест должна быть не выше 0,2 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточная концентрация ПДК<sub>СС</sub> — 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

Определите, за какое время курильщик получит опасную дозу вредного вещества от курения?

У курящего за сутки поступит в организм кадмия ( $D_{Cd}$ ), мг,

$$D_{Cd} = M_{Cd} \cdot K_C.$$

Опасная доза кадмия на массу тела составит, мг,

$$D_{MT} = M_T \cdot C_n,$$

где —  $D_{MT}$  опасная доза кадмия при массе тела человека, мг;

$M_T$  — масса собственного тела человека, кг;

$C_n$  — опасная кумулятивная доза на кг тела, мг.

Следовательно, курильщик опасную дозу получает через  $T$  суток:

$$T_{\text{сум}} = \frac{D_{\text{MT}}}{D_{\text{СД}}}$$

Таким же образом определяем время, в течение которого произойдет отравление у пассивного курильщика.

Все это верно при условии, если выведение и нейтрализация соединений кадмия в организме не происходят.

### 📖 ? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дать определение биоклиматического потенциала. Для каких целей используется и как складывается этот показатель по регионам ?
2. От чего зависит биоклиматический потенциал?

## Раздел 2. Загрязнение окружающей среды

### Задание 2.1. Расчёт выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива

В настоящее время человечество сжигает ежегодно 1,5 млрд т угля -3,2 млрд т нефтепродуктов, а также природный газ, торф, горючие сланцы и дрова. Все это превращается в углекислый газ и другие вредные соединения. Содержание диоксида углерода в атмосфере возросло с 0,031 (1956 г.), до 0,038 % (2005 г.) и продолжает расти.

Подсчитано, что от одного человека в сутки в среднем поступает со сточными коммунальными водами 65 г взвешенных веществ, 8 г аммонийного азота, 3,3 фосфора, 9 г хлоридов, 60-75 г органического вещества (БПК<sub>п</sub>). На 1 т переплавленного чугуна приходится 4,5 кг пыли, 2,7 кг – окислов серы, 0,015 кг – марганца.

При сжигании угля вместе с золой и отходящими газами некоторых элементов в окружающую среду поступает больше, чем добывается из недр земли: магния – в 1,5 раза, молибдена – 3, мышьяка- 7, урана, титана - 10, алюминия, стронция, бериллия, циркония -100, галлия, германия – 1000, иттрия – в десятки тысяч раз.

В Российской Федерации 2/3 населения проживает в неблагоприятных в экологическом отношении условиях. В том числе на территориях с загрязненным атмосферным воздухом вредными веществами (млн чел): взвешенными веществами – 15,2, СО – 4,7, бенз(а)пиреном – 13,9, аммиаком – 3,7, фенолом – 10,4, бензолом – 2,6, диоксидом азота – 53, свинцом – 2,4, фтористым водородом – 5,3, оксидом азота – 1,5, сероуглеродом – 5,1, сероводородом – 1,5, формальдегидом – 4,9.

Для очистки пылевоздушных выбросов промышленных предприятий от пыли применяются механические фильтры (фильтры-пылеуловители, сухие или мокрые, электрические, инерционные, вихревые фильтры-пылеуловители).

**Задание:** произвести расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании различного вида топлива;

**Цель задания:**

- 1) познакомиться с составом выбросов при сжигании топлива;
- 2) рассчитать выбросы предприятия;
- 3) выбрать подходящую для этого систему очистки газов. Зная степень очистки, рассчитать выброс после проведения очистки.

При сжигании различных видов твердого топлива в атмосферу поступает значительное количество твердых частиц (зола, пыль, сажа), окислов серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ), окислов азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ), окиси углерода ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ), а также альдегиды и органические кислоты.

Около 60 % общего количества аэрозолей, попадающих в атмосферный воздух, составляют твердые частицы (главным образом, пыль и зола), образовавшиеся при сжигании угля. Выброс золы при сжигании твердого топлива зависит от состава его минеральной части, типа топочного устройства и эффективности работы пылеулавливающих установок. Зольность отечественных углей колеблется от 10 до 55 %, запыленность высокозольных углей – 60–70 г/м<sup>3</sup>. Сернистость углей в зависимости от месторождения колеблется 0,3 – 6,0 %.

При сжигании угля с содержанием минеральной части в рабочей массе топлива ( $K_{\text{м.ч}}$ ) 16 – 20 % в камерных топках вынос твердых частиц за пределы топочной части составляет 20 % ( $G_{\text{ун}}$ ) от массы топлива. Содержание золы в уносе для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением соответствует ( $a_{\text{ун}}$ ) 0,80 – 0,90 %. Выброс окиси углерода котельными установками зависит в основном от регулирования процесса горения.

Наиболее значительными по объему и трудно поддающимися очистке загрязнителями атмосферы являются окислы серы. 60–80 % ежегодного выброса окислов серы в атмосферу выбрасывается с продуктами сгорания от котлов и печей. При сжигании топлива в камерных топках практически вся сера переходит в сернистый ангидрид, причем содержание окиси серы в дымовых газах не зависит от организации топочных процессов и практически определяется концентрацией серы в топливе.

Более 90 % от общего количества выбросов азота в атмосферу приходится на продукты сгорания твердого и жидкого топлива и газа. 1– 5 % от общего количества окиси азота вместе с продуктами сгорания удаляются через дымовые трубы в атмосферу.

Сжигание мазута и природного газа, так же как и сжигание твердого топлива, сопровождается выделением различных вредных веществ (окиси углерода, окислов азота, серы и сернистого ангидрида, летучих углеводородов, золы и сажи).

При горении жидкого топлива выделяется мелкодисперсная сажа, обладающая большей токсичностью, чем обычная пыль, оказывающая неблагоприятное влияние на прозрачность атмосферы. Количество твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу при сгорании мазута, составляет до 0,5 % от массы топлива.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. Данные по топливу (**B**) взять из задания 1 (4 задача самостоятельной работы, сэкономленный каменный уголь ( $m_{кy}$ )).

### *Расчет выбросов твердых частиц*

Количество золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами каждого котлоагрегата за год при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается по формуле

$$K_3 = \frac{B \times K_{M.ч}}{100 - G_{yn}} \times a_{yn} (1 - \eta_3), \quad \text{т/год}$$

где  $K_3$  – количество золы и недогоревшего топлива, т;  
 $B$  – расход топлива, т/год;

$K_{\text{МЧ}}$  — зольность топлива на рабочую массу, %;  
 $a_{\text{УН}}$  — доля золы в уносе выбрасываемых газов, %;  
 $\eta_{\text{зола}}$  — доля твердых частиц, улавливаемых в сухих золоуловителях (первые 4 строки) (табл. 8, строки 1-2 и 4, из любой);  
 $G_{\text{УН}}$  — содержание горючих веществ в уносе, %.

При отсутствии эксплуатационных данных по содержанию горючих веществ в уносе значение  $G_{\text{УН}}$  принимают в соответствии с  $g_4$ , где  $g_4$  — потеря тепла от неполноты сгорания топлива, % (принимается по нормам теплового расчета).

### *Расчет выбросов окиси углерода*

Количество окиси углерода (т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов за год при сжигании органического топлива, вычисляют по формуле

$$M_{\text{CO}} = 0,001 \times C_{\text{н}} \times B \times \gamma_{\text{н}} \times \left( 1 - \frac{g_4}{100} \right),$$

где  $C_{\text{н}}$  — коэффициент, характеризующий выход окиси углерода при сжигании твердого, жидкого и газообразного, кг/т или кг/тыс. м<sup>3</sup> (табл. 9);

$B$  — расход топлива (твердого, жидкого и газообразного), т/год или тыс. м<sup>3</sup>/год;

$\gamma_{\text{н}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние режима горения на выход окиси углерода;

$g_4$  — потеря тепла от неполноты сгорания топлива, % (принимают по нормам теплового расчета).

При нормальной эксплуатации котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха на выходе из топки ( $a_{\text{T}}$ ), коэффициент  $\gamma_{\text{н}} = 1$ .

### *Расчет выбросов окислов серы*

Количество окислов серы и сернистого ангидрида в пересчете на  $\text{SO}_2$  (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по следующей формуле

$$M(\text{SO}_2) = 0,02 \times B \times S_{\text{p}} \times (1 - \eta_{\text{SO}_2}) \times (1 - \eta_{\text{SO}_2}^1),$$

где  $B$  — расход топлива, т/год;

$S_p$  — содержание серы в топливе на рабочую массу, 0,03 — 0,06;

$\eta_{SO_2}$  — доля окислов серы, связанных летучей золой в котле (0,025-0,045);

$\eta^1_{SO_2}$  — доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Ориентировочные значения  $\eta^1_{SO_2}$  при сжигании различных видов топлива:

сланцы	—	0,5
угли	—	0,02
мазут	—	0,02
газ	—	0,01.

#### *Расчет выбросов окислов азота*

Количество окислов азота в пересчете на  $NO_2$  (т/год), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата за год, рассчитывается по следующей формуле

$$M_{NO_2} = 0,143 \times 10^{-6} \times K \times B \times Q \cdot \left(1 - \frac{g_4}{100}\right) \times \beta_1 \cdot (1 - \beta_2 \times r) \cdot \beta_3$$

где  $K$  — коэффициент, характеризующий выход окислов азота, кг/т условного топлива (расчет сделать по средней формуле);

$Q$  — теплота сгорания натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, ккал/кг или ккал/м<sup>3</sup> (можно взять из табл.3 для более точного расчета или табл. 7- коксовый уголь);

$g_4$  — потери тепла от механической неполноты сгорания, %;

$\beta_1$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота  $N_2$ ) и способов шлакоудаления (твердое шлакоудаление-табл. 10);

$\beta_2$  — коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку, 0,50—0,60;

$r$  — степень рециркуляции дымовых газов, в долях;

$\beta_3$  — коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок  $\beta_3 = 1$ , для расчета нужно взять прямоточную = 0,85).

Для котлоагрегатов с производительностью пара менее 70 т/ч расчет К ведется по формуле:

$$K = \frac{P_{\phi}}{20},$$

При высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками котла ниже 75 % номинальной в формулы  $P_{\phi} = 0,75 P$ , низкотемпературном —  $P_{\phi} = P$ . Для расчета берем высокотемпературное сжигание. Производительность используемых современных котлоагрегатов (П) при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива составляет 4 -180 Гкал/ч. КПД угольных котлов составляет 90,5 — 92,4 %, а коэффициент рециркуляции газов (r) составляет **20 %**.

Исходные данные для расчетов находятся табл. 7 и 8.

**Таблица 7**

**Содержание вредных веществ в сгораемом топливе**

Наименование топлива	Содержание вредных веществ в топливе, % от массы					Q теплота сгорания, ккал/кг, ккал/т, (м <sup>3</sup> )
	СО	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Пыль	Зола	
Средняя по углям	75,2	2,5	1,8	5,4	16-20	8000
Сланцы	73,5	3,9	0,3	-	53,5	8200
Торф кусковой	57,8	0,3	2,5	3,3	11	7850
Газ	12,9	-	0,023	-		8250
Мазут высокосернистый	86,2	3,0	0,5	0,06	0,3	9500
Дрова	51	-	0,6	-	1,0	4510

Таблица 8

**Эффективность аппаратов газоочистки и пылеулавливания**

Аппарат, установка	Эффективность, % $\eta$	
	Твердые или жидкие частицы	Газообразные примеси: SO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> и др.
Золоуловители жалюзийного типа	<b>50</b>	
<b>Грунтовые циклоны ЦН-15</b>	<b>70–85</b>	
<b>Пылевые камеры</b>	<b>45–50</b>	
Установки для очистки от окислов азота		65–90
Насадочные башни, пенных и барбатажных скрубберах (мокрая очистка)		86-95

Потери тепла ( $g_4$ ) с механическим недожогом при  $a_T = 1,15 - 1,20$ :

1. *Угли*. Потери тепла в среднем находятся на уровне 2,5 – 3,0 %, торф – 0,75 %, сланцы – 0,5 %.
2. *Мазут*. Потери тепла ( $g_4$ ) при загрузке при  $a_T = 1,02 - 1,03$ . При загрузке котла на 100 % потери тепла составляют 1,5 – 0,2 %, 70 – 100 % – 0,2 – 0,25 %, менее 70 % – 0,4 – 0,5 %.
3. *Газ*. Потери тепла при  $a_T 0,03 - 1,05$  и при 100 %-й загрузке котла они равны 0,05 – 0,07 %, 70 до 100 %-й – 0,05 – 0,1, менее 70 % – 0,1 – 0,15 %.

**Таблица 9**

**Значение коэффициента ( $C_n$ ) кг/т или кг/тыс. м<sup>3</sup>**

Вид топок	Камен- ные угли	Сланцы	Торф	Ма- зут	Газ при- родный
Камерные с твер- дым шлакоудале- нием для котло- агрегатов произво- дительностью, т/ч					
25	<b>13</b>	5,4	4,1		
35	<b>13</b>	5,4	4,1		
50	<b>13</b>	5,4	4,1		
Камерные для кот- лоагрегатов произ- водительностью, т/га					
До 75				19,4	17,9
75 и >				9,6	9,3
Слоевые механи- зированные топки	25,7	31,0	16,0		

**Таблица 10**

**Значение коэффициента  $\beta_1$ , при сжигании твердого топлива  
(среднее)**

Топливо	Содержание азота, % сред- нее	При твердой и средней шлако- удалении	При жидком шлакоудалении среднее
Уголь	1,5	<b>0,913</b>	1,05
Природный газ	-	0,85	
Мазут	-	0,75	

## Задание 2.2. Расчёт экологической безопасности биосферы при загрязнении вредными веществами

**Задание:** научить студента производить расчёты выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, гидросферу и на почву.

**Цель задания:** оценка допустимого значения выброса вредных веществ в компоненты биосферы.

Степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливают по кратности превышения ПДК с учетом класса опасности, суммации биологического действия загрязнений воздуха и частоты превышения ПДК.

Кратность превышения рассчитывается по следующей формуле

$$K = \frac{C_{95}}{ПДК},$$

где  $C_{95}$  – значение концентрации вредного вещества с уровнем достоверности 95 %;

ПДК – предельно допустимые концентрации вредного вещества (табл. 11).

Допустимость воздействия оценивается путем сравнения максимально разовых ( $M_{рк}$ ) и среднесуточная ( $C_{cc}$ ) концентрации с соответствующими ПДК вредных веществ по соотношению

$$C_{mp} = C_{\phi} \leq ПДК,$$

где  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация того же вредного вещества в воздухе.

Для вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, допустимость воздействий оценивается по сумме безмерных концентраций:

$$\frac{C_1 + C_{\phi}}{ПДК_1} + \frac{C_2 + C_{\phi}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n + C_{\phi}}{ПДК_n} \leq 1.$$

Так, например, суммационное воздействие проявляют следующие химические соединения: окислы азота, серы и сероводорода ( $NO_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ); минеральные кислоты ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_2$ ,

HCl); газы — этилен, пропилен, анилин; озон, диоксид азота, а также формальдегид.

**Таблица 11**

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе селитебной зоны**

Загрязняющие вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		ПДК <sub>МР</sub>	ПДК <sub>СС</sub>
Пыль нетоксичная	3	0,5	0,15
NO <sub>2</sub> – диоксид азота	2	0,085	0,04
SO <sub>2</sub> – диоксид серы	3	0,5	0,05
SO <sub>3</sub> – сернистый ангидрид	3	-	0.15
Зола	4	0,5	0,1

Примечание. ПДК<sub>МР</sub> – максимально разовая, ПДК<sub>СС</sub> – среднесуточная.

*Расчет концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от одиночного стационарного источника*

Стационарными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу считаются котельные, обеспечивающие население и предприятия теплом, а также ТЭЦ и ТЭС, производящие не только тепло, но и электроэнергию. В данном случае важными факторами для уменьшения концентраций вредных веществ являются: сжигаемое сырье, высота трубы, отводящие газы и скорость перемещения воздушных масс в атмосфере, а также скорость выбрасываемых газов через устье трубы.

В зависимости от высоты выброса газов над уровнем земной поверхности, трубы подразделяют на высокие > H = 50; средней высоты H = 10–50; низкие H = 2–10; наземные до 2 м.

Распространение промышленных выбросов в атмосфере подчиняется законом турбулентной диффузии. Горизонтальное перемещение газов зависит в основном от скорости ветра, вертикальное же перемещение зависит от температуры и плотности газов, распределения температур по высоте (инверсии

$\frac{\Delta T_{\epsilon}}{\Delta h} > 0$ , изотермии  $\frac{\Delta T_{\epsilon}}{\Delta h} = 0$ , конвенции  $\frac{\Delta T_{\epsilon}}{\Delta h} < 0$ , где  $\Delta T_{\epsilon}$  - температура атмосферного воздуха на определенной высоте,  $\Delta h$ ).

Скорость движения воздушных потоков оказывает неоднозначное влияние на рассеивание вредных веществ. С одной стороны, её увеличение способствует турбулентному перемешиванию загрязняющих веществ с окружающим воздухом и снижению их концентраций. С другой стороны, ветер уменьшает высоту выброса газов над устьем трубы, пригибая к поверхности земли, способствуя повышению концентрации. Скорость ветра, при которой приземные концентрации при прочих равных условиях имеют наибольшие значения, называется опасной скоростью ветра ( $V_{о.в}$ ).

Зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстояние от 10 до 50 высот трубы, исключают из селитебной (жилой) застройки.

Расчёт максимального значения концентрации вредного вещества ( $C_m$ ) и расстояние ( $X_p$ ), на котором будет достигнуто значение  $C_m$  при неблагоприятных метеоусловиях, производится по формуле,  $мг/м^3$ ,

$$C_{M(SO_2)} = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_T \times \Delta T}},$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации (расслоения) атмосферы (140 центральные, 200 северные, 240 южные регионы);

$M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газов из устья источника;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (при перепаде высот менее 50 м на 1 км длины ( $\eta = 1$ ));

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли, м;

$\Delta T$  – разность температур между температурой выбрасываемых газов ( $T_T$ ) и температурой ( $T_B$ ) окружающей среды, °С,

$$\Delta T = T_T - T_B,$$

где  $T_a$  – температура сгораемых газов на выходе из устья трубы, °С. Исходные данные в табл.11.

По уравнению  $V_{\Gamma} = 0,785 \times D^2 \times W_0$  вычисляем скорость выброса газов из устья трубы, м/с:

$$W_0 = \frac{V_{\Gamma}}{0,785 \times D^2},$$

где  $D$  – внутренний диаметр трубы, м;

$W_0$  – скорость выброса газов из устья трубы, м/с.

Находим опасную скорость воздушных масс ( $W_M$ ) на уровне флюгера. Это необходимо знать для сравнения скорости выброса и сноса газов и возможное пригибание их к земле, м/с,

$$W_M = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_{\Gamma} \times \Delta T}{H}}.$$

После проведения расчетов двух скоростей сравнить их и дать пояснение, относится ли наружная скорость движения воздушных масс к опасным по отношению к скорости выброса газов и устья трубы.

Расчет  $C_M$  для второго и последующих загрязнений можно упростить, используя выражения, г/с:

$$C_{M(NO_2)} = C_{M(SO_2)} \times \frac{M_{\Gamma NO_2}}{M_{\Gamma SO_2}} \times F_{\Gamma};$$

$$C_{M(зола)} = C_{M(SO_2)} \times \frac{M_{\Gamma зола}}{M_{\Gamma SO_2}} \times F_{зола}.$$

Определяем ПДВ и минимальную высоту источника выбросов.

Если рассеиваемые вещества обладают суммой вредного действия, то ( $C_{ф.с}$ ) в расчетах следует использовать приведенные массы выбросов  $M_c$  и фоновых концентраций  $C_{ф}$ , которые определяются по следующим формулам, мг/м<sup>3</sup>:

$$C_{св} = M_1 + M_2 \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + M_n \frac{ПДК_1}{ПДК_n};$$

$$C_{ф св} = C_{ф 1} + C_{ф 2} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + \frac{ПДК_1}{ПДК_n},$$

где  $C_{ф.св}$  и  $C_{ф.1}$  – фоновые концентрации загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным действием.

Если два вещества обладают однонаправленным действием, то подставим данные задания в формулу, г/с:

$$M_c = M_1 + M_2 \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} = M_1(sO_2) + M_2(NO_2) \frac{ПДК_1 sO_2}{ПДК_2 NO_2}.$$

По этой же формуле определяем, мг/м<sup>3</sup>,

$$C_{ф.с} = C_{ф.с(sO_2)} + C_{ф.с(NO_2)} \frac{ПДК_1 sO_2}{ПДК_2 NO_2}.$$

Максимальную высоту источника выбросов можно рассчитать по формуле, м,

$$H_1 = \sqrt{\frac{A \times M_c \times F \times \eta}{(ПДК_{сс} - C_{ф}) \times \sqrt[3]{V_T \times \Delta T}}}.$$

Поскольку однонаправленным действием, эффектом суммации обладают SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>, то значение максимальной концентрации приведем SO<sub>2</sub> и рассчитаем его по формулам, мг/м<sup>3</sup>:

$$C_{M.C} = C_{M_1} + C_{M_2} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + C_{M_n} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_n};$$

$$C_{M.C} = C_{M(sO_2)} + C_{M(NO_2)} \times \frac{M_1(sO_2)}{M_2(NO_2)}.$$

Примем, что по проведенным расчетам  $m_1$  и  $n_1 = 1,31$  и  $1,47$ ,  $m$  и  $n = 0,994$  и  $1,12$ .

Следовательно, находим высоту трубы для соответствующего

загрязнителя, м,

$$H_2 = H_1 \times \sqrt{\frac{m_1 \times n_1}{m \times n}}.$$

Высоту трубы ( $H_2$ ) определяют для полного рассеивания выбросов  $NO_2$  и  $SO_2$ , золы, так как при меньшей высоте эти значения могут превышать ПДВ.

ПДВ определяется следующим образом, г/с,

$$ПДВ_c (SO_2) = \frac{(ПДК_{CC} - C_\phi) \times H^2}{A \times F \times m \times n \times \eta} \times \sqrt[3]{V_r \times \Delta T}.$$

Таким же образом находим ПДВ золы, но только вместо значения  $F_r = 1$  примем  $F_{зола} = 2,5-3,0$ .

Из соотношения  $\frac{M_1}{M_2} = \frac{ПДВ_1}{ПДВ_2}$  можно выразить

$$ПДВ_2 = ПДВ_1 \times \frac{M_1}{M_2}, \text{ получим уравнение}$$

$$ПДВ_1 = ПДВ_c - ПДВ_1 \times \frac{M_2}{M_1} \times \frac{ПДК_1}{ПДК_2}.$$

Таким способом ПДВ каждого вещества можно рассчитать, г/с,

$$ПДВ_1 = \frac{ПДВ_c}{1 + \frac{M_r}{M_1} \frac{ПДК_1}{ПДК_2}}.$$

Расчеты показывают, что рассеивание при предельно допустимом выбросе (ПДВ) газов, при высоте трубы, равной 40 м соответствует, г/с.

Расстояние ( $X_m$ ) от источника выбросов, при котором наблюдается максимальное значение концентрации ( $C_m$ ), определяется по выражению, м:

$$X_{M(\text{газов})} = \frac{5 - F_{\text{ГАЗОВ}}}{4} \cdot d \cdot H;$$

$$X_{M(\text{золы})} = \frac{5 - F_{\text{ЗОЛЫ}}}{4} \cdot d \cdot H,$$

где  $d$  – безразмерный коэффициент, который находится при  $\Delta T > 0$ . В данном случае будем считать, что он равен от 6,920 до 8,678.

В случае, если концентрация вредных веществ превышает предельно допустимые уровни, то необходимо увеличить высоту трубы до величины, на которой будет происходить разбавление вредных веществ до безопасного уровня.

**Таблица 12**

**Исходные данные для решения задачи**

Наименование	Значение
Принятая высота дымовой трубы (H), м	40–50
Расход выбрасываемых продуктов сгорания ( $V_T$ ), м <sup>3</sup> /с	1,906–5,766
Масса вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу ( $M_{1,2,3}$ ), г/с:	
$M_1$ диоксида серы ( $SO_2$ )	11,5–13,6
$M_2$ золы	5,944–6,255
$M_3$ диоксида азота	0,267–0,301
Степень очистки продуктов сгорания от золы, %	70–80
Внутренний диаметр трубы (D), м	0,9 –1,2
Температура продуктов сгорания ( $T_T$ ), °C	138–145
Температура окружающего воздуха (зима) ( $T_B$ ), °C	– 10
коэффициент оседания частиц (зима)	1,290–1,306
Температура окружающего воздуха (лето) ( $T_B$ ), °C	+20
Кoeffициент оседания частиц лето	1,250–1,260
Значение $F_{\text{ГАЗОВ}}$ для вредных газов	1,0
Для пыли и золы при $F_{\text{ЗОЛЫ}}$ при КПД = 75% – 90%	2,5–3,0
Фоновые концентрации веществ в атмосфере ( $C_{\text{ф}}$ ), мг/м <sup>3</sup> :	
диоксида серы ( $SO_2$ )	0,02
Золы	0,028
диоксида азота ( $NO_2$ )	0,008

Безразмерный коэффициент $d$ , который находят при $\Delta T > 0$	6,925–7,088
$n$ и $n_1$	1,12 и 1,47
$m$ и $m_1$	0,994 и 1,34

### **Задание 2.3. Автотранспортное загрязнение окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека**

Машина с бензиновым двигателем за пройденные 15 тыс. км потребляет 4350 кг кислорода, выбрасывает — 3250 кг углекислого газа, 530 кг — оксида углерода, 93 кг — углеводов, 27 кг — оксидов азота.

Мировой автомобильный парк, по некоторым данным, составляет 1,0–1,200 млн ед. В РФ на 2007 г. он соответствовал 24 млн ед. Доля автомобильного парка в загрязнении биосферы в РФ равна 40–50 % от общего выброса, США — 55. В мегаполисах выбросы загрязняющих веществ находятся на уровне 70–80 % от общего объема выбросов. В среднем автомобиль за год эксплуатации выделяет около 200 кг CO, 60 кг — NO, 40 кг — углеводов, 3 кг — металлической и резиновой пыли, 2 кг — SO<sub>2</sub>, 0,5 кг — свинца, 2 кг — бенз(а)пирена и другие, выделяется тепло до 60 ГДж.. Установлено, что на сжигание 1 кг бензина современный автомобиль расходует 12 м<sup>3</sup> атмосферного воздуха (или 250 л в кислородном эквиваленте), человек же за сутки на дыхание потребляет воздуха —15,5 м<sup>3</sup>.

Кроме того, по данным ВОЗ на дорогах мира ежегодно в результате ДТП погибает — 5,1 млн чел и каждый пятый из них — ребенок. РФ вследствие ДТП ежегодно погибает 30–33 тыс. человек, получают травмы разной тяжести 250–290 тыс. чел.

Автотранспорт — важный источник акустического загрязнения окружающей среды (75–95 %). В крупных городах уровень шума от работы автотранспорта достигает 70–75 дБА (А — промеры по шкале шумомера А), что превышает допустимые нормы.

В табл. 13 даны некоторые вредные вещества, отрицательно воздействующие на здоровье человека.

**Таблица 13**

**Влияние выхлопных газов автомобилей на здоровье человека**

Вредные вещества	Последствия воздействия на организм человека
Оксись углерода (CO)	Препятствует адсорбции кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексы, вызывает сонливость и может стать причиной потери сознания и летального исхода
Оксиды азота (N <sub>x</sub> O <sub>x</sub> )	Увеличивают восприимчивость организма к вирусным заболеваниям (типа гриппа), раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию, отек легких
Сернистый ангидрит (SO <sub>2</sub> )	Раздражает слизистую оболочку органов дыхания, вызывает кашель, нарушает работу легких; снижает сопротивляемость к простудным заболеваниям; может обострить хронические заболевания сердца, а также вызывает бронхит
Свинец (Pb)	Способствует появлению отклонений в функционировании половой системы, дефектов у новорожденных, замедлению развития детей с самого раннего возраста, вызывает бесплодие, спонтанные аборт и другие нарушения
Сажа	Опасность сажи заключается в адсорбции на своей поверхности канцерогенов
Бенз(а)пирен	Относится к супертоксикантам, вызывающим — новообразования

**Задание:** определить объем автотранспортного загрязнения окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека в районе автомагистрали.

**Цель задания:** ознакомиться с видами автотранспортного загрязнения атмосферного воздуха около автомагистралей такими вредными соединениями, как оксиды углерода, азота и свинца, ангидриды серы, углеводороды и органическая пыль (полученные данные записать в табл.20).

## Методические указания по выполнению задания

Для выполнения этого задания необходимо выбрать участок дороги длиной (L) 500 – 1000 м и на этом отрезке определить количество автотранспорта, проходящего за 20 мин и в течение 1 ч в обоих направлениях движения по автомагистрали.

В табл. 14 даны выбросы некоторых вредных веществ при сгорании 1 т топлива, пробеговые выбросы вредных веществ в табл. 15.

**Таблица 14**  
**Значение коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ (ВВ) проходящим автотранспортом в зависимости от вида топлива**

Вид топлива	Значение коэффициентов (К), кг/т, (г/кг)					
	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Pb	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub>	сажа
Бензин	395	1,6	20,0	0,7	34,0	2,0
Дизтопливо	9,0	6,0	33,0	—	20,0	16,0

Исходные значения для расчетов расхода топлива по пробегу автомашин даны в табл. 16.

**Таблица 15**  
**Пробеговые выбросы различных групп автомобилей**

Вид автотранспорта	Удельные пробеговые выбросы, г/км						
	CO	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub>	NO <sub>x</sub>	C	SO <sub>2</sub>	Pb	SO <sub>3</sub>
Легковой (Б)	19,8	2,3	0,28	-	0,07	0,035	
Автобусы ПАЗ (Б)	37,3	6,9	0,8	-	0,19	0,043	0,85
Автобусы (ДТ)	6,2	1,1	3,5	0,3	0,56	-	
«Газели» (ДТ)	28,5	3,5	0,6	-	0,11	0,054	0,88

**Таблица 16**  
**Норма расхода топлива**

Тип автотранспорта	Норма расхода, л /100 км (Q)	Удельный расход топлива, л /км (q)
Легковой (Б)	8 – 14	
Грузовой (Б)	26 – 28	
Автобусы (Б)	30 – 32	
Грузовой (ДТ)	22 – 24	

Автобусы (ДТ)	24 – 26	
Газель (ДТ)	6 – 8	

Расчет сожженного топлива определяется по формуле

$$Q = q \cdot L.$$

Студент должен заполнить таблицу (табл. 17) исходя из данных, полученных при подсчете автотранспорта на автомагистрали.

**Таблица 17**

**Учёт автотранспорта и расчет общего пути**

Тип автотранспорта	Проехало автомобилей за 20 мин, ед	Проехало автомобилей за 1 ч, ед	Общий путь, пройденный общим количеством автомашин за 1 ч, км (L)
Легковой (Б)			
Грузовой (Б)			
Автобусы (Б)			
Легковой (ДТ)			
Автобусы (ДТ)			
Грузовой (ДТ)			

Общий путь, пройденный выявленным количеством автотранспорта каждого типа за 1 ч, определяется по формуле, км:

$$L_{\text{общ}} = N_a \cdot L_{\text{уч}},$$

где  $L_{\text{общ}}$  — расстояние, пройденное каждым типом автомобилей, км;

$N_a$  — количество автотранспорта, учтенного в течение 1 ч;

$L_{\text{уч}}$  — длина учетного участка (500 – 1000 м), км.

Необходимо рассчитать расход топлива каждым видом автотранспорта и записать в таблицу (табл. 18).

**Таблица 18**

**Расход топлива (Q), л**

Тип автотранспорта	Q	
	Бензин	Дизтопливо
Легковой (Б)		—
Автобусы (Б)		—
Грузовой (Б)		—
Легковой (ДТ)	—	

Автобусы (ДТ)	—	
Грузовой (ДТ)	—	
Всего		

Количество выбросов вредных веществ для здоровья человека, поступающих в атмосферу при сгорании топлива в двигателях автомобилей, оценивается расчетным методом. *Количество свинца найти по расходу бензина грузовым транспортом и автобусов.*

Рассчитать массу выделившихся вредных веществ ( $m$ , г) по формуле

$$m = Q \cdot K_{\text{св}} \cdot P,$$

где  $m$  — масса выделившегося вредного вещества, г;

$Q$  — расход топлива, кг;

$K_{\text{св}}$  — количество вредного вещества в 1 кг топлива, г;

$P$  — плотность дизельного топлива ДТ- 0,80 (лето) при температуре + 20<sup>0</sup>С. и 0,850 (зима), бензина АИ 80 — 0,750 кг/л бензина; АИ- 92 – 95 и 98 – 0,755 кг/л при + 15<sup>0</sup>С;

Плотность некоторых нефтепродуктов

нефтепродукты	Плотность при + 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>
Авиационный бензин	0,73-0,75
Автомобильный бензин	0,71-0,76
Топливо для реактивных двигателей	0,76-0,84
Дизельное топливо	0,80-0,85
Моторное масло	0,88-0,94
Мазут	0,92-0,99
Нефть	0,74-0,97

Примечание. Наименьшая плотность наблюдается летом, наибольшая зимой

или по формуле 
$$m = \frac{Q \cdot M}{22,4},$$

где  $m$  — масса выделившегося вредного вещества, г;

$M$  — молекулярная масса вещества;

$Q$  — удельный вес расхода топлива с учетом пройденного пути всеми видами транспорта, работающего на бензине, кг. По этой формуле рассчитываются те выбросы, которые не представлены в таблицах.

Молекулярная масса соединений: SO<sub>2</sub> – 64,06; O<sub>2</sub> – 32; CO – 28,1; CO<sub>2</sub> – 44,01; NO<sub>2</sub> – 46,01, NO – 30,01, C – 12,01, Pb – 207,19, C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> (бенз(а)пирен) – 200; SO<sub>3</sub> – 80; NO – 30,

$$\text{или } m = L \cdot \Pi_B,$$

где  $L$  – расстояние, км;

$\Pi_B$  – пробеговой выброс, г/км.

Для определения выброса вредных веществ (мг/м<sup>3</sup>) на учетной территории необходимо определить их массу (общую массу по видам) и объем воздуха по формуле

$$W_y = L \cdot \Pi \cdot H,$$

где  $L$  — расстояние, взятое для учета транспорта, м (500 – 1000);

$\Pi$  — ширина проезжей части дороги 60 – 70 м (от дома до дома);

$H$  — высота, равная росту человека, м (1,8 – 2,0);

$W_y$  — объём воздуха на учетной территории, м<sup>3</sup>.

Выброс вредных веществ на учетную территорию определяется по формуле:

$$V_{\text{уч.т}} = m / W_y$$

Объем воздуха, необходимый для разбавления (при безветрии) опасной концентрации до санитарных норм, определяется следующим образом, м<sup>3</sup>:

$$W_p = m / \text{ПДК}_{\text{СС}}$$

Таблица 19

**Предельно допустимые концентрации вредных  
веществ в воздухе населенных пунктов**

Вредное вещество	Класс опасности	Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
		Максимально разовая	Среднесуточная
Двуокись азота	2	0,085	0,04
Сажа	3	0,15	0,05
Свинец и его соединения (Pb)	1	0,001	0,0003
Оксид углерода (CO)	3	3	1,0
Углеводороды (C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> )	4	0,03	0,005
Пыль	3	0,5	0,15
Двуокись серы (SO <sub>2</sub> )	2	0,5	0,05
Без(а)пирен (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )	1		10 <sup>-6</sup>
Сернистый ангидрид (SO <sub>3</sub> )	3	0,5	0,15
Оксид азота (N <sub>2</sub> O)	2	0,4	0,06
Зола	4		0,15

Стандарты среднесуточной концентрации SO<sub>2</sub>, мг/м<sup>3</sup>; Польша для жилых зон – 0,35, специальных – 0,075; Нидерланды – 0,075 не превышает 50 % проб, 0,25 – 98 %; США – 0,26; Франция – 0,75; Швеция – 0,25.

**Таблица 20**

**Расчёт количества чистого воздуха, необходимого для разбавления опасной концентрации на учетной территории до санитарных норм**

Вредное Вещество	Количество вредного вещества в 1 кг топлива, г	Масса (m) вредного вещества в общем количестве топлива, г	Объем учетной территории, м <sup>3</sup> (W <sub>y</sub> )	Выброс вредных веществ на учетную территорию, мг/м <sup>3</sup>	Объем воздуха, необходимый для разбавления, м <sup>3</sup> (W <sub>p</sub> )
CO	Б				
	ДТ				
SO <sub>2</sub>	Б				
	ДТ				
NO <sub>2</sub>	Б				
	ДТ				
Pd	Б				
	ДТ				
SO <sub>3</sub>	Б				
	ДТ				
C <sub>n</sub> H <sub>n</sub>	Б				
	ДТ				
Сажа	Б				
	ДТ				

NO	Б					
	ДТ					
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Б					

### ❓ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие виды вредных веществ выбрасываются в атмосферу при сгорании топлива в двигателе автомобиля?

2. В чем заключается опасность этих веществ для здоровья человека?

### Раздел 3. Оценка допустимого воздействия на гидросферу

#### Расчет разбавления воды в створе водоема

По данным Ростехнадзора, не отвечает санитарным нормам около 50 % поверхностных и 17 % подземных источников питьевого водоснабжения. РФ ежегодно сбрасывается водоемы 50 млрд м<sup>3</sup> неочищенных и слабоочищенных сточных вод. Сегодня около 1 млрд жителей планеты в 43 странах получают воду в объеме ниже минимальных потребностей. В 39 странах основная часть необходимой воды поступает из-за границы.

Железо в небольших количествах — необходимый элемент для любого живого организма. В основном железо в организм поступает с питьевой водой. При длительном употреблении воды с содержанием железа более 10 мг/л приводит к сухости, шелушению и раздражению кожи, аустоурии, нарушению функций печени, поджелудочной железы, сердца. Минимальная суточная потребность железа 7—14 мг/л в зависимости от возраста. При употреблении воды с содержанием мышьяка более 50 мкг/л у беременных женщин наблюдается повышенная частота спонтанных аборт и мертворождений.

Качество воды рек, озер, водохранилищ нормируется «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод загрязнений» 1991 г и 2001 г. Ими же устанавливаются две категории водоемов:

1-я – водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;

2-я – водоемы рыбохозяйственного назначения.

Нормируются следующие параметры воды:

- ▶ содержание твердых взвесей;
- ▶ запах, температура, pH, ХБК и БПК;
- ▶ состав и ПДК вредных веществ и т.д.

Нормами установлены ПДК для 400 вредных веществ культурно-бытового назначения, более 100 для рыбохозяйственных водоемов.

**Задание:** расчет расстояния разбавления сточных вод в створе реки.

**Цель задания:** научиться проводить расчеты по разбавлению сбросных промышленных стоков в водные объекты и знать на каком расстоянии от места сброса они разбавятся.

Оценка допустимости воздействия на гидросферу производится с помощью ПДК загрязнения и его концентрации  $C$ , которая в определенном расчетном створе не должна превышать установленные значения, и выражается формулой

$$\frac{C}{ПДК} \leq 1.$$

При наличии вредных веществ санитарное состояние водоема отвечает нормам, если выполняется соотношение:

$$\sum_i^K = \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в расчетном створе водоема;

$ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества;

$K$  – количество веществ, имеющих одинаковый ЛПВ.

Методика для расчета допустимости величин сбросов сточных вод в водоем основана на следующих допущениях:

- а) речной поток считается безграничным;
- б) зона начального разбавления отсутствует;
- в) выпуск сточных вод сосредоточенный.

Концентрация вредных веществ, поступивших в водоем со сточными водами, по мере удаления их места сброса умень-

шается (для веществ, которые называют консервативными, концентрация изменяется только вследствие разбавления).

Концентрацию консервативных веществ в максимально загрязненной части струи после перемешивания можно определить по формуле

$$C = C_{\phi} + \frac{(C_0 - C_{\phi})}{K_p},$$

где  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация вредных веществ в воде, мг/л;  
 $C_0$  – концентрация вредного вещества в сточных водах, мг/л;  
 $K_p$  – кратность разбавления.

$$K_p = 1 + m_c \times \frac{V_{\epsilon}}{V_{c\epsilon}},$$

где  $m_c = 0,276$ ;  $V_{\epsilon} = 42 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $V_{c\epsilon} = 1,235 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Определить расстояние от створа практически до полного смешения можно по следующей формуле (данные в табл.21):

$$L_{п.с} = \left[ \frac{1}{K} \times \ln \left( \frac{V_{c\epsilon} + 0,9 \times V_{\epsilon}}{0,1 \times V_{c\epsilon}} \right) \right]^3.$$

**Таблица 21**

**Характеристика объекта и территории**

Наименование	Значение
Расход сточных вод ( $V_{с.в.}$ ), $\text{м}^3/\text{с}$	1,235
Концентрация нефтепродуктов в сточных водах ( $C_0$ ), мг/л	23,5
Расход воды в реке ( $V_B$ ), $\text{м}^3/\text{с}$	42
Коэффициент смешения ( $m_c$ )	0,276
Концентрация нефтепродуктов в водах до места сброса сточных вод ( $C_{нф}$ )	0,05
Коэффициент, характеризующий гидравлические условия смешивания ( $k$ )	0,228

**Задачи для самостоятельной работы**

1. Определить содержание кислорода (%), содержащееся в приземном слое атмосферного воздуха в районе размещения автомагистрали (т.е. в том объеме воздуха, в котором определялся выброс вредных веществ), если на сжигание 1 кг топлива расходуется примерно 1,388 кг кислорода. Начальная концентрация кислорода ( $O_2$ ) в воздухе равна 20,8 %.

Сделайте выводы по полученным данным.

Сформируйте ваши предложения по снижению уровня атмосферного загрязнения.

2. Какое количество свинца (Pb) поступит в организм человека за летний период, если коэффициент выведения свинца из организма не превышает 0,01 мг. Объем воздуха, поглощаемый человеком, определяется следующим образом (12 месяцев), л,

$$V_0 = V \cdot f \cdot d \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4,$$

(переведите в  $m^3$ ; 1 л = 1  $dm^3$ , 1  $dm^3$  = 1000  $cm^3$ ),

где  $V_1$  – средний объем легких человека (4 л);

$f$  – средняя частота дыхания 30 вдохов/мин;

$d$  – средний коэффициент обмена воздуха в легких (0,3);

$t_1$  – количество минут в часе;

$t_2$  – количество часов в сутках;

$t_3$  – количество дней в месяце;

$t_4$  – количество учитываемых месяцев.

Следовательно, за данный период в организме человека накопится соединений свинца:

$$M_{Pb} = (C - a \cdot C) \cdot V_0,$$

где  $C$  – концентрация паров свинца в воздухе (она определена ранее, задание 2,3);

$a$  – коэффициент выведения Pb из организма (0,01).

3. Оцените, чему равна доля энергии, которая производится всеми энергетическими установками мира, по сравнению с солнечной радиацией, достигающей земной поверхности. Примем, что в мире за 2010 г. было произведено  $1,12 \cdot 10^{12}$  кВт·ч энергии. Солнечная постоянная, характеризующая полный поток энергии, которая поступает в единицу времени на единицу площади перпендикулярно направлению солнечных лучей за пределами атмосферы, равна 8,17 Дж/( $cm^2 \cdot мин$ ). Среднее количество радиа-

ции, поступающее в верхние слои атмосферы от Солнца, составляет  $1050 \text{ кДж/ (см}^2 \cdot \text{год)}$  ( $Q$ ). Из этого количества радиации 30 % ( $d_1$ ) отражается атмосферой и 10 % земной поверхностью ( $d_1$ ), 25 % поглощается атмосферой, 35 % – Землей.

**Решение.** Доля энергии от Солнца, достигающая поверхности Земли, равна,  $\text{кДж/ (см}^2 \cdot \text{год)}$  или  $\text{кДж/ (км}^2 \cdot \text{год)}$ ,

$$D = Q \cdot (d_1 + d_2),$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – доля энергии, отражаемая и поглощаемая атмосферой, доли (0,1 и 0,25);  
 $Q_n$  – плотность потока солнечного излучения за пределами атмосферы.

Полный поток солнечной энергии, достигающей поверхности земли, равен,  $\text{кДж/год}$ ,

$$Q_n = S \cdot D = 4\pi R^2 \cdot D,$$

$$S = 4\pi R^2 \cdot D,$$

где  $R^2$  – радиус земли, км.

Количество произведенной энергии в мире за год соответствует  $1,12 \cdot 10^{12} \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , а так как  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ кДж}$ , то  $Q_{\text{чел}} = 4,0 \cdot 10^{15} \text{ кДж/год}$ . Следовательно, доля энергии, производимая мировым сообществом, равна,  $\text{кДж/год}$ ,

$$D_ч = \frac{Q_{\text{чел}}}{Q_n}.$$

4. Рассчитать кратность начального разбавления сточных вод при выпуске в мелководье на нижнюю треть глубины.

Расчёт произвести по формуле:

$$K_p = \frac{(q + 0,00158 \times V \times H^2_0)}{(q + 0,00079 \times V \times H^2_{cp})},$$

где  $V$  – скорость ветра над водой на месте выпуска сточных вод, м/с (от 5-10 м/с);

$H_{cp}$  – средняя глубина водоема вблизи выпуска, которая зависит от начальной глубины водоёма, м;

$q$  – максимальный часовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч.

Исходные данные:  $H_0 = 4; 9$  и  $12$  м;  $H_{cp} = 5; 7$  и  $9$  м;  $q = 1050; 1320$  и  $950$  м<sup>3</sup>/ч.

**5. Рассчитать ПДС для выпуска сточных вод, содержащих фенол, в водохранилище.**

Расчёт произвести по формуле:  $PDC = q \times C_{пдс}$ , где  $q$  – максимальный часовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;  $C_{пдс}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м<sup>3</sup>, где  $C_{пдс} = K_p \times (C_{пдк} - C_{ф}) + C_{ф}$ , где  $C_{пдк}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в водостоке, г/м<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водостоке выше выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $K_p$  – кратность разбавления сточных вод в водостоке,

$$K_p = 1 + 0,412 \times L^{0,627+0,0002 \times L}, \text{ где}$$

$L = l : dx$ ;  $l$  – расстояние от места выпуска до контрольного створа;  $dx = 6,53 \times H_{cp}$ .

*Исходные данные:*  $q = 1350, 1480$  м;  $C_{пдк}, \text{ г/м}^3 = 0.03$ ;  $C_{ф} = 0,0005-0,0009$  г/м<sup>3</sup>;  $l = 850, 960$  и  $1050$  м;  $H_0 = 6,7, 9$  м.

#### **Раздел 4. Плата за загрязнение биосферы вредными и опасными веществами**

##### **Провести расчет платы за загрязнение биосферы газообразными, жидкими твердыми промышленными отходами**

**Задание:** провести расчёт платы за загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы вредными и опасными промышленными отходами.

**Цель задания:** научить студента проводить расчёты по плате за загрязнение окружающей природной среды в пределах лимита, сверх лимита и загрязнение вредными и опасными веществами.

Требования охраны окружающей среды определяются решениями на природопользование, выдаваемыми местными (республиканскими, краевыми, областными) органами, содержащими соответствующие лимиты и нормативы, нормы и правила. Для каждого предприятия устанавливаются предельно до-

пустимые нормативы выбросов (сбросов, размещения), загрязняющих веществ в окружающую среду.

Нормативы устанавливают плату:

- за выброс в атмосферу загрязняющих веществ;
- сброс в водные объекты загрязняющих веществ;
- размещение (хранение, захоронение) отходов в природной среде.

За выбросы (сбросы, размещения) загрязняющих веществ в природную среду (в дальнейшем "выбросы загрязняющих веществ") устанавливаются два вида нормативов платы:

- за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ;
- за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

Устанавливаемые нормативы платы не распространяются на случаи аварийных и залповых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ. В этих случаях предприятия возмещают нанесенный ущерб согласно исковому заявлению по решению суда.

Плата за выбросы загрязняющих веществ является формой компенсации ущерба, наносимого загрязнением окружающей среды. Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов рассматривается как плата за использование природного ресурса.

Плата за выбросы загрязняющих веществ сверх установленных лимитов применяется в случаях невыполнения предприятиями обязательств по соблюдению согласованных лимитов выбросов.

Нормативы платы за превышение лимитов выбросов загрязняющих веществ определяются исходя из затрат предприятий на предотвращение ущерба и взимаются в кратном размере. В настоящее время нормативы платы за превышение лимитов выбросов превышают "лимитные нормативы" в 5 раз. Между тем рекомендовано ограничить размеры взимаемой платы за превышение лимитов выбросов на переходный период к рыночной экономике нормативными актами государств СНГ, решениями органов местного самоуправления на уровне 10 % от прибыли, остающейся в распоряжении предприятия.

При введении платы за выбросы загрязняющих веществ местные (республиканские, краевые, областные) органы управления по представлению соответствующих органов устанавливают и доводят до предприятий:

- перечень ингредиентов загрязняющих веществ (номенклатуру отходов) для расчета лимита выбросов загрязняющих веществ;
- лимиты выбросов загрязняющих веществ по предприятиям;
- нормативы платы за установленные лимиты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и размещения отходов;
- нормативы платы за превышение установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ.

На основе доведенных нормативов и лимитов предприятия самостоятельно рассчитывают и проектные величины платы за выбросы загрязняющих веществ и представляют их с соответствующими основаниями на утверждение в местные органы самоуправления.

Платежи за выбросы загрязняющих веществ направляются в местные фонды охраны природы, создаваемые в составе внебюджетных средств органов местного самоуправления на уровне краев, областей, наиболее крупных городов в целях накопления и эффективного использования средств на финансирование природоохранных и оздоровительных мероприятий,

В отдельных случаях по ходатайству предприятий и представлению органов Минэкологии местные органы управления могут предоставлять отсрочку в перечислении платежей за загрязнение природной среды. Уведомление о предоставлении предприятию отсрочки направляется соответствующему учреждению банка.

Плату за загрязнение среды определяют по всем веществам обычно за квартал, а затем суммируют за год. Ставки платы за загрязнение даны в табл. 22,23,24. Расчет ведется по следующим базовым нормативам:

$r_1$  – 1-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах нормативов, когда концентрации загрязняющих веществ не превышает ПДК, а массовые расходы выбросов и стоковые не превышают ПДВ, ПДС (предельно допустимых стоков (**предварительно рассчитать оплату за загрязнение из задания 2,1**));

$r_2$  – 2-й базовый норматив платы за загрязнения в пределах лимитов, временно согласованных выбросов, стоков;

$r_3$  – норматив платы за загрязнения сверх лимитов, который превышает 2-й базовый норматив в 5 раз.

**Таблица 22**

**Базовые платежи для некоторых видов загрязнений**

Загрязнитель	Ставки платежей, руб/т	
	Первый базовый норматив, $p_1^i$	Второй базовый норматив, $p_2^i$
Взвешенные твердые нетоксичные вещества	13,7	68,5
Зола	103	515
NO <sub>2</sub>	52	260
NO	35	175
SO <sub>2</sub>	40	200
Свинец	2755	13775
Сажа	41,0	205

**Таблица 23**  
**Ставки базовых нормативных платежей за стоки некоторых вредных веществ в водоемы**

Загрязнитель	Ставки платежей, руб/т	
	Первый базовый норматив, $p_1^i$	Второй базовый норматив, $p_2^i$
Азот аммонийный	689	3445
Азот нитратный	31	155
Азот нитритный	13775	68875
Биологическая потребность воды в кислороде (БПК полн.)	91	455
Взвешенные вещества (сверх фона)	366	1830
Нефтепродукты	5510	27550
Фосфор	1378	6890

**Таблица 24**  
**Ставки нормативных платежей за размещение твердых отходов**

Загрязнитель	Ставки платежей, руб/т
Нетоксичные промышленные отходы (гравий)	0,4
Токсичные отходы чрезвычайно опасные (1 класса)	1739,2
Высокоопасные (2-го класса)	745,4
Умеренно опасные (3-го класса)	497
Малоопасные (4-го класса)	248,4

Практически неопасные отходы (5-го класса): добывающей промышленности перерабатывающей промышленности	0,4 руб./т 15 руб./м <sup>3</sup>
---	--------------------------------------

Расчет платежей выполняется по формуле

$$P = k_3 \cdot \sum_{i=1}^m [p_1^i \cdot \min\{M_{\text{факт}}^i; M_{\text{ПДВ}}^i\} + p_2^i \cdot (\min\{M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i; \max\{0; M_{\text{всв}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i\}) + p_3^i \cdot \max\{0; M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ВСВ}}^i\}]$$

$$\text{или } \Pi_1 = \text{Ц}_i \cdot K_3 \cdot M_{i\Sigma}$$

$\Pi_1$  – плата за загрязнение биосферы, руб;

$K_3$  – коэффициент экологической ситуации;

$\text{Ц}_i$  – базовая цена выброса 1 т/руб., м<sup>3</sup>/руб.;

$M_{i\Sigma}$  – количество выбрасываемых субстанций.

$$\min(a; b) = \begin{cases} a, \text{ если } . a < b, \\ b, \text{ если } . b < a; \end{cases}$$

$$\max(a; b) = \begin{cases} a, \text{ если } . a > b, \\ b, \text{ если } . b > a. \end{cases}$$

Для практических расчетов платежи удобнее разделить на три части:

$$P = P_H + P_L + P_{\text{сл}},$$

где  $P_H$  – сумма платежа за выбросы в пределах норматива

$$P_H = k_3 \cdot \sum_{i=1}^m p_1^i \cdot M_H^i;$$

$$M_H^i = \begin{cases} M_{\text{факт}}^i, \text{ если } . M_{\text{факт}}^i < M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } . M_{\text{факт}}^i \geq M_{\text{ПДВ}}^i, \end{cases}$$

где  $P_L$  – сумма платежа за выбросы в пределах лимита, но превышающие норматив:

$$P_L = k_3 \cdot \sum_{i=1}^m p_2^i \cdot M_L^i;$$

$$M_{\text{Л}}^i = \begin{cases} 0, \text{ если } M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ПДВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } M_{\text{ПДВ}}^i < M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{ВСВ}}^i - M_{\text{ПДВ}}^i, \text{ если } M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i. \end{cases}$$

$P_{\text{Сл}}$  – сумма платежа за сверх лимитные выбросы:

$$P_{\text{Сл}} = K_3 \cdot \sum_{i=1}^m p_3^i \cdot M_{\text{Сл}}^i,$$

$$M_{\text{Н}}^i = \begin{cases} 0, \text{ если } M_{\text{факт}}^i \leq M_{\text{ВСВ}}^i, \\ M_{\text{факт}}^i - M_{\text{ВСВ}}^i, \text{ если } M_{\text{факт}}^i > M_{\text{ВСВ}}^i \end{cases}$$

$$\text{или } \Pi_i = \text{Ц}_i \cdot K_3 \cdot M_{\text{ПДВ}}^i + 5 \cdot \text{Ц}_i \cdot K_3 \cdot (M_i - M_{\text{ПДВ}}^i).$$

**Для особо опасных и вредных сбросов, выбросов и хранения ТБО штраф увеличивается до 25 раз.**

$$\Pi_i = \text{Ц}_i \cdot K_3 \cdot M_{\text{ПДВ}}^i + 25 \cdot \text{Ц}_i \cdot K_3 \cdot (M_i - M_{\text{ПДВ}}^i).$$

Отметим, что коэффициент экологической ситуации ( $K_3$ ) установлен для каждого региона. Для Центрального экономического района он равен 1,9 для выбросов в атмосферу, стоков в водоемы – 1,17 (для Ивановской, Костромской, Владимирской, Орловской, Рязанской областей), почв – 1,6 (учитывается при размещении отходов), Северо-Западного экономического района – 1,5; 1,35; 1,3; Центрально-Черноземного экономического района – 1,5; 1,4; 2,0; Уральского экономического района – 2,0; 1,18; 1,17; Поволжского экономического района – 1,4; 1,9; 1,1 и т.д.

Расчет суммы платежей за стоки производится аналогично, только вместо  $M_{\text{ПДВ}}$  и  $M_{\text{ВСВ}}$  используются  $M_{\text{ПДС}}$  и  $M_{\text{ВСС}}$  – массы нормативных и временно согласованных стоков, т/год, а также  $K_3$  – для стоков.

Плата за размещение твердых отходов производится по двухставочному тарифу с использованием ставки  $p_2$  за согласо-

ванное размещение и  $p_3$  — за несогласованное, несанкционированное размещение отходов — в 5-кратном размере.

**Пример 1 расчета.** Рассчитать сумму платежей за выбросы в атмосферу котельной при  $K_3 = 1,9$ . Массы выбросов приведены в табл. 25.

**Таблица 25**

**Фактические, нормативные и временно согласованные выбросы и величины  $M_H^i, M_{Cл}^i, M_L^i$ , т/год**

Загрязнитель	$M_{факт}$	$M_{ПДВ}$	$M_{ВСВ}$	$M_H$	$M_L$	$M_{Cл}$
SO <sub>2</sub>	300	200	250	200	50	50
NO <sub>2</sub>	5	6	6	5	0	0
Зола	50	40	50	40	10	0

Примечание.  $M_{факт}$  получены в результате замеров;  $M_{ПДВ}$ ,  $M_{ВСВ}$  рассчитаны и заданы контролирующими органами;  $M_H$ ,  $M_L$ ,  $M_{Cл}$  рассчитаны по  $M_{факт}$ ,  $M_{ПДВ}$ ,  $M_{ВСВ}$  по формулам (4), (5), (6).

**Решение.** Сумма платежа в пределах норматива рассчитывается по формуле (4) с учетом данных табл. 26.

$$P_H = 1,9 \cdot (40 \cdot 200 + 52 \cdot 5 + 103 \cdot 40) = 23522 \text{ руб.}$$

Сумма платежа в пределах лимита (по второму базовому нормативу) для SO<sub>2</sub> и золы (5).

$$P_L = 1,9 \cdot (200 \cdot (250 - 200) + 515 \cdot (50 - 40)) = 28785 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за сверхлимитные выбросы рассчитывается только для двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), так как  $M_{факт} > M_{ВСВ}$  (6).

$$P_{Cл} = 1,9 \cdot 5 \cdot 200 \cdot (300 - 250) = 95000 \text{ руб.}$$

**Пример 2 расчета.** Рассчитать сумму платежей за стоки в водоем и за размещение отходов при  $K_3 = 1,16$  (для стоков),  $K_3 = 1,6$  (для почв) (табл.26 и 27).

**Таблица 26**

**Фактическое, нормативное и временно-согласованные стоки, а также величины  $M_H, M_{Cл}, M_L$ , т/год**

Загрязнитель	$M_{факт}$	$M_{ПДС}$	$M_{ВСС}$	$M_H$	$M_L$	$M_{Cл}$
Азот нитритный	1,3	0,2	0,7	0,2	0,5	0,6
Взвешенные вещества	5	4	6	4	1	0
Нефтепродукты	10	11	11	10	0	0

--	--	--	--	--	--	--

**Таблица 27**  
**Фактические и согласованные ( $M_C$ ) массы размещаемых**  
**отходов, а также  $M_{Cл}$  и  $M_{л}$ , т/год**

Загрязнитель	$M_{факт}$	$M_C$	$M_{л}$	$M_{Cл}$
Коммунально-бытовые отходы, $M^3$	200	150	150	50
Токсичные отходы 3-го класса, т/год	3	3	3	0
Токсичные отходы 4-го класса, т/год	2	3	2	0

**Решение.** Массы  $M_H$ ,  $M_{Cл}$ ,  $M_{л}$  рассчитаны и приведены в табл.36.

Сумма платежа за нормативные стоки (4) с учетом табл. 28:

$$P_H = 1,17 \cdot (13775 \cdot 0,2 + 366 \cdot 4 + 5510 \cdot 10) = 69403,23 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за временно-согласованные стоки (3):

$$P_{л} = 1,17 \cdot (68875 \cdot 0,5 + 1830 \cdot 1) = 42432,98 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за сверхлимитные стоки (5):

$$P_{Cл} = 1,17 \cdot (5 \cdot 68875 \cdot 0,6) = 241751,25 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за размещение согласованной (лимитированной) массы отходов с учетом табл. 43:

$$P_{л} = 1,6 \cdot (15 \cdot 150 + 497 \cdot 3 + 248,4 \cdot 2) = 6780,48 \text{ руб.}$$

Сумма платежа за несогласованное размещение (в данном случае только коммунально-бытовых) отходов:

$$P_{Cл} = 1,6 \cdot (5 \cdot 15 \cdot 50) = 6000 \text{ руб.}$$

### Задачи для самостоятельной работы

1. Предприятие Ивановской области должно перечислять плату за выбросы в атмосферу  $\text{NO}_2$  ежеквартально. Установлено: предельно-допустимый выброс — 12 т/квартал, лимит выбросов — 15 т/квартал. Предприятием были произведены выбросы 15, 12, 20 и 13 т поквартально. В конце года предприятие перечислило за загрязнение атмосферы 5928 руб. Какие допущены нарушения и какая должна быть сумма платежа ?

2. Предприятие, располагающееся в Центральном экономическом районе, производит выбросы  $\text{SO}_2$  в атмосферу. Нормативная масса выбросов — 55 т/год. Лимит выбросов 79 т/год. Фактические выбросы составляют 95 т/год. Какова сумма платежа за 2003 г., перечисляемая предприятием в госбюджет?

2. Предприятие Ярославской области производит выбросы вредных веществ в атмосферу (табл.28). Какова должна быть сумма платежа в 2009 г. за загрязнение окружающей среды?

**Таблица 28**

**Выброс вредных веществ в атмосферу**

Вещество	Фактические выбросы, т/год	Нормативная масса выбросов, т/год	Лимит выбросов, т/год
Зола	105	80	110
Свинец	55	20	35
Ванадий	100	40	60

Какова должна быть сумма платежа в 2010 г., перечисляемая предприятием за загрязнение окружающей среды ?

4. Предприятие Костромской области производит выбросы в атмосферу окись азота (NO). Предельно допустимая масса выброса — 40 т/год. Лимит выбросов составляет 60 т/год. Фактические выбросы составляют 90 т/год. Какова сумма платежа, перечисляемая предприятием в виде налога в госбюджет ?

5. Предприятие г. Иваново производит выбросы свинца (Pb) в атмосферу. Контролирующим органом установлено: нормативная масса выбросов – 35 т/год, лимит выбросов – 45 т/год. Фактические выбросы составляют 45 т/год. Какова сумма плате-

жа, перечисляемая предприятием в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

6. Предприятие Костромской области производит сброс в водоем аммонийного азота. ПДС составляет 40 т/год. В силу определенных причин для предприятия на 2010 г. был установлен сброс сточных вод (ВСС) – 45 т/год. Фактические выбросы равнялись 65 т. Какова перечисляемая предприятием сумма платежа в госбюджет в виде налога за негативное воздействие ?

7. Предприятие г. Шуя в 2010 г. произвело выбросы в атмосферу  $SO_2$  и  $NO_2$  в количествах (табл. 29).

Какова сумма платежа за негативное воздействие на природу ?

Таблица 29

**Вредные выбросы в атмосферу**

Вещество	Фактические выбросы, т/год	Нормативная масса выбросов, т/год	Лимит выбросов, т/год
$SO_2$	97	65	77
$NO_2$	106	57	68

8. Предприятие коммунального хозяйства г. Кинешма производит вывоз на мусорную свалку твердых коммунально-бытовых отходов. С контролирующими органами согласовано размещение 1009 м<sup>3</sup>/год отходов. Фактически за 2010 г. было вывезено 1260 т отходов. Какова сумма платежа за негативное воздействие на биосферу?

9. Рассчитать размер платы за загрязнение атмосферного воздуха в 2005 г. автотранспортом автохозяйства № 1, расположенного в г. Иваново. Предприятие имеет в своем составе 50 единиц автотранспорта:

— из них 20 КАМАЗов, работающих на дизельном топливе (8 ед. оборудованы нейтрализаторами, из общего количества 25 % вообще не соответствуют требованиям стандартов);

— 15 единиц грузовых автомобилей класса 4,5 т грузоподъемности (из них 5 оборудованы нейтрализаторами, остальные не соответствуют требованиям стандартов);

— 2 автобуса с карбюраторными двигателями, работающими на бензине АИ-80, но не снабжены нейтрализаторами и не соответ-

ствуют экологическим требованиям по выбросу вредных веществ;

— 5 легковых автомобилей, которые соответствуют экологическим стандартам.

Ежедневный пробег одного КАМАЗа равен 250 – 300 км.

Пробег грузового автомобиля, работающего на бензине, равен 250 – 300 км.

Автобус за смену проезжает 150 – 200 км, легковой автомобиль — 120 – 150 км. Количество рабочих дней в неделю — 5, в месяц — 20 дней.

Для автотранспорта предлагается считать загрязнение по израсходованному топливу, причем базовая цена (норматив платы за загрязнение) при сгорании 1 т этилированного бензина — 2,2 руб., неэтилированного — 1,3 руб., дизельного топлива — 2,5 руб., газового — 1,2 руб. (количество неэтилированного бензина составляет 20 % от общего количества используемого топлива). Определить платежи по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (отдельно по выбросам и общие).

ПДВ для транспортных средств устанавливаются ГОСТ и ОСТ как в виде величин выбросов для данного стандартного испытания, так и в виде пробеговых выбросов на километр пути (15 г/км).

#### ? ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. На основании каких документов взимается плата за выбросы загрязняющих веществ ?
2. Как взимается плата за нормативные выбросы вредных веществ ?

## **Раздел 5. Определение площадей зелёных насаждений для воспроизводства кислорода**

### **5.1. Расчёт потребности в кислороде и площадях зелёных растений для воспроизводства потреблённого кислорода**

В процессе дыхания человек в некотором смысле способствует загрязнению атмосферы. Человечество в течение года поглощает из атмосферы 644736 млрд л кислорода и выделяет почти столько же (559640 млрд л) углекислого газа. Ежегодно человек выдыхает до 18 тыс. л воздуха, насыщенного парами воды и содержащего 40 % двуокиси углерода. Для города с

населением 5 млн чел. можно уже говорить о дополнительном источнике  $\text{CO}_2$  объемом 20 млрд л.

Каждая машина с бензиновым двигателем за пройденные 15 тыс. км потребляет 4350 кг кислорода, выбрасывает — 3250 кг углекислого газа, 530 кг — оксида углерода, 93 кг — углеводородов, 27 кг — оксидов азота.

Лес входит в сферу высшего уровня интеграции живой материи не только как генетическая система и не просто как слагаемое природной среды, но и как экологическая система, как носитель колоссальной энергии.

По ряду важных для человечества свойств лес вполне сопоставим с Мировым океаном. Лес значительно влияет на энерго- и массообмен в биосфере, на ее функционирование, формирование природной обстановки, трансформацию гидрологических, геохимических и других факторов. Суммарная мировая биомасса лесов оценивается примерно в 200 млрд т. Доля северных хвойных лесов (в основном РФ, Канада и США) составляет 14 — 15 %, тропических — 55–60 %. Лесные площади и ресурсы древесины на душу населения соответственно равны : в Канаде — 9,4 га и 815 м<sup>3</sup>, России — 5,2 га и 560 м<sup>3</sup>, Финляндии — 4,9 га и 351 м<sup>3</sup>, Швеции — 2,5 га и 313 м<sup>3</sup>, США — 0,9 га и 88 м<sup>3</sup>.

Леса образуют на земной поверхности самые крупные экосистемы. В них аккумулируется большая часть органического вещества планеты, используемого затем человеком как для собственного потребления, так и восстановления исчезающих в процессе хозяйственной деятельности компонентов биосферы.

Леса активно преобразовывают химические атмосферные загрязнения, особенно газообразные, причем наибольшей окисляющей способностью обладают хвойные насаждения, а также некоторые породы лип, верб, берез. Кроме того, лес способен поглощать отдельные компоненты промышленных загрязнений.

Растения в процессе фотосинтеза расщепляют углекислый газ, берут из него углерод, необходимый для формирования органического вещества, а кислород выделяется в атмосферу. К примеру, 1 га хорошего леса поглощает ежегодно до 6,5 т углерода и выделяет при этом около 5 т кислорода. На участках со средним древостоем поглощается соответственно углерода 4,1 т и выделяется 3,2 т кислорода ( $\text{O}_2$ ). В лесу радиационный фон в два раза ниже, чем в городе, и влажность больше на 15–20 %.

На листовой поверхности одного взрослого дерева осаждается за летний период пыли, кг: вяз шероховатый – 23, тополь канадский – 34, вяз перисто-ветвистый – 18, сирень – 0,6, ясень – 27, ива – 38, клен – 33, акация белая – 0,2, лох узколистный – 2.

Хорошими поглотителями свинца по обочинам дорог считаются белая акация, сирень, береза бородавчатая, лох узколистный, барбарис и др. В процессе фотосинтеза многие древесные, кустарниковые растения выделяют особые химические соединения, которые обладают большой биологической активностью.

Выявлено более 300 различных ароматических соединений, эфирных масел, содержащихся в воздухе леса. Так, например, 1 га лиственного леса выделяет таких веществ около 2 кг, хвойного – до 5 кг. Лес, особенно хвойный, выделяет фитонциды, которые убивают многих болезнетворных микробов и «оздоравливают» воздух. В определенных дозах фитонциды благотворно влияют на нервную систему человека, усиливают двигательную активность, секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, способствуют улучшению обмена веществ. Фитонциды обладают ценнейшими профилактическими свойствами. Например, фитонциды почек тополя, антоновских яблок, эвкалипта губительно действуют на вирус гриппа, фитонциды капусты задерживают рост палочки Коха, фитонциды чеснока и черемши убивают как те, так и других даров леса.

Кроме древесины леса России дают 2 млн т в год кедрового ореха, 2 млн т брусники, 1,5 млн т черники, 0,3 млн т клюквы и около 0,8 млн т съедобных грибов.

**Задание:** Определение площади зеленой зоны вокруг крупных мегаполисов.

**Цель работы:** научиться рассчитывать потребность древесно-кустарниковой растительности для выработки кислорода на дыхание человека и работы автотранспорта.

### Исходные данные

Объем легких среднестатистического человека составляет 4 л. Человек в состоянии покоя в минуту делает 25–30 выдохов, при средней нагрузке – до 50. Содержание кислорода в воздухе принять 20,8 %. Количество жителей в региональном городе составляет 70 – 75 % от общего количества населения региона.

При выдохе содержание кислорода в воздухе соответствует 16,4 %. Некоторые исходные значения даны в табл. 30.

**Таблица 30**

**Продуцирование кислорода и поглощение диоксида углерода лесным массивом площадью 1 га за вегетационный период (листопадные леса)**

Породный состав лесного насаждения	Поглощение CO <sub>2</sub> , т	Продуцирование O <sub>2</sub> , т
Ель	6,6	5,0
Сосна	11,0	9,0
Липа	16,5	12,5
Дуб	29,7	22,5
Тополь	46,2	34,9
Смешанный с хорошим древостоем	18,9	16,7
Посевы кукурузы	18,6	15,0
Посевы ярового рапса	10,0	7,5

Примечание. Плотность: O<sub>2</sub> – 1,429 кг/м<sup>3</sup>; CO<sub>2</sub> – 1,977 кг/м<sup>3</sup>. 1 л объема соответствует 1 дм<sup>3</sup>. на сжигание 1 кг топлива расходуется 1,388 кг O<sub>2</sub>.

Средняя площадь земли, занимаемая одним взрослым деревом, равна примерно 8,5 м<sup>2</sup> (S<sub>1д</sub>), исходя из средней плотности 1 га взрослого леса из 1200 деревьев.

#### *Алгоритм решения*

1. Определить, сколько атмосферного воздуха пропускает человек через легкие по формуле, м<sup>3</sup>:

$$V_{ог} = V_1 \times d \times F \times t_1 \times t_2 \times t_3,$$

где V<sub>ОВ</sub> – общий объем воздуха, пропущенный человеком через легкие за год;

V<sub>1</sub> – средний объем легких человека, 4 л;

d – коэффициент обмена воздуха в легких человека (0,3);

F – количество вдохов и выдохов в минуту;

t<sub>1</sub> – минут в часе; t<sub>2</sub> – часов в сутки; t<sub>3</sub> – суток в году;

произведение V<sub>1</sub>·d – активная емкость легких.

3. Определить, какое количество чистого кислорода (V<sub>чО</sub>, м<sup>3</sup>) содержится в этом объеме. Содержание кислорода в атмосферном воздухе (K<sub>кв</sub>) примем равным 20,8 %.

$$V_{чО} = V_{ОВ} \times K_{кв} : 100.$$

4. Определить процентное соотношение кислорода ( $K_{\text{иоо}}$ ), которое непосредственно используется организмом для прохождения окислительно-восстановительных реакций, %.

$$K_{\text{иоо-в}} = K_{\text{кв}} - K_{\text{выд о}}$$

где  $K_{\text{выд о}} = 16,4 \%$ .

5. Определить какой объем занимает значение ( $K_{\text{выд о}}$ ,  $\text{м}^3$ ) от общего количества чистого кислорода ( $V_{\text{ч о}}$ ,  $\text{м}^3$ ). Это значение находим по соотношению:

$$\frac{V_{\text{ч о}} - K_{\text{кв}}}{X - K_{\text{выд о}}} = (X - K_{\text{выд о}})$$

$$\text{Откуда } X = V_{\text{ч о}} \times K_{\text{выд о}} : K_{\text{кв}}, \text{ м}^3.$$

$$\text{Следовательно, } K_{\text{иоо-в}} = V_{\text{ч о}} - K_{\text{выд о}}, \text{ м}^3$$

6. Найти общее количество кислорода ( $K_{\text{ож}}$ ), потребленного для жизнеобеспечения в течение года на одного человека и населением региона,  $\text{м}^3$ ,

$$K_{\text{ож 1 ч}} = V_{\text{ч о}} - K_{\text{к выд о}}$$

$$K_{\text{ож нр}} = K_{\text{ож 1 ч}} \times K_{\text{нр}}$$

где  $K_{\text{нр}}$  — население региона.

Чтобы перевести  $\text{м}^3$  в кг и тонны, необходимо их умножить на плотность кислорода.  $K_{\text{ож 1 ч}} \times \rho_{\text{о}}$  (плотность  $\text{O}_2$  под табл. 30).

7. Рассчитать количество деревьев ( $K_{\text{д}}$ ) соответствующих пород (на выбор), необходимых для обеспечения кислородом одного человека в течение года. В табл. 30 дан продуцируемый кислород с 1 га лесного массива (находим среднее значение,  $K_{\text{пр о 1 га}}$ , т) и дано количество деревьев на 1 га (1000-1200 шт.). Определяем продуцирование  $\text{O}_2$  одним деревом,  $\text{м}^3$

$$K_{\text{пр о 1 д}} = K_{\text{пр о 1 га}} : K_{\text{дер 1 га}}$$

Находим необходимое количество деревьев для воспроизводства кислорода на одного человека, шт

$$K_{д1ч} = K_{ож1ч} : K_{пр01д}, \text{ шт.}$$

Находим количество деревьев для населения региона.

$$K_{днр} = K_{д1ч} \times K_{нр}$$

8. Определить, сколько занимают площади данное количество деревьев на 1 человека и населения региона,  $m^2$ , га.

$$S_{д1ч} = K_{д} \times S_{п1д}, m^2.$$

Потребность площадей лесных насаждений для обеспечения населения региона кислородом (га),

$$S_{плнр} = S_{д1ч} \times K_{нр}, \text{ га}$$

9. Вычислить необходимость дополнительных посадок леса на расход кислорода автомобильным транспортом региона, если при сжигании 1 кг топлива расходуется 1,338 кг кислорода ( $Q_{кг\ топ}$ ). Население РФ на 2008 г. составляло 142 млн чел ( $N_{рф}$ ), общее количество автотранспорта России —  $24 \cdot 10^6$  ед. Средний пробег автомобиля — 12 тыс. км в год. По экспертным данным автомобильный парк потребляет столько кислорода, сколько потребовалось бы для дыхания 43 млрд человек.

Определяем, сколько приходится машин на одного россиянина. Общее количество машин ( $O_M$ ) делим на общее количество населения РФ, ед,

$$K_{M1ч} = O_M : N_{рф}.$$

Количество машин в регионе ( $K_{MP}$ ) рассчитывается по выражению, ед,

$$K_{MP} = K_{M1ч} \times N_{р}.$$

Затем определяем общий пробег парком автомашин региона, км,

$$П_{ПMP} = K_{MP} \times П_{ср.п1А},$$

где  $П_{ср.п1А}$  — пробег одной автомашины, км.

Находим общий расход бензина работающим автотранспортом, л,

$$Q_{\text{ОБЩ Б}} = K_{\text{ГМР}} \times q \text{ (переведем в кг),}$$

где  $q$ - среднее значение по автомобилям (табл.16).

Умножив это значение на плотность бензина ( $P$  ср.по бензину), получим килограммы. ( $q$  – в табл. 14, среднее значение по всему транспорту).

Находим расход кислорода ( $\tau$ ) на сожженное топливо

$$R_{\text{O}} = Q_{\text{ОБЩ Б}} \times Q_{\text{КГ ТОП.}}$$

Определяем площадь лесного массива, который необходим для воспроизводства кислорода, израсходованного автотранспортом региона ( $S_{\text{ДПМА}}$ ), га,

$$S_{\text{ДПМА}} = R_{\text{O}} : П_{\text{ПР O 1га ЛМ}},$$

где  $П_{\text{ПР O 1га ЛМ}}$  – продуцирование кислорода одним гектаром лесного массива (среднее по породам), га,

$$\text{Отсюда } S_{\text{ОБЩ}} = S_{\text{НАС}} + S_{\text{ДПМА.}}$$

10. Рассчитать количество вырабатываемого кислорода в год всем лесным массивом РФ, на 2008 г. площадь лесов составляет приблизительно 871 млн га ( $S_{\text{ОБЩ}}$ ). Учитывая, что 1000 га леса ежедневно производит 16,2 т кислорода, можно взять среднее значение по лесам в табл. 30 ( $П_{\text{O 1 га ЛМ}}$ ), т.

$$K_{\text{ВОЛМРФ}} = S_{\text{ОБЩ}} \times П_{\text{O1га ЛМ.}}$$

11. Определить, хватит ли данного количества кислорода для удовлетворения потребностей человека и автотранспорта, не считая расходы кислорода животным миром и другими производствами. Население России на 2010 г. составляло 142,9 млн чел.

Находим потребность населения России в кислороде ( $П_{\text{КНР, T}}$ ) и автотранспорта ( $П_{\text{КАТ, T}}$ ).

$$П_{\text{КНР O}} = K_{\text{ОЖ 1ч}} \times K_{\text{КНР}};$$

$$П_{\text{КАТ}} = K_{\text{МРФ}} \times Q_{\text{КГ ТОП.}}$$

Общая потребность в кислороде ( $O_{\text{ПОТР } O}$ , т) определяется как сумма, т,

$$O_{\text{ПОТР } O} = \Pi_{\text{КНР } O} + \Pi_{\text{КАТ}}.$$

Разность между продуцированием и расходом покажет обеспеченность кислородом ( $O_{\text{ОБЕСПЕЧ. } O}$ , т).

$$O_{\text{ОБЕСПЕЧ. } O} = K_{\text{ВОЛМРФ}} - Q_{\text{ПОТРЕБ. } O}.$$

12. Определить количество кислорода, теряемого (недополучаемого) ( $O_T$ ) из-за кислотных дождей, катастрофических природных явлений и антропогенного воздействия. Из-за этих явлений ежегодно теряется 20–25 % лесного фонда России ( $S_{\text{ПОТ}}$ , га). Для какого количества населения хватило бы продуцированного кислорода с этой площади ( $K_{\text{НАС}}$ ) ?

Находим, сколько составляют 25% потерь площадей от общей площади лесов РФ, га,

$$S_{\text{ПОТ л}} = S_{\text{ОБЩ л}} \times 0,15.$$

Рассчитываем площадь чистого леса ( $S_{\text{ПЧЛ}}$ , га)

$$S_{\text{ПЧЛ}} = S_{\text{ОБЩ л}} - S_{\text{ПОТ л}}.$$

Находим продуцирование кислорода чистым лесом ( $\Pi_{\text{КЧЛ}}$ , т)

$$\Pi_{\text{КЧЛ}} = S_{\text{ПЧЛ}} \times \Pi_{O \text{ 1 га лм}}.$$

Разность между воспроизводством кислорода ( $P_{\text{ВО}}$ ) общим лесом и погибшим составляют потери кислорода, т/год,

$$\text{находим по формуле } P_{\text{ВО}} = K_{\text{ВОЛМ}} - \Pi_{\text{КЧЛ}}.$$

Рассчитать количество кислорода продуцируемого общим мировым лесным массивом, который соответствует 2438 млн га. Из них тропические леса составляют 1233 млн га, леса северных поясов – 1205 млн га. Причем, что леса тропического пояса ( $K_{\text{ОПР Т ЛМ}}$ ) продуцируют кислорода больше, чем северные, в 1,5 раза.

Расчет ведется по следующим формулам (т):

$$K_{O \text{ ПР СЛ М}} = S_{\text{П СЛ М}} \times P_{O \text{ 1 ГА ЛМ}};$$

$$K_{O \text{ ПР Т Л М}} = S_{\text{Г Т Л М}} \times (P_{O \text{ 1 ГА ЛМ}} \times 1,5);$$

$$K_{O \text{ ПР О Л М}} = K_{O \text{ ПР СЛ М}} + K_{O \text{ ПР Т Л М}},$$

где  $K_{O \text{ ПР Л М Р Ф}}$  – общее продуцирование кислорода лесным массивом РФ.

Определить сколько расходуется кислорода мировым обществом людей, т,

$$K_{\text{Р К М Н}} = N_{\text{М Н}} \times K_{O \text{ Ж 1 Ч}}.$$

Определи, сколько затрачивается бензина мировым автопарком (примерно 1,2 млрд ед.) при ежегодном проезде в среднем 15-20 тыс. км. Расход топлива на 1 км ( $q$ ) примем равным 0,16 кг. Находим общий пробег мировым автотранспортом

$$P_{\text{М А Т}} = K_{\text{А Т}} \times L, \text{ км, } L \text{ – годовой пробег 1 автомобиля, км.}$$

Находим общий расход расхода бензина, кг,

$$Q_{\text{Р Б М А}} = P_{\text{М А Т}} \times q \times P_0.$$

Определяем расход кислорода на сгорание общего количества бензина, кг,

$$R_{O \text{ М А}} = Q_{\text{Р Б М А}} \times Q_{\text{К Г Т О П}}.$$

Находим потребность в кислороде мирового автотранспорта и населения путем сложения расхода, т,

$$P_{O \text{ Б П О Т Р О}} = R_{O \text{ М А}} + K_{\text{Р К М Н}}.$$

По разности продуцирования и расхода найдем баланс кислорода ( $B_k$ ), т,

$$B_k = K_{O \text{ ПР Л М}} - P_{O \text{ Б П О Т Р О}}.$$

13. Какую площадь лесных насаждений необходимо иметь в пригороде для обеспечения потребности населения ре-

гионального города в кислороде? Население составляет примерно 70 % от общего количества населения региона. Выполнить расчеты по предыдущим формулам.

### Задачи для самостоятельной работы

1. Оцените срок исчезновения лесных массивов на планете (площадь суши составляет  $15 \cdot 10^7 \text{ км}^2$ , леса занимают около 25 % площади суши). В мире ежесекундно вырубается 1 га леса. Возобновление лесов в среднем не превышает 10 %.

Опишите основные функции лесов и последствия их интенсивного уничтожения.

**Решение.** Площадь вырубленных лесов в течение года с учетом возобновления составляет

$S = (S_{\text{выр}}(1,0) - S_{\text{воз}}(0,1)) \cdot t_{\text{сек/час}} \cdot t_{\text{час/сут}} \cdot t_{\text{сут/год}} = \text{км}^2/\text{год}$ ,  
или га/год.

$$t = \frac{S_{\text{суши}} \cdot S_{\text{леса}}}{S}, \text{ лет,}$$

$$S_{\text{лес}} \frac{25}{100} = 0,25 \text{ (доли).}$$

3. Рассчитайте, через сколько лет могут полностью исчезнуть лесные массивы в РФ, если ежегодно вырубается по официальным данным до 2,5 млн га, фактически – 4 млн. Возобновление леса на территории РФ согласно официальным данным составляет 20 – 25 % от объема вырубки

лесов за год. Для расчетов использовать предыдущие формулы.

Приложение 1

Таблица 1

Численность населения и площадь пахотных земель по регионам страны

Регион	Население, млн чел	Площадь пашни, тыс. га	Регион	Население, млн чел.	Площадь пашни, тыс. га.
Архангельский	1,415	300	Тульский	1,665	1540
Вологодский	1,291	860	Ярославский	1,373	800
Ленинградский	1,642	430	Нижегородский	3,562	290
Новгородский	0,703	500	Кировский	1,542	2660
Псковский	0,767	920	Р. Мордовия	0,900	1280
Брянский	1,395	1360	Белгородский	1,499	1700
Владимирский	1,558	680	Воронежский	2,393	3260
Ивановский	1,176	650	Курский	1,269	2030
Тверской	1,531	1590	Волгоградский	1,291	5860
Калужский	1,049	990	Пензенский	1,453	2570
Костромской	0,759	700	Калмыцкий	0,292	960
Московский	6,398	1250	Саратовский	2,573	3510

Орловский	0,876	1650	Ульяновский	1,382	1830
Рязанский	1,239	1890	Краснодарский	4,970	4300
Смоленский	1,084	1480	Ставропольский край	2,633	4280
Курганский	1,020	3040	Ростовский	4,257	6080
Свердловский	4,511	1570	Алтайский край	2,606	7320
Тамбовский	1,244	2290	Пермский	2,903	2110
Р. Марий Эл	0,746	630	Самарский	2,669	3130

#### 📖 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алексеев, С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г.** [и др.]. **Практикум по экологии.**/С.В. Алексеев, Н.В.Груздева, А.Г. Муравьев [и др.] М.: АО МДС, 1996.192 с.
2. **Безопасность жизнедеятельности**/под ред. С.В. Белова М., 1999. 448 с.
3. **Гриневич, В.И., Куприяновская А.П., Костров В.В.** **Сборник задач и упражнений по курсам «Основы экологии» и «Химия окружающей среды».**/В.И. Гриневич [и др.]. Ивановск. гос.хим-техн. ун-т. Иваново, 1999.132 с.
4. **Каюмов, М.К.** **Программирование урожаев полевых культур.** / М.М. Каюмов. М., 1989.
5. **Защита атмосферы от промышленных загрязнений.** **Справочник** /под ред. С Калверта и Г.М. Инглунда М.: Металлургия, 1988, Т 1-2.
6. **Муравей, Л.А, Кривошеин Д.А.** **Экология и безопасность жизнедеятельности.**/Л.А. Муравей, Д.А.Кривошеин М.: Изд. «ЮНИТА-Дана», 2000.
7. **Мельцаев, И.Г. А.Ф. Сорокин, С.Г. Андрианов [и др.] Экология и право** / И.Г. Мельцаев, А.Ф. Сорокин, С.Г. Андрианов [и др.] /Ивановск. гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Иваново, 2005.
8. **Мельцаев, И.Г., Сорокин А.Ф. Андрианов С.Г.. Экология: Природопользование и инженерная защита окружающей среды**/ И.Г. Мельцаев [и др.] Иваново, ПресСто, 2008. 556 с.
9. **Мельцаев, И.Г., Сорокин А.Ф. А.Ю. Мурзин. Методические указания для практических занятий по экологии**/И.Г. Мельцаев [и др.] Иваново, ИГЭУ, 2008. 56 с.

10. Мельцаев, И.Г., Осипов А.М. Методические указания для практических занятий по экологии./И.Г. Мельцаев, А.М. Осипов. Иваново, ИГТА, 2009, 66 с.

11. Соколов, В.А. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям /В.А. Соколов. Иваново, 2003. 20 с

12. Пышненко, Е.А., Соколов А.К. И.А. Холостова. Сборник задач к практическим занятиям по курсам «Экология», «Социальная экология» и «Природопользование». / Е.А. Пышненко, А.К. Соколов, И.А. Холостова. Ивановск. гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина. Иваново, 2000.

13. Щадрова, С.Н., Беляков С.А. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экология» / С.Н. Щадрова, С.А. Беляков. Ивановск. гос. текстил. академия. Иваново, 1998. 88 с.

14. Федорова, А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды./ А.И. Федорова, А.Н. Никольская. М.: «Владос», 2003. 288 с.

## Содержание

Раздел 1. Теоретическая продуктивность фитоценозов для получения биологической энергии.....	Стр .
Задание 1.1. Метод расчёта теоретической биологической продуктивности фитоценозов по приходу ФАР на земную поверхность.....	3
Задание 1.2. Метод расчёта возможной продуктивности экосистем по биоклиматическому потенциалу.....	12
<hr/>	
Раздел 2. Загрязнение окружающей среды при производстве тепло- и электроэнергии	21
Задание 2.1 Расчет выбросов вредных веществ, образующихся при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.....	21
Задание 2.2. Расчет экологической безопасности биосферы ...при загрязнении вредными веществами.....	29
Задание 2.3..Автотранспортное загрязнение окружающей среды и влияние загрязнителей на здоровье человека	
Раздел 3. Оценка допустимого воздействия на гидросферу.....	36
Раздел 4. Плата за загрязнение атмосферы вредными веществами	
Расчёт платы за загрязнение биосферы газообразными, жидкими	

и твёрдыми промышленными отходами.....	43
Раздел 5. Определение площадей зелёных насаждений для вос- производства кислорода	
. Расчёт потребности в кислороде и площадях зелёных растений для воспроизводства потреблённого кислорода	58
Приложение	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	68
Содержание	69

---

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
ПО ЭКОЛОГИИ.

Составители: **МЕЛЬЦАЕВ Иван Григорьевич,**  
**СОРОКИН Александр Федорович**  
**МУРЗИН Андрей Юрьевич**

Редактор Т.В. Соловьева  
Технический редактор Т.Ю. Мингалева  
Лицензия ИД № 0525 от 4 июля 2001 г.  
Подписано в печать 15.04. 2011. Формат 60 x 84 1/16.  
Печать плоская. Усл. печ.л. 4,13. Тираж 300 экз. Заказ  
118 .ГОУВПО "Ивановский государственный энергетиче-  
ский университет им. В.И. Ленина".  
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.  
Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ