



- **Ассимиляционная емкость окружающей среды** – способность ее без ущерба для себя «усваивать техногенные воздействия».
- Рассматривается как особый вид природных ресурсов; требует экономической оценки.
- Величина такой оценки может определяться исходя из возможностей экономии средств на предотвращение негативных воздействий: меньших объемов очистки отходящих газов, более низкой степени очистки точных вод и др.

- **Ассимиляционная емкость окружающей среды** позволяет экономить средства природопользователей на средозащитные мероприятия за счет того, что негативные эффекты проявляются лишь после ее превышения.

# Экономическая оценка ассимиляционной емкости

$$Э_a = \text{ПДВ} (C+Y) * 0,5 - (\text{ФВ-ПДВ}) * Y$$

**Э<sub>a</sub>** – экономическая оценка ассимиляционного потенциала, у.е.;

**ПДВ и ФВ** – предельно допустимый и фактический уровень выбросов, т или т/год;

**С** – средние затраты на улавливание единицы выбросов, у.е./ год;

**Y** – средний ущерб, приносимый единицей выбросов на рассматриваемой территории, у. е./т.

**Полная оценка величины  
ассимиляционного потенциала  
складывается из суммы значений  
величин для отдельных веществ на  
рассматриваемой территории.**

Дать экономический расчет ассимиляционного потенциала окружающей среды для сернистого ангидрида, если известно, что (табл. 1.25) показатели удельных затрат (У) на предотвращение загрязнения атмосферы для сернистого ангидрида составляют 46200 у.е./т; лимит по выбросам (ПДВ) для города 2600 т/год; фактический выброс (ФВ) 2500 т/год, средний ущерб (С)  $1,3 \cdot 10^7$  у.е./год:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_a &= \text{ПДВ} \cdot (\text{С} + \text{У}) \cdot 0,5 - (\text{ФВ} - \text{ПДВ}) \cdot \text{У} = \\ &= 0,5 \cdot 2600 \text{ т/год} \cdot (1,3 \cdot 10^7 \text{ у.е./год} + 46200 \text{ у.е.} / 2600 \text{ т}) - (2500 \text{ т/год} - 2600 \text{ т/год}) \cdot \\ &\quad \cdot 46200 \text{ у.е.} / 2600 \text{ т/год} = 1,7 \cdot 10^{10} + 1800 = 1,7^{10} \text{ у.е.} \end{aligned}$$

Таблица 1.25. Показатели средних удельных затрат на предотвращение загрязнения атмосферы, по [28, 36]

Вещества	Удельные затраты на предотвращение выброса в атмосферу загрязняющих веществ, У, тыс. у.е./т
Твердые частицы	10,43
Оксид углерода	1,98
Сернистый ангидрид	46,2
Оксиды азота	15,18
Летучие углеводороды	1,35
Прочие органические соединения	4,59
Прочие неорганические соединения	88,64

Таблица 1.26. Сведения о загрязнении атмосферы населенных пунктов

Город, вариант	Лимит выбросов, т/год (ПДВ)	Фактический выброс, т/год (ФВ)	Средний ущерб, у.е./год ( $C_{\text{п}}$ )
1. Поселок, вещества:			
SO <sub>2</sub>	2485,1	3230	$1,7 \cdot 10^7$
NO <sub>x</sub>	1478,9	1480	$1,9 \cdot 10^7$
CO	6009,5	5750	$1,8 \cdot 10^6$
углеводороды	613,9	700	$8,8 \cdot 10^5$
твердые частицы	633,6	645	$8,4 \cdot 10^6$
2. Город, вещества:			
SO <sub>2</sub>	2112	1995	$1,04 \cdot 10^7$
NO <sub>x</sub>	1257	1315	$1,7 \cdot 10^7$
CO	5108	5200	$1,6 \cdot 10^6$
углеводороды	758	725	$9,1 \cdot 10^5$
твердые частицы	538	500	$6,5 \cdot 10^6$

Город, вариант	Лимит выбросов, т/год (ЛВ)	Фактический выброс, т/год (ФВ)	Средний ущерб, у.е./год ( $C_n$ )
3. Город, вещества:			
SO <sub>2</sub>	2745	2650	$1,4 \cdot 10^7$
NO <sub>x</sub>	1258	1300	$1,7 \cdot 10^7$
CO	488	475	$1,5 \cdot 10^5$
углеводороды	865	880	$1,1 \cdot 10^6$
твердые частицы	548	560	$7,4 \cdot 10^6$
4. Поселок, вещества:			
SO <sub>2</sub>	1795,485	2200	$1,15 \cdot 10^7$
NO <sub>x</sub>	1068,505	1000	$1,3 \cdot 10^7$
CO	4341,864	4350	$1,4 \cdot 10^7$
углеводороды	936,3356	990	$1,25 \cdot 10^6$
твердые частицы	457,776	420	$5,5 \cdot 10^6$
5. Город, вещества:			
SO <sub>2</sub>	2608,225	2750	$1,4 \cdot 10^7$
NO <sub>x</sub>	1887	1950	$2,5 \cdot 10^7$
CO	6353,75	6400	$2,03 \cdot 10^6$
углеводороды	760,76	723	$9,2 \cdot 10^5$
твердые частицы	493,425	450	$5,9 \cdot 10^6$



# **Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха**

## Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферы рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{атм}}(t) = \gamma_t \cdot \sigma \cdot f \cdot \sum_{i=1}^n A_i m_{it} ,$$

где  $\gamma_t$  – денежная оценка единицы выбросов в усл. т., у.е./усл. т.;  $\sigma$  – коэффициент, позволяющий учесть региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию (табл. 2.1);  $f$  – поправка, учитывающая характер рассеяния примеси в атмосфере;  $A_i$  – коэффициент приведения примеси вида  $i$  к монозагрязнителю, усл. т/т (табл. 2.2);  $m_{it}$  – объем выброса  $i$ -ого вида примеси загрязнителя [36].

# Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов

Тип загрязняемой территории	Значение $\sigma$
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения $n$ чел./га* (при плотности $> 300$ чел./га коэффициент равен 8)	$(0,1 \text{ га/чел})n$
Территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промышленных узлов	4
Леса: 1-я группа	0,2
2-я группа	0,1
3-я группа	0,025
Пашни: Южные зоны (южнее $50^\circ$ с.ш.)	0,25
Северные зоны (севернее $50^\circ$ с.ш.)	0,15
Прочие районы	0,1
Сады, виноградники	0,5
Пастбища, сенокосы	0,05

## Значение величины $A_i$ для некоторых веществ, выбрасываемых в атмосферу

Название вещества	Значение $A_i$ , усл. т/т
Оксид углерода	1
Сернистый ангидрид	22
Сероводород	54,8
Серная кислота	49
Оксиды азота в перерасчете по массе на $\text{NO}_2$	41,1
Аммиак	10,4
Летучие низкомолекулярные углеводороды по углероду (ЛНУ)	3,16
Ацетон	5,55
Фенол	310
Ацетальдегид	41,6
3, 4-бензапирен	$12,6 \cdot 10^5$

*Задача 1.* По приведенным в табл. 2.16 данным оцените годовой размер ущерба от загрязнения атмосферы для предприятий. Поправка  $f = 1$ ,  $\sigma = 4$ .

$$\gamma = 5 \text{ у.е./усл. т.}$$

## Годовой объем выбросов загрязняющих веществ промышленных предприятий в атмосферу

№ предприятия	Сернистый ангидрид	Оксиды углерода	Оксиды азота	Углеводороды
1	62,70	58 066,80	9541,10	322 253,30
2	370,30	9819,90	3091,90	9632,10
3	23,30	3847,10	1360,30	3834,90
4	98,70	10 162,70	13 580,40	20 568,20
5	22,50	207 076,40	82 540,10	133 330,00
6	22 628,10	31 442,80	3381,20	7488,50
7	15 873,50	31 252,50	1542,50	2233,70
8	65,90	43 063,50	11403,70	447 670,70

**Задача 2.** Технологии очистки позволяют снизить загрязнение окружающей среды по сравнению с данными табл. 2.16 следующими веществами: снижение объемов выбросов оксида углерода – на 20%; снижение объемов выбросов оксида азота – на 30; снижение объемов выбросов сажи – на 15%. Определите снижение размеров экономического ущерба от загрязнения окружающей среды перечисленными веществами. Поправку  $f$  принять равной 1.

**Задача 8.** Промышленным предприятием города ежедневно выбрасываются в атмосферу следующие объемы загрязняющих веществ: оксид углерода – 0,25 т; сернистого газа – 0,1 т; сероводорода – 0,6 т; фенолов – 0,35 т. Определите годовой экономический ущерб от загрязнения атмосферы города ( $365 - 52 = 313$  рабочих дней в году). Безразмерная поправка, характеризующая рассеяние примеси,  $f = 0,812$ . Тип территории – территория промышленного предприятия.

**Задача 10.** Промышленные предприятия города осуществляют следующие выбросы в атмосферу: 50 тыс. т пыли; 4 т сероводорода; 200 т оксида углерода; 25 тыс. т оксидов азота (в пересчете на диоксид); 66 т фенола; 0,7 т цианистого водорода. Определите размер годового ущерба от загрязнения атмосферы, если через систему очистных сооружений проходит 70% всех выбросов, а степень очистки газов составляет 85%. Поправка  $f = 3,13$ ; поправка на тип территории  $\sigma = 4$ .

# **Оценка уровня загрязнения атмосферы**

# Оценка степени суммарного загрязнения атмосферы по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА)

*Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) отдельной примесью* – количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы, отдельной примесью учитывающая различие в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к вредности диоксида серы, по мере увеличения превышения ПДК (в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»).



ИЗА рассчитываются по формуле:

$$I_i = \left( \frac{q_{\text{ср.}i}}{ПДК_{\text{сс}i}} \right)^{c_i}$$

- где  $q_{\text{ср.}i}$  - средняя концентрация  $i$ -ого вещества;
- $ПДК_{\text{сс.}i}$  - среднесуточная ПДК для  $i$ -ого вещества;
- $c_i$  - константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для соответственно 1, 2, 3, 4-го классов опасности веществ, позволяющая привести степень вредности  $i$ -го вещества к степени вредности диоксида серы.

ИЗА используется для характеристики вклада отдельных примесей в общий уровень загрязнения атмосферы за данный период времени на данной территории или в точке измерения; для сравнения степени загрязнения атмосферы различными веществами.

# **В зависимости от значения ИЗА уровень загрязнения воздуха определяется, как:**

<i>Уровень загрязнения атмосферного воздуха</i>	<i>Значения ИЗА</i>
<b>Низкий</b>	<b>меньше или равен 5</b>
<b>Повышенный</b>	<b>5-7</b>
<b>Высокий</b>	<b>7-14</b>
<b>Очень высокий</b>	<b>больше или равен 14</b>

# Оценка степени суммарного загрязнения атмосферы по комплексному показателю загрязнения атмосферного воздуха ( $P$ )

При загрязнении воздуха чаще проявляется эффект неполной суммации, который следовало бы принимать во внимание при оценке качества воздуха.

В расчете значений комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха ( $P$ ) эффект частичной суммации учитывается с помощью коэффициента  $k$ , где  $n$  – число веществ в смеси.

## ***Комплексный показатель Р***

**рассчитывается следующим образом:**

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2}$$

где  $K_i$  – фактическое среднегодовое загрязнение атмосферы  $i$ -м веществом в долях среднесуточного ПДК, приведенное к биологическому эквиваленту 3-го класса опасности.

**$K_i$  определяется следующим образом:**

Вначале определяется кратность превышения ПДК  $i$ -го вещества:

$$K_i = \frac{C_i}{(\text{ПДК}_{\text{с.с.}})_i} \quad * R,$$

$R$  – коэффициент изоэффективности

$R_i$	<b>0,87</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>2,3</b>
<b>Класс опасности</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

При значениях  $K_i$  для 1-го класса опасности более 2,5; для 2-го – более 5, для 3-го – более 8 и для 4-го – более 11 приведение к 3-му классу осуществляется с применением других коэффициентов изоэффективности:

$R_i$	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>3,2</b>
<b>Класс опасности</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

# Уровень загрязненности атмосферы в зависимости от величины показателя $P$ и числа ингредиентов

Уровень загрязнения воздуха	Число загрязнителей			
	2-3	4-9	10-20	более 20
I – допустимый	2	3	4	5
II – слабый	2.1-4	3.1-6	4.1-8	5.1-10
III – умеренный	4.1-8	6.1-12	8.1-16	10.1-20
IV – сильный	8.1-16	12.1-24	16.1-32	20.1-40
V – очень сильный	>16	>24	>32	>40



- *Задача 1.* Рассчитайте ИЗА и Р, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: диоксид азота –  $0,056 \text{ мг/м}^3$ ; бенз(а)пирен –  $0,0008 \text{ мкг/м}^3$ ; диоксид серы –  $2,5 \text{ мг/м}^3$ ; оксид углерода –  $2,7 \text{ мг/м}^3$ ; бензол  $0,2 \text{ мг/м}^3$ ; свинец  $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3$ ; пыль  $0,63 \text{ мг/м}^3$ .

ПДК (класс опасности) :

диоксид азота -  $0.04 \text{ мг/м}^3$  (II)

диоксид серы –  $0.05 \text{ мг/м}^3$  (III)

оксид углерода –  $3 \text{ мг/м}^3$  (IV)

бенз(а)пирен –  $0,000001 \text{ мг/м}^3$  (I)

бензол –  $0,1 \text{ мг/м}^3$  (II)

свинец –  $0,001 \text{ мг/м}^3$  (I)

пыль -  $0.15$  (III)  $\text{мг/м}^3$

- **Задача 2.** По данным табл. рассчитайте уровень загрязненности атмосферы в зависимости от величины параметров ***P*** и ***ИЗА***. Сопоставьте полученные значения для разных лет и постройте для 2 лет «рейтинги» по уровню показателей ***P*** и ***ИЗА***. Меняется ли ситуация?

# Средний химический состав атмосферного воздуха некоторых городов, мг/м<sup>3</sup> (по данным статистического сборника, М., 1989)

Город	Тв. частицы		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>2</sub>	
	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988
<b>Ангарск</b>	<b>0.2</b>	<b>1.2</b>	<b>0.012</b>	<b>1.01</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0.3</b>	<b>1.03</b>
<b>Донецк</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>
<b>Ереван</b>	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.14</b>	<b>0.11</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>
<b>Киев</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.12</b>	<b>0.07</b>
<b>Москва</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.004</b>	<b>0.02</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0.05</b>	<b>0.08</b>
<b>Норильск</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.20</b>	<b>0.19</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
<b>Одесса</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>
<b>Саратов</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.15</b>	<b>0.22</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>
<b>ПДК<sub>с.с</sub></b>	<b>0.15</b>		<b>0.05</b>		<b>3</b>		<b>0.04</b>	
<b>Класс опасности</b>	<b>III</b>		<b>III</b>		<b>IV</b>		<b>II</b>	

# **Оценка уровня загрязнения гидросферы**

- Индекс загрязнения воды (ИЗВ) – условный комплексный показатель качества воды, учитывающий наиболее распространенные загрязняющие вещества.
- Расчет ИЗВ для поверхностных вод проводился по строго ограниченному количеству ингредиентов. Всего таких ингредиентов шесть, включая в обязательном порядке растворенный кислород и БПК<sub>5</sub>. Помимо них, в число участвующих в расчете ингредиентов входят те, которые имеют наибольшие относительные концентрации (отношение  $C_i/PDK_i$ ).
- Для представления качества вод в виде единой оценки показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности; при равенстве относительных концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический признак вредности.

ИЗВ рассчитывают по формуле:

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i}}{N}$$

- где  $C_i$  - концентрация  $i$ -го вещества, мг/л;
- $ПДК_i$  - установленная величина для соответствующего типа водного объекта и  $i$ -го вещества, мг/л;
- $N$  - число показателей, используемых для расчета индекса.

<b>Воды</b>	<b>Значения ИЗВ</b>	<b>Классы качества вод</b>
<b>Очень чистые</b>	<b>до 0,2</b>	<b>1</b>
<b>Чистые</b>	<b>0,2 - 1,0</b>	<b>2</b>
<b>Умеренно загрязненные</b>	<b>1,0 - 2,0</b>	<b>3</b>
<b>Загрязненные</b>	<b>2,0 - 4,0</b>	<b>4</b>
<b>Грязные</b>	<b>4,0 - 6,0</b>	<b>5</b>
<b>Очень грязные</b>	<b>6,0 - 10,0</b>	<b>6</b>
<b>Чрезвычайно грязные</b>	<b>&gt;10,0</b>	<b>7</b>

Основные *недостатки* данного метода: учитываются только гидрохимические показатели; выпадают из внимания исследователей многие загрязняющие вещества, не вошедшие в группу из 6 показателей.

В качестве разновидности ИЗВ используется Формализованный суммарный показатель химического загрязнения воды (ПХЗ-10). При определении ПХЗ-10 вместо 6 учитывается 10 показателей.



# Характеристика загрязненности поверхностных вод в 1999 г.

Река	Пункт	Показатели, мг/л									
		О2 (4 мг/л )	БПК 5 (2,0 мг/л)	Фенолы (0,001 мг/л)	Нефтепро- дукты (0,05 мг/л)	NH4 (0,40 мг/л)	NO2 (0,02 мг/л)	NO3 (9,00 мг/л)	Соедине ния меди (0,001 мг/л)	Соедине ния железа (0,1 мг/л)	Фосфа ты (0,2 мг/л)
Лама	Егорье	7,33	7,12	0,007	0,44	4,4	0,14	0,41	0,023	0,83	0,15
Дубна	Вербилки	8,53	6,27	0,029	0,51	2,3	0,11	1,20	0,024	0,60	0,48
Кунья	Красно- заводск	8,96	4,39	0,005	0,56	1,4	0,206	1,00	0,020	0,81	0,295
Сестра	Трехсвят- ское	8,04	5,04	0,009	0,32	4,0	0,216	0,47	0,018		0,13
Ока	Серпухов	8,22	6,47	0,010	0,90	3,4	0,15	4,91	0,083		0,51
Ока	Кашира	7,84	6,20	0,008	0,41	2,6	0,087	0,47	0,028		
Москва	Барсуки	8,46	11,8	0,012	0,41	3,7	0,039	1,09	0,027		0,18
Москва	Москва	6,43	9,61	0,021	0,95	3,5	0,165	2,01	0,039	3,50	0,432

# Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воде р. Н районе населенного пункта В

Год	O2	БПК5	PHE	НЕФТЬ	NO2	NO3	NH4	FE	CU	ZN	CL	SO4	ХПК
2002													
2003	8,68	1,19	0,0020	0,990	0,0048	0,752	0,026	0,06	4,2500	9,250	19,43	107,75	23,40
2004	10,01	1,96	0,0013	0,102	0,0217	1,486	0,046	0,03	6,1667	9,167	27,70	120,57	14,70
2005	9,38	1,49	0,0055	0,410	0,0182	1,505	0,086	0,04	5,6667	8,333	20,44	92,78	11,37
2006	9,98	2,04	0,0023	0,120	0,0307	1,391	0,127	0,23	4,2500	8,350	26,48	111,37	12,94
2007	9,39	2,26	0,0042	0,232	0,0208	1,146	0,125	0,18	5,5833	8,283	22,30	101,37	15,78
	9,19	0,93	0,0025	0,057	0,0167	0,977	0,032	0,03	6,1667	7,617	23,70	131,13	7,38
2008	9,34	1,40	0,0087	0,140	0,0128	1,039	0,045	0,04	4,1833	7,283	22,72	56,02	13,37
2009	9,15	1,41	0,0027	0,123	0,0130	1,145	0,028	0,05	5,9667	7,050	22,75	105,05	6,85

# Оценка уровня химического загрязнения почв

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов.

*Коэффициент концентрации химического вещества* ( $K_c$ ), который определяется отношением его реального содержания в почве ( $C$ ) к фоновому или его предельно допустимой концентрации ( $C_{\phi}$ ):

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

Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), который равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов и выражен следующей

$$Z_c = \left[ \sum_{i=1}^n K_c \right] - (n - 1)$$

где  $n$  - число суммируемых элементов.

# Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ )

Степень загрязнения почв	Величина ( $Z_c$ )	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 2	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Слабая	2-8	Увеличение общей заболеваемости
средняя	8-32	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
сильная	32-64	
Очень сильная	Более 64	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

- *Задача.* Как будет изменяться суммарный показатель загрязнения почв и уровень их загрязнения, в зависимости от типа почв, если известно, что валовое содержание в почвах загрязняющих веществ следующее: - мышьяк – 25 мг/кг, медь - 66 мг/кг, цинк – 350 мг/кг, свинец - 80 мг/кг, фтор - 13 мг/кг.
- Фон:
  - - Дерново-подзолистые почвы: 1,5 ; 8; 28; 6; 8.
  - - Серые лесные почвы: 2,6; 18; 60; 16; 10.
  - - Каштановые почвы: 5,2; 20; 54; 20; 12.