

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**  
Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование  
Разработчик: профессор, д.т.н. Греков К.Б.

Санкт-Петербург  
2018

# Расчетная работа № 1

## СОСТАВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОГО СПИСКА ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ КОНТРОЛЮ В АТМОСФЕРЕ

### Цель работы

- 1) Определить комплексные показатели состояния загрязнения атмосферы для определенного предприятия и конкретной территории (ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub>, РПВ<sub>1</sub> и РПВ<sub>2</sub>)
- 2) Составить вариант приоритетного списка вредных примесей, подлежащих контролю в атмосфере, используя заданный массив данных по выбросам анализируемого объекта.

### Введение

Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» (№ 96-ФЗ от 04 мая 1999 г.) является законодательной базой снижения выбросов вредных веществ в атмосферу за счет планирования и осуществления государственных программ и мероприятий путем введения высокоэффективных методов очистки и перехода на малоотходные и безотходные технологии.

Вклад основных видов деятельности в суммарные выбросы вредных веществ, отходящих от стационарных источников, на промышленных предприятиях в России в 2003 г. выглядела следующим образом:

- добыча полезных ископаемых – 27,7%;
- обрабатывающие производства – 34,0%;
- производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 22,2%;
- транспорт и связь – 12,3%;
- прочие виды экономической деятельности – 3,8%;

В России в 2008 году выбросы в атмосферу составляли 20,1 млн. т. По объемам выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников на первом месте располагаются обрабатывающие производства (третья часть суммарного объема по России) за счет металлургического производства. Другой крупный блок источников загрязнения атмосферы образуют производства по добыче полезных ископаемых (27,7%), в первую очередь предприятия, занимающиеся добычей сырой нефти и нефтяного попутного газа. Значительные объемы выбросов в атмосферу характерны для предприятий электроэнергетики и трубопроводного транспорта.

Вместе с тем уловлено или обезврежено в 2008 г. было 16,6 млн.т. (82,7% от общего числа отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников).

Итак, промышленные предприятия и автотранспорт выбрасывают в атмосферу тысячи наименований вредных веществ. Наиболее сложными и трудоемкими являются операции инвентаризации источников вредных воздействий, выбросов, а также расчеты норм ПДВ.

*Инвентаризацию* проводят с целью учета неблагоприятных воздействий поступления вредных веществ в окружающую среду, их обезвреживания и улавливания, разработки мер по снижению и ликвидации воздействий от поступления вредных веществ.

Периодичность плановых инвентаризаций – обычно 1 раз в 5 лет, но при необходимости инвентаризацию проводят чаще.

Инвентаризацию осуществляют расчетно-аналитическими методами и прямыми методами инструментальных измерений и контроля при работе оборудования в нормальном режиме.

Фактические показатели (качественные и количественные) поступления в окружающую среду вредных веществ и неблагоприятных факторов сопоставляются (расчетным путем) с нормами ПДВ. На этом основании делаются выводы о приемлемости или неприемлемости деятельности предприятия по природоохранным показателям для данных экологических и природно-климатических условий:

- разрешающее деятельность предприятия;
- разрешающее деятельность предприятия при условии проведения неотложных мероприятий;
- запрещающее деятельность предприятия.

На рис.1.1 приведена блок-схема инвентаризации поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

Согласно этой схеме, на основании расчетов и прямых измерений на первом этапе определяется номенклатура вредных веществ, поступающих в окружающую среду в нормальном режиме функционирования.

Далее проводится расчет концентрации этих вредных веществ в соответствующих компонентах окружающей среды, при этом учитывается воздействие климатических факторов, как правило, снижающих концентрацию за счет ветропереноса, атмосферных осадков, течений и т.п.

Полученные суммарные значения концентраций сопоставляют с действующими нормами ПДК и по результатам сравнения принимают соответствующее решение о дальнейшем функционировании источников.

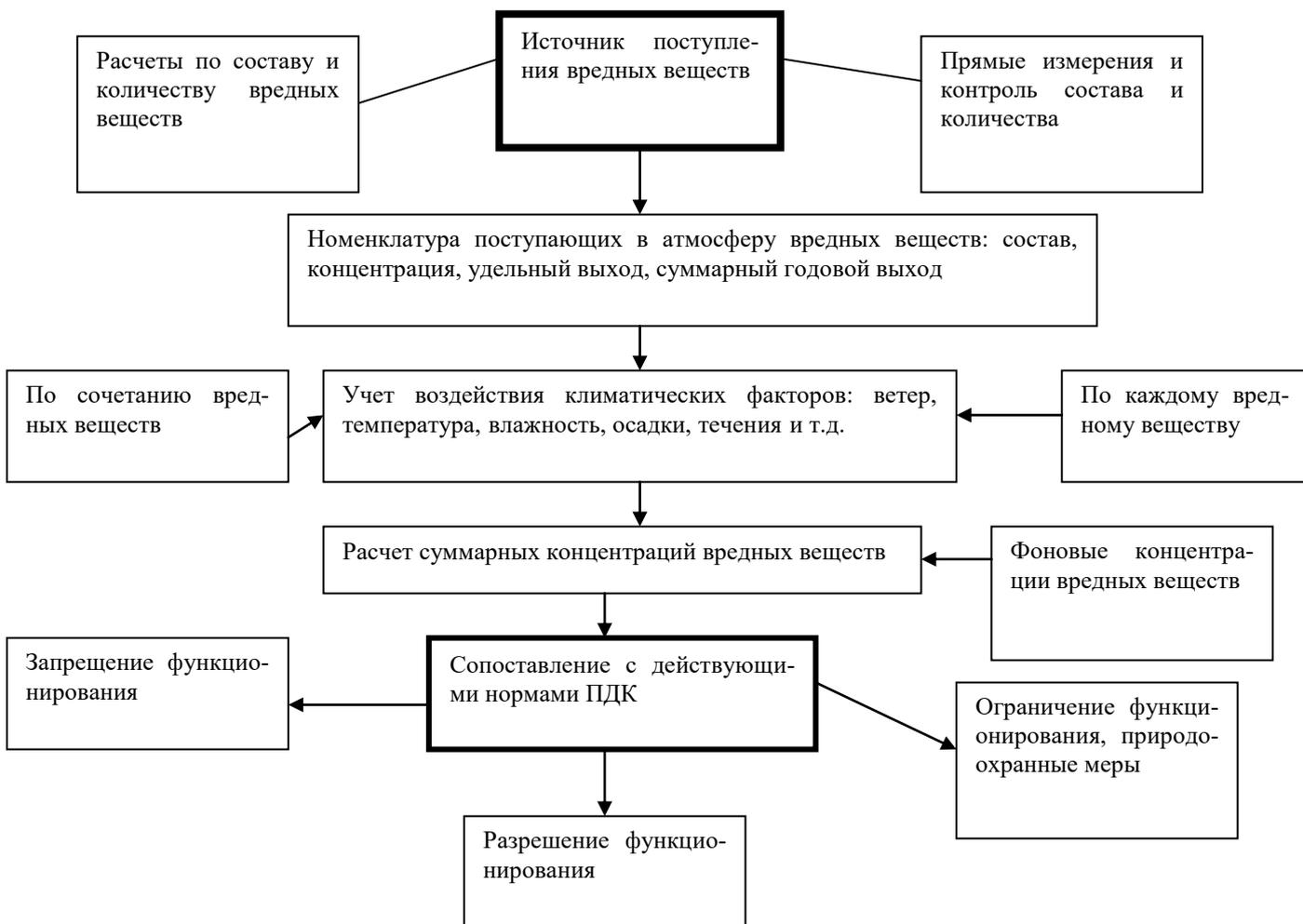


Рисунок 1.1 – Блок-схема алгоритма инвентаризации источников выбросов

Анализ природно-климатических факторов проводится с целью определения тенденций повышения или понижения концентраций для данной территории. Для этого используется база данных многолетних климатических наблюдений и характеристик исследуемой территории. Размеры учитываемой территории (зоны влияния) зависят от того, каков характер анализируемых выбросов.

Сопоставляя фоновые концентрации, ПДК и климатические характеристики, рассчитывают ПДВ для данной территории по списку приоритетных вредных веществ.

При превышении уровня ПДК, ПДВ ставится вопрос о мероприятиях, которые способны привести к нормам выбросы загрязняющих веществ, в том числе – о выделении необходимых ресурсов для замены или ремонта очистных сооружений, замены технологии очистных сооружений либо основной технологии производства.

Контролировать содержание всех веществ в атмосфере невозможно по экономическим причинам и целесообразности. Существуют критерии выбора вредных веществ, подлежащих контролю, и правила определения очередности организации контроля, которые основываются на составлении приоритетного списка контроля вредных веществ.

Принцип выбора веществ, включаемых в приоритетный список, основан на использовании двух комплексных показателей состояния загрязнения атмосферы<sup>1</sup>.

Первый параметр – *требуемое потребление воздуха (ТПВ, тыс.т/год/мг/м<sup>3</sup>)*. Это объем воздуха, необходимый для разбавления *i*-того вещества в количестве  $M_i$  (тыс.т/год) до уровня концентрации, равной ПДК<sub>нм</sub><sup>2</sup>.

В связи с наличием двух нормативов качества атмосферного воздуха населенных мест (ПДК<sub>сс</sub> и ПДК<sub>мр</sub>) в Рекомендациях указаны две величины ТПВ: ТПВ<sub>1</sub> – среднесуточный норматив и ТПВ<sub>2</sub> – максимально разовый. Определяются они следующими выражениями:

$$\text{ТПВ}_1 = M_i / \text{ПДК}_{\text{сс}} \quad (1.1)$$

$$\text{ТПВ}_2 = M_i / \text{ПДК}_{\text{мр}} \quad (1.2)$$

Второй параметр – величина реального потребления воздуха (РПВ). Она характеризует объем воздуха, который обеспечивает разбавление выбросов *i*-того вещества в количестве  $M_i$  (тыс. т/год) до уровня концентрации  $q_i$ , наблюдаемой в данном месте. Используют также две величины показателя РПВ: РПВ<sub>1</sub>, рассчитываемый с учетом среднего уровня концентрации примеси, и РПВ<sub>2</sub>, рассчитываемый с учетом максимального уровня концентрации примеси:

$$\text{РПВ}_1 = M_i / q_{\text{ср}} \quad (1.3)$$

$$\text{РПВ}_2 = M_i / q_{\text{макс}} \quad (1.4)$$

Установлено, что показатель РПВ зависит от рассеивающей способности атмосферы (характеризуется специальным параметром загрязнения атмосферы (ПЗА)<sup>3</sup>, от территории города или анализируемой зоны (L) и параметров источников выбросов в городе (анализируемой зоне).

Способ выбора примесей для контроля их содержания в атмосфере данного населенного пункта основан на сравнении соответствующих значений ТПВ и РПВ. При этом определяется, будет ли оцениваемая средняя или максимальная концентрация вредного вещества при заданных выбросах превышать соответствующие значения ПДК<sub>сс</sub> или ПДК<sub>мр</sub>.

Если  $\text{ТПВ} \geq \text{РПВ}, \quad (1.5)$

т.е.  $M_i / \text{ПДК}_{\text{нм } i} \geq M_i / q_i, \quad (1.6)$

тогда  $q_i \geq \text{ПДК}_{\text{нм } i}, \quad (1.7)$

т.е. оцениваемая концентрация примеси будет равна или превысит ПДК<sub>нм</sub>, и *i*-тую примесь следует включить в список веществ, которые необходимо контролировать.

Из приведенного выше ясно, что необходимо провести сравнение ТПВ<sub>1</sub> с РПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> с РПВ<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> Временные Рекомендации для составления приоритетного списка примесей, подлежащих контролю в атмосфере

<sup>2</sup> *Предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населенных мест ПДК<sub>нм</sub> (ПДК<sub>ав</sub>)* – максимальная концентрация, отнесенная к определенному периоду осреднения (30 мин., 24 ч, 1 мес., 1 год) и не оказывающая при регламентированной вероятности появления вредного вещества ни прямого, ни косвенного отрицательного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и последующих поколений, не снижающая работоспособности человека и не ухудшающая его самочувствия. Среди ПДК<sub>нм</sub> различают среднесуточную – ПДК<sub>сс</sub> и максимально разовую – ПДК<sub>мр</sub>.

*Предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест ПДК<sub>сс</sub> (мг/м<sup>3</sup>)* – средняя из концентраций, выявленных в течение суток или отбираемая непрерывно в течение 24 часов, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

*Предельно допустимая максимальная разовая (кратковременная) концентрация химического вещества в воздухе населенных мест ПДК<sub>мр</sub> (мг/м<sup>3</sup>)* – наиболее высокая из числа 30-минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения, которая при вдыхании в течение 30 мин. не должна вызывать рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека.

<sup>3</sup> Величина ПЗА меньше 2,5 соответствует чистой атмосфере; 2,5-7,5 – слабозагрязненной атмосфере; 7,5-12,5 – загрязненной атмосфере; 12,5-22,5 – сильнозагрязненной атмосфере; 22,5-32,5 – высоко загрязненной атмосфере более 52,5 – экстремально загрязненной атмосфере.

<sup>4</sup> *Предельно допустимый выброс (ПДВ, г/с)* – масса вредного вещества в газовых выбросах, максимально допустимая к поступлению в атмосферу в единицу времени при условии, что приземная концентрация вредного вещества не будет превышать ПДК.

## 1.1 Определение вредных примесей, подлежащих контролю

### 1.1.1 С учетом среднесуточного уровня загрязнения атмосферы

Существует два приема предварительного определения целесообразности контроля избыточных количеств вредных веществ в воздухе по ТПВ<sub>1</sub>.

Первый – графический метод, использующий номограммы  $M$  (тыс.т/год) –  $L$  (км) с семейством прямых, построенных для  $q_i = \text{ПДК}_{\text{ср}}$  с учетом параметра ПЗА для определения очередности их ревизии.

Второй – теоретический метод: упрощенный способ, используемый в случае наличия в анализируемой зоне (городе) одного или нескольких источников выброса, расположенных локально.

Для решаемой в этой работе задачи  $L$ , т.е. расстояние, на котором можно ожидать наибольшего значения  $q_i$ , принимается равным 2 км. Поскольку выбрано одно значение  $L = 2$  км, применим теоретический метод.

Вместо номограмм для определения целесообразности контроля можно пользоваться следующими зависимостями:

- при значении ПЗА = 2,1-3,0 (для Европейской части России и Западной Сибири) –  $M_i \geq 200 \text{ ПДК}_{\text{ср}}$ , т.е.  $M_i/\text{ПДК}_{\text{ср}} \geq 200$ , и следовательно, можно принять  $\text{РПВ}_1 = 200$ ;
- при значении ПЗА = 3,0 (для Восточной Сибири) –  $M_i \geq 100 \text{ ПДК}_{\text{ср}}$ , т.е.  $M_i/\text{ПДК}_{\text{ср}} \geq 100$ , и следовательно, можно принять  $\text{РПВ}_1 = 100$ .

Таким образом, для каждой примеси рассчитывается величина ТПВ<sub>1</sub> по формуле (1.1) и сравнивается с РПВ<sub>1</sub> для заданного региона. В случае выполнения неравенства (1.5) примесь подлежит контролю и в графе 8 (табл.1.2) ставят знак «+», если не выполняется, то ставят знак «-».

### 1.1.2 С учетом максимально возможного уровня загрязнения атмосферы

При выборе специфических примесей для контроля их содержания в воздухе учитывается также соотношение между ожидаемой максимально разовой концентрацией  $i$ -той примеси  $q_{\text{мр}}$  и ее  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ .

Значения параметра РПВ<sub>2</sub> для наиболее часто встречающихся неблагоприятных метеорологических условий рассеяния выбираются по табл. 1.1 с учетом  $H$ ,  $\Delta T$ ,  $A$ .

$H$  – высота источника выброса, м. Если примесь поступает в атмосферу от многих мелких источников и автотранспорта, то принимается  $H = 20$  м; если примеси выбрасываются из нескольких промышленных источников разной высоты, то принимается  $H = 50$  м, что соответствует примерно средней высоте труб; для промышленных предприятий с высокими трубами (ТЭЦ, ГРЭС и т.п.)  $H$  принимается не ниже 100 м.

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемой газовоздушной смеси и окружающего воздуха, °С.

$A$  – коэффициент рассеивания, индивидуальный для каждой местности и соответствующий неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна:

$A = 250$  – для районов Средней Азии южнее 40°с.ш., Бурятии и Читинской области;

$A = 200$  – для Центральной Европейской части России и Дальнего Востока;

$A = 160$  – для Европейской части России и Урала севернее 52°с.ш.;

$A = 140$  – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Таблица 1.1 – Параметр РПВ<sub>2</sub> (тыс.т/год/мг/м<sup>3</sup>) при различных значениях  $H$ ,  $\Delta T$ ,  $A$

Высота выброса $H$ , м	$A = 140$		$A = 160$		$A = 200$		$A = 250$	
	$\Delta T, ^\circ\text{C}$							
	< 50	> 50	< 50	> 50	< 50	> 50	< 50	> 50
100	6,65	4,10	5,00	3,10	4,00	2,40	3,30	2,00
50	2,10	1,00	1,60	0,80	1,20	0,60	1,00	0,50
20	0,25	-	0,90	-	0,15	-	0,12	-

Результаты сравнений, просчитанных по формуле (1.2) величин ТПВ<sub>2</sub> и выбранных по табл.1.1 значений РПВ<sub>2</sub>, с учетом неравенства (1.5), заносятся в табл.1.2 (графа 9), руководствуясь рассуждениями, аналогичными рассуждениям по среднесуточным выбросам.

## 1.2 Составление приоритетного списка с одновременным учетом среднесуточного и максимально возможного уровней загрязнения атмосферы

Вещества, имеющие в графе 8 или 9 (табл.1.2) хотя бы один знак «+», подлежат контролю и учитываются в распределении мест по ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> (т.е. вещества имеющие два минуса не превышают нормативных уровней и, следовательно, не подлежат контролю и не входят в приоритетный список).

Примеси, подлежащие контролю, сначала распределяются по ранжиру в соответствии с числовым значением ТПВ<sub>1</sub> (табл.1.2, графа 10). Номер «1» присваивается примеси с наибольшим значением ТПВ<sub>1</sub>, далее значения ТПВ<sub>1</sub> ставят в ряд по убывающей. Если несколько примесей имеют одинаковые значения ТПВ<sub>1</sub>, то вначале записывается примесь класса опасности «1», затем «2» и т.д. Аналогично распределяются места по значениям ТПВ<sub>2</sub> (табл.1.2, графа 11).

Затем определяется сумма мест (табл.1.2, графа 12). При этом, примеси, для которых нет значения ПДК<sub>мр</sub>, следовательно, нет значения ТПВ<sub>2</sub> и номера места по величине ТПВ<sub>2</sub>, включаются в список по удвоенному номеру места, полученного по значению ТПВ<sub>1</sub>.

Окончательный приоритетный список составляется по сумме мест, составленных по значениям ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub>, начиная с меньших чисел, в порядке их увеличения, т.е. номер «1» присваивается минимальной сумме мест ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub>. Если несколько примесей имеют одинаковые значения суммы номеров мест в окончательном списке, то очередность этих примесей устанавливается по классу опасности веществ или по величинам ПДК<sub>сс</sub> (ПДК<sub>мр</sub>)<sup>4</sup>, т.е. более опасные вещества должны контролироваться в первую очередь и находиться в приоритетном списке на более высоком месте.

Таблица 1.2 – Данные для построения приоритетного списка

Наименование примеси	M <sub>i</sub> , тыс.т/год	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	ТПВ <sub>1</sub>	ТПВ <sub>2</sub>	Контроль		Номера мест		Σ мест по ТПВ <sub>1</sub> и ТПВ <sub>2</sub>	№ места в списке
							по ТПВ <sub>1</sub>	по ТПВ <sub>2</sub>	по ТПВ <sub>1</sub>	по ТПВ <sub>2</sub>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

<sup>4</sup> Существуют четыре класса опасности (токсичности) веществ: I – чрезвычайно опасные, II – высоко опасные, III – умеренно опасные, IV – малоопасные

## Порядок выполнения работы

- 1) Выбрать РПВ<sub>1</sub> (п.1.1.1).
- 2) Определить коэффициент рассеивания А, индивидуальный для каждой местности (п.1.1.2).
- 3) Выбрать РПВ<sub>2</sub> (табл.1.1).
- 4) Рассчитать ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> по формулам (1.1) и (1.2). Результаты расчетов внести в табл.1.2 (графы 6 и 7).
- 5) Сравнить ТПВ<sub>1</sub> с РПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> с РПВ<sub>2</sub> (формула (1.5), п.п.1.1.1, 1.1.2). Результаты внести в табл.1.2 (графы 8 и 9).
- 6) Распределить места в списке по значениям ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> (п.1.1.3). Результаты внести в табл.1.2 (графы 10 и 11).
- 7) Распределить места в списке по сумме ТПВ<sub>1</sub> и ТПВ<sub>2</sub> (п.1.1.3). Результаты внести в табл.1.2 (графа 12).
- 8) Определить номера мест вредных веществ в порядке приоритетности, начиная с №1 и до последнего (п.1.1.3). Результаты внести в табл.1.2 (графа 13).
- 9) Составить приоритетный список примесей, рекомендуемых для контроля в атмосфере и представить его в форме табл.1.3.

Таблица 1.3 – Приоритетный список подлежащих контролю примесей

№	Наименование примеси
1	
...	
n	

### Задание к работе

#### Анализируемая ситуация

Имеется градообразующее предприятие, которое выбрасывает в атмосферу вредные примеси. Контролировать содержание всех веществ в атмосфере невозможно по экономическим причинам и целесообразности, поэтому необходимо составить приоритетный список примесей, подлежащих контролю.

Исходные данные для выполнения работы приведены в табл.1.4; перечень веществ, содержащихся в воздухе жилой застройки, и градообразующее предприятие приведены в вариантах исходного списка вредных примесей.

Вариант задания соответствует номеру студента по рабочему журналу кафедры ПЭ и БТ.

Таблица 1.4 – Исходные данные

№ по журналу	№ варианта исходного списка	Месторасположение предприятия	ΔТ, °С	Высота Н, м
1	1	Владимирская обл. г. Ковров	< 50	50
2	2		> 50	50
3	3		< 50	20
4	1	Урал г. Нижний Тагил	> 50	100
5	2		< 50	50
6	3		< 50	50
7	1	Дальний Восток г. Хабаровск	< 50	20
8	2		> 50	50
9	3		< 50	50
10	1	Бурятия Поселок городского типа Майский	< 50	20
11	2		< 50	50
12	3		< 50	50
13	1	Тулльская обл. г. Ефремов	> 50	100
14	2		< 50	50
15	3		< 50	50
16	1	Урал г. Первоуральск	< 50	20
17	2		< 50	50
18	3		> 50	100
19	1	г. Вологда	> 50	100
20	2		< 50	50

№ по журналу	№ варианта исходного списка	Месторасположение предприятия	ΔТ, °С	Высота Н, м
21	3	г. Чита	< 50	50
22	1		< 50	100
23	2		< 50	50
24	3		< 50	20
25	1	Тульская обл. г. Новомосковск	< 50	20
26	2		< 50	50
27	3		> 50	50
28	1	г. Санкт-Петербург	> 50	100
29	2		< 50	50
30	3		> 50	50

### Вариант исходного списка вредных примесей № 1

Градообразующее предприятие – сернокислотный комбинат

Наименование примеси	Масса выброса, тыс.т/год	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мп</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Азотная кислота	68,25	0,15	0,40	2
Акролеин	0,34	0,03	0,03	2
Арсин	0,87	0,003	Нет	2
Диоксид азота	5,16	0,04	0,085	2
Диоксид серы	6,32	0,05	0,50	2
Оксид углерода (II)	34,73	3,00	5,00	4
Промышленная пыль	22,52	0,15	0,50	3
Селеноводород	0,034	0,00005	0,0001	1
Серная кислота	1,28	0,10	0,30	2
Сероводород	1,16	0,008	0,008	2
Фенол	2,76	0,003	0,01	2
Формальдегид	0,74	0,003	0,035	2
Фтороводород	1,13	0,005	0,02	2

### Вариант исходного списка вредных примесей № 2

Градообразующее предприятие – химический комбинат с производством винилхлорида

Наименование примеси	Масса выброса, тыс.т/год	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мп</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Аммиак	2,88	0,04	0,20	4
Арсин	1,02	0,003	Нет	2
Ацетилен	46,29	100	Нет	---
Винилхлорид	18,26	0,01	Нет	4
1, 2 – дихлорэтан	9,16	1,00	3,00	2
Оксид углерода (II)	2,05	3,00	5,00	4
Промышленная пыль	30,27	0,15	0,50	3
Сероводород	2,03	0,008	0,008	2
Фосфин	0,85	0,001	0,01	1
Хлор	3,45	0,03	0,10	2
Хлорид ртути	0,09	0,0003	Нет	1
Хлороводород	15,18	0,20	0,20	2

### Вариант исходного списка вредных примесей № 3

Градообразующее предприятие – завод по производству минеральных удобрений

Наименование примеси	Масса выброса, тыс.т/год	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мп</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Азотная кислота	16,53	0,15	0,40	2
Аммиак	39,51	0,04	0,20	4
Аммофос	19,74	0,20	2,00	4
Арсин	1,87	0,003	Нет	2
Диоксид азота	8,54	0,04	0,085	2
Мочевина	16,51	0,20	Нет	4
Оксид азота (II)	3,54	0,04	0,06	3
Оксид углерода (II)	0,36	3,00	5,00	4
Промышленная пыль	35,43	0,15	0,50	3
Серная кислота	1,41	0,10	0,30	2
Сероводород	2,62	0,008	0,008	2
Фосфин	0,96	0,001	0,01	1
Фосфорная кислота	0,43	1,00	Нет	---

## Вопросы для проверки

- 1) Что такое загрязнение?
- 2) Назовите и охарактеризуйте виды загрязнения.
- 3) В чем сущность оценки экологического состояния экосистем и их компонентов?
- 4) Что такое инвентаризация источников загрязнения?
- 5) Опишите последовательность проведения инвентаризации источников загрязнения.
- 6) Что собой представляет приоритетный список?
- 7) Как инвентаризация источников загрязнения связана с приоритетным списком?
- 8) Дайте определения  $ТПВ_1$  и  $ТПВ_2$ ?
- 9) От чего зависят  $РПВ_1$  и  $РПВ_2$ ?
- 10) Предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населенных мест ( $ПДК_{нм}$ ), предельно допустимая среднесуточная ( $ПДК_{сс}$ ) и максимальная разовая ( $ПДК_{мр}$ ) концентрации химического вещества в воздухе населенных мест, предельно допустимый выброс ( $ПДВ$ ). Определения, единицы измерения.

## Расчетная работа № 2

# ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

### Цель работы

- 1) Определить общесанитарный индекс качества воды (ИКВ).
- 2) Определить гидрохимический показатель загрязнения воды (ИЗВ) токсичными металлами.
- 3) Определить экологическое состояние водоема с помощью интегрального индекса экологического состояния (ИИЭС).

### Введение

Природные воды могут быть загрязнены самыми различными примесями, которые разделяют с учетом их биологических и физико-химических свойств. К одной группе относятся вещества, растворяющиеся в воде и находящиеся в ней в молекулярном или ионном состоянии. В природной воде могут присутствовать в растворенном виде различные газы (кислород, азот, диоксид углерода, сернистый газ и др.), а также растворимые соли металлов (натрия, калия, кальция, аммония, алюминия, железа, магния, марганца и др.). Другая группа примесей – те, что образуют с водой коллоидные системы и взвеси. Коллоидные системы образуются из практически нерастворимых минеральных веществ, взвеси – из биологических объектов: бактерий, вирусов, водорослей, простейших организмов и т.п.

Основными источниками антропогенного загрязнения водоемов являются промышленные и коммунальные канализационные стоки, смыв с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты, дренажные воды систем орошения, стоки животноводческих ферм и ливневые воды.

Сброс канализационных стоков, особенно неочищенных или недостаточно очищенных, оказывает отрицательное влияние на круговорот органического вещества в водоеме, грозит опасностью инфекционных заболеваний, в первую очередь человека.

Биогены, поступающие в воду со сточными водами и смываемыми с полей удобрениями, стимулируют рост фитопланктона, водорослей. Данный процесс называют *эвтрофикацией*. Водоросли окрашивают воду в различные цвета, под их влиянием изменяется вкус воды, при отмирании водорослей развиваются гнилостные процессы. Бактерии, окисляющие органические вещества водорослей, потребляют кислород, приводя к его дефициту в водоеме.

Сбрасываемые стоки часто имеют кислую или щелочную реакцию, что в любом случае связано с изменением естественного pH водоема. У пресноводных рек и озер pH воды обычно 6-7. Изменение pH на единицу от оптимума приводит в большинстве случаев к стрессу и даже к гибели обитателей вод. Все «нормальные» формы жизни прекращаются при pH ниже 5 и выше 8,5. Подкисление озер и рек влияет и на сухопутных животных, так как многие птицы и звери входят в состав пищевых цепей, начинающихся в водных экосистемах.

К одному из видов загрязнений относится тепловое загрязнение (сбросы ТЭС, АЭС, промышленных предприятий). В водоемах с повышением температуры уменьшается содержание кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие, происходит смена видового состава организмов, наблюдается бурное размножение болезнетворных микробов и вирусов.

Между тем, вода обладает свойством непрерывного самовозобновления под влиянием солнечной радиации и самоочищения. Факторы самоочищения водоемов можно условно разделить на три группы:

- *физические* (разбавление, растворение, перемешивание),
- *химические* (окисление неорганических и органических веществ – для этого количество растворенного кислорода должно быть не менее 4 мг/л в любое время года),
- *биологические* (размножение в воде водорослей, плесневых и дрожжевых грибов, моллюсков, некоторых видов амёб).

При небольшом загрязнении вода в основном самоочищается за 3-4 суток. Отрицательное влияние на процесс самоочищения оказывает загрязнение водоема биогенными веществами (азот,

фосфор), ароматическими углеводородами и нефтепродуктами. Самоочищение воды от нефти затягивается на длительное время – месяцы, а на реках с малым током – на годы.

Качество воды водных объектов оценивается по физико-химическим, биологическим и микробиологическим показателям, анализ которых позволяет установить соответствие или несоответствие рассматриваемого водоема или водотока требованиям, предъявляемым водопользователями, согласно действующим законодательным актам.

Согласно ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения», под *качеством воды* в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования; при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта<sup>5</sup> совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Правила охраны поверхностных вод устанавливают нормы качества воды водоемов и водотоков в зависимости от видов водопользования. Виды водопользования на водных объектах определяются органами Министерства природных ресурсов РФ и Государственного комитета РФ по охране окружающей среды. В данной работе рассматриваются хозяйственно-питьевой и культурно-бытовой виды водопользования.

*Хозяйственно-питьевое водопользование* предусматривает использование воды в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.559-96, питьевая вода должна быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

К *культурно-бытовому водопользованию* относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения. Согласно действующим нормативам требования к качеству поверхностных вод, установленные для культурно-бытового водопользования, распространяются на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Классификация качества и состояние водных ресурсов отражены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Классификация качества и возможности использования воды в водоемах различного вида водопользования

Классы качества вод	Качественное состояние воды	Водопользование	
		хозяйственно-питьевое	культурно-бытовое
1	Очень чистые	Пригодна с обеззараживанием	Вполне пригодна
2	Чистые	Пригодна с хлорированием	Вполне пригодна
3	Умеренно загрязненные	Пригодна со стандартной очисткой	Пригодна
4	Загрязненные	Пригодна только со специальной очисткой в случае технико-экономической целесообразности	Использование сомнительно
5	Грязные	Непригодна	Непригодна
6	Очень грязные	Непригодна	Непригодна
7	Чрезвычайно грязные	Непригодна	Непригодна

Примечание – Подробный перечень методов улучшения качества и очистки воды приведен в [приложении Б](#)

В соответствии с законодательством Российской Федерации<sup>6</sup> гигиенические нормативы предназначены для охраны всех видов вод, используемых населением, в том числе поверхностных, подземных водоисточников и водопроводной воды. Предусматриваются следующие виды нормативов:

- предельно допустимые концентрации (ПДК); различают ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>в</sub><sup>7</sup>) и рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>вр</sub><sup>8</sup>);

<sup>5</sup> *Водный объект* – сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима

<sup>6</sup> Закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 19 апреля 1991 года

<sup>7</sup> *Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>в</sub>, мг/л)* – максимальная концентрация вещества в воде, в которой вещество при поступлении в организм в течение всей жизни не оказывает прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в

- ориентировочные допустимые уровни (ОДУ<sup>9</sup>).

Значимость ПДК и ОДУ в системе водно-санитарного законодательства определяется тем, что:

- соблюдение этих нормативов создает благоприятные условия водопользования, обеспечивая безопасность воды для здоровья населения;
- наличие нормативов позволяет рассчитать нормы ПДС<sup>10</sup> и использовать их при предупредительном и текущем санитарном надзоре;
- сопоставление реальных уровней содержания веществ в воде с их ПДК или ОДУ дает возможность судить, в какой мере вредны и при каких условиях могут быть безвредными промышленные и другие загрязнения, а также оценить эффективность водоохранных мероприятий;
- гигиенические нормативы необходимы при выборе приоритетных показателей загрязнения воды;
- сертификация материалов, реагентов, оборудования, технологий, используемых в системах водоснабжения и очистке сточных вод, проводится с использованием гигиенических нормативов мигрирующих в воду веществ.

ПДК вещества в воде устанавливается:

- для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>в</sub>) с учетом трех показателей вредности: органолептического; общесанитарного; санитарно-токсикологического;
- для рыбохозяйственного водопользования (ПДК<sub>вр</sub>) с учетом пяти показателей вредности: органолептического; санитарного; санитарно-токсикологического; токсикологического; рыбохозяйственного.

*Органолептический* показатель вредности характеризует способность вещества изменять органолептические свойства (цвет, запах и др.) воды, т.е. воспринимаемые органами чувств человека. Соли алюминия подслащивают воду; соли магния делают воду горькой; сульфаты кальция и магния придают воде горьковато-солевой вкус; хлорид натрия, морские соли делают воду соленой; силикат натрия и железо придают неприятный вкус; глинистые вещества делают воду коричневой, желтой; органические вещества могут сделать воду затхлой, безвкусной, она может пахнуть болотом, землей, рыбой, гнилью. *Общесанитарный* – определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры. *Санитарно-токсикологический* показатель характеризует вредное воздействие загрязняющих веществ на организм человека, а *токсикологический* – показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водные объект (водную биоту). *Рыбохозяйственный* показатель вредности определяет порчу качеств промысловых рыб.

Водоем считается загрязненным в результате сброса сточных вод, если происходит изменение качества воды (выше пункта водопользования на расстоянии 1 км), которое не соответствует санитарным правилам и нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» и ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества».

Согласно новым стандартам экологической безопасности в природной и питьевой воде нормируются около 100 параметров, на основании которых строится гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязненности. Наиболее часто используемыми параметрами являются:

- 1) *Органолептические показатели*: цветность; запах; мутность;
- 2) *Микробиологические характеристики*: общее микробиологическое число; бактерии и группы кишечной палочки;

---

настоящем и последующих поколениях, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования. При превышении ПДК<sub>в</sub> вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования

<sup>8</sup> *Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>вр</sub>, мг/л)* – экспериментально установленное максимально допустимое содержание в водном объекте вредного вещества, при котором не возникают последствия, снижающие его рыбохозяйственную ценность или затрудняющие его рыбохозяйственное использование

<sup>9</sup> *Ориентировочный допустимый уровень химического вещества в воде (ОДУ)* – временный гигиенический норматив, разрабатываемый на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями

<sup>10</sup> *Предельно допустимый сброс (ПДС, г/с)* – масса вредного вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в единицу времени в данном месте при условии, что концентрация вредного вещества в месте водопользования не превысит ПДК

- 3) *Гидрохимические характеристики:*
  - а) карбонатная система: величина рН; растворенный кислород; щелочность; суммарная жесткость;
  - б) основной солевой состав воды: хлориды; сульфаты; фториды; натрий; калий;
  - в) характеристики присутствия органического вещества: окисляемость перманганатная; бихроматная окисляемость (ХПК); биохимическое потребление кислорода (БПК);
  - д) биогенные элементы: азот (аммоний, нитраты, нитриты); фосфаты;
- 4) *Токсичные металлы:* железо, марганец, цинк, медь, свинец, кадмий, мышьяк, никель, хром, кобальт, стронций, литий;
- 5) *Синтетические органические соединения:* СПАВ, нефтепродукты.

Для характеристики содержания органического вещества используются такие количественные параметры, как величины химического и биологического потребления кислорода (ХПК и БПК), а так же содержания растворенного кислорода. Кроме того, дополнительную информацию о загрязнении природных вод органическими веществами дают такие органолептические показатели, как цветность, запах и мутность. Искусственное органическое вещество характеризуется концентрациями синтетических поверхностно активных веществ (СПАВ) и нефтяных углеводородов. Микробиологическое заражение вод оценивается по двум параметрам: общее микробиологическое число и бактериологический показатель.

Часть сточных вод предприятий сбрасывается в поверхностные водоемы после предварительной обработки, поэтому для них оценивается величина *предельно допустимого сброса (ПДС)* массы вещества, присутствующего в сточной жидкости. Величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества вод на расстоянии не далее, чем за 500 м от места сброса.

В последние годы для выявления экологического состояния поверхностных водоемов широко используют гидробиологические индикаторы. Поскольку единый гидробиологический показатель отсутствует, качество воды определяется набором характеристик, отражающих состояние зообентоса<sup>11</sup>, перифитона<sup>12</sup>, зоопланктона, фитопланктона, высших водных растений. Конкретный набор характеристик обусловлен эколого-зональным типом водного объекта, составом и объемом сточных вод, их токсичностью и требованиями, предъявляемыми к качеству воды.

Однако, в связи с развитием отраслей промышленности, использующих химические технологии (нефтепереработка, машиностроение, собственно химия, большая и малая и т.д.), и ростом использования синтетических (часто токсичных) веществ, для оценки качества воды водоемов все чаще требуются комплексные (групповые) показатели.

В данной работе рассматриваются следующие комплексные показатели для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования:

- общесанитарный индекс качества воды (ИКВ), учитывающий органолептические показатели и некоторые гидрохимические характеристики;
- гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ), учитывающий содержание токсичных металлов.

Законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды»<sup>13</sup> установлено, что «участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных», объявляются зонами *чрезвычайной экологической ситуации* (статья 58) и «участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны», объявляются зонами *экологического бедствия* (статья 59).

Экологическая обстановка может классифицироваться по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: относительно удовлетворительная; напряженная; кризисная

---

<sup>11</sup> Зообентос – совокупность животных, обитающих на грунте и в грунте морских и материковых водоемов; составляющая часть бентоса

<sup>12</sup> Перифитон – организмы, поселяющиеся на подводных частях речных судов, бакенов, свай и т.п.

<sup>13</sup> Раздел VIII «Чрезвычайные экологические ситуации»

(или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия).

Согласно ст.58 и ст.59 закона «Об охране окружающей среды», оценка степени экологического неблагополучия территорий (акваторий) проводится по признакам, приведенным в табл.2.2.

Таблица 2.2 – Признаки территорий крайних степеней экологического неблагополучия

Обозначение эколого-геологического состояния	Классы состояния биомов	Удовлетворительное (благоприятное) состояние среды	Условно удовлетворительное (неблагоприятное) состояние среды	Неудовлетворительное (весьма неблагоприятное) состояние среды	Катастрофическое состояние среды
	Зоны нарушения биомов	Зона экологической нормы	Зона экологического риска	Зона экологического кризиса	Зона экологического бедствия
	Уровни нарушения	Н	Р	К	Б
Показатели нарушения состояния экосистем по глубине их необратимости	Продуктивность и устойчивость территорий	Территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости экосистем, её относительной стабильности	Территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости экосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации экосистем, но ещё с обратимыми нарушениями. Требуется разумное хозяйственное использование территорий и планирование мероприятий по улучшению	Территории с сильным снижением продуктивности, потерей устойчивости и трудно обратимыми нарушениями. Необходимо выборочное хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения	Территории с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями экосистем, включающими территорию из хозяйственного использования
	Соответствие прямых количественных оценок эколого-геологического состояния нормативным уровням	Значение прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых	Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон	Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон	Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон

Примечание – Фоновые значения – средние естественные значения для определенных территорий

Качество среды обитания человека, в том числе окружающей природной среды, оценивается системой совокупных требований: санитарно-гигиенических, рыбохозяйственных и общеэкологических. Показателем, с помощью которого можно оценить экологическое состояние природных вод, является интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), учитывающий наибольшее количество аспектов экологического состояния водоемов. Взаимодействие различных критериев оценки качества вод должно основываться на приоритете требований того водопользования, чьи критерии жестче. Например, если водный объект одновременно используется для питьевого и рыбохозяйственного назначения, то к оценке качества вод могут предъявляться более строгие требования (рыбохозяйственные и экологические).

## 2.1 Определение общесанитарного индекса качества воды (ИКВ)

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения» для характеристики воды используется комплексный показатель *индекс качества воды (ИКВ)* – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей и видам водопользования. *Общесанитарный* индекс качества воды является наиболее разработанным, строится на основании экспертных процедур и рассчитывается по формуле:

$$ИКВ = \sum_{i=1}^p \gamma_i \cdot \omega_i \quad \text{при условии } \sum \gamma_i = 1 \quad (2.1)$$

где  $\gamma_i$  – вес показателя, входящего в общесанитарный ИКВ;  $\omega_i$  – баллы (от 1 до 5), присваиваемые каждому показателю, входящему в общесанитарный ИКВ;  $p$  – показатели, входящие в общесанитарный ИКВ

Для определения общесанитарного ИКВ сначала проводится анализ проб воды, в котором устанавливаются величины показателей, затем проводится их балльная оценка с помощью табл.2.3, после чего определяется величина ИКВ по формуле (2.1).

Таблица 2.3 – Общесанитарный индекс качества воды

Показатели	Вес ( $\gamma$ )	Балл ( $\omega$ )				
		5	4	3	2	1
Коли-индекс	0,18	0 – 100	101 – 1000	$10^3$ – $10^5$	$10^5$ – $10^7$	$> 10^7$
Запах, баллы	0,13	0	1 – 2	3	4	5
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	0,12	< 1	1,0 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 10,0	> 10
pH	0,10	$6,5 < \text{pH} \leq 8,0$	$6,0 < \text{pH} \leq 6,5$ $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$	$5,0 < \text{pH} \leq 6,0$ $8,5 < \text{pH} \leq 9,5$	$4,0 \leq \text{pH} \leq 5,0$ $9,5 < \text{pH} \leq 10$	$\text{pH} < 4,0$ $\text{pH} > 10$
Растворенный кислород, мг О <sub>2</sub> /л	0,09	> 8	8 – 6	6 – 4	4 – 2	< 2
Цветность, град	0,09	< 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	> 50
Взвешенные вещества, мг/л	0,08	< 10	10 – 20	21 – 50	51 – 100	> 100
Общая минерализация, мг/л	0,08	< 500	500 – 1000	1001 – 1500	1501 – 2000	> 2000
Хлориды, мг/л	0,07	< 200	200 – 350	351 – 500	501 – 700	> 700
Сульфаты, мг/л	0,06	< 250	250 – 500	501 – 700	701 – 1000	> 1000

Примечание – Подробное описание показателей, входящих в состав общесанитарного ИКВ, приведено в [приложении Б](#)

Качественное состояние воды водных объектов в зависимости от величины ИКВ определяют по табл.2.4.

Таблица 2.4 – Классификация качества воды водоемов в зависимости от общесанитарного ИКВ

Качественное состояние воды	Значения ИКВ	Класс качества воды
Очень чистые	5,0	1
Чистые	4,1...4,9	2
Умеренно загрязненные	2,6...4,0	3
Загрязненные	1,6...2,5	4
Грязные	$\leq 1,5$	5

## 2.2 Определение гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ)

Особенность гидрохимических показателей состоит в том, что они связаны с наличием в воде химических веществ, обычно растворенных. Они, как правило, не могут быть определены с помощью органов чувств. Поэтому нужны методы, позволяющие выявить наличие тех или иных химических веществ в воде и определить их содержание (концентрацию). Для этих целей можно использовать гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ), установленный<sup>14</sup> для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Гидрохимический ИЗВ является аддитивным показателем и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов и вычисляется по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_{B_i}} \quad (2.2)$$

где  $n$  – число показателей, используемых для расчета индекса;  $C_i$  – концентрация химического вещества в воде, мг/л;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/л

При определении ИЗВ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового видов водопользования расчет ведут по величине  $\text{ПДК}_B$  для шести компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения ( $C/\text{ПДК}_B$ ), т.е.  $n = 6$ .

<sup>14</sup> Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М., 1986. 5 с. (утв. Госкомгидрометом СССР)

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяются по качеству на 7 классов, представленных в табл.2.5.

Таблица 2.5 – Классификация качества воды водоемов в зависимости от комплексного ИЗВ

Качественное состояние воды	Значения ИЗВ	Класс качества воды
Очень чистые	< 0,2	1
Чистые	0,2-1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0-2,0	3
Загрязненные	2,0-4,0	4
Грязные	4,0-6,0	5
Очень грязные	6,0-10,0	6
Чрезвычайно грязные	> 10,0	7

### 2.3 Определение интегрального индекса экологического состояния (ИИЭС)

В настоящее время отсутствует единая, достаточно полная и сбалансированная комплексная методика оценки качества водного объекта. Однако некоторые из них позволяют учесть большое количество аспектов экологического состояния водоемов. К таким показателям относится интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС), вычисляемый по формуле:

$$\text{ИИЭС} = \frac{1}{n_b} \cdot \sum_{i=1}^{n_b} b_i \quad (2.3)$$

где  $n_b$  – количество показателей, используемых для расчета индекса; в данной работе используется четыре показателя (табл.3.6),  $n_b = 4$ ;  $b_i$  – баллы (от 1 до 4), присвоенные каждому показателю в соответствии с табл.2.6

В табл.2.6 приведены границы диапазонов для определения оценочных баллов по каждому отдельному показателю, в которые входят как значения ПДК и класса опасности вещества, так и комплексные показатели. Классификация водных объектов на зоны экологического состояния по величине ИИЭС осуществляется по табл.2.7.

Таблица 2.6 – Градации показателей для вычисления балльной оценки

№	Показатель	Балл (b)			
		1	2	3	4
1.	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	< 0,01	0,01...0,1	0,11...1	> 1
2.	Класс опасности в воде	1	2	3	4
3.	ИКВ, баллы	< 1,6	1,6...2,5	2,6...4	> 4
4.	ИЗВ, баллы	> 4,0	2,1...4,0	1,0...2,0	< 1

Таблица 2.7 – Классификация водных объектов в зависимости от значения индекса ИИЭС

Класс качества водного объекта	Уровни нарушения	Экологическое состояние	Диапазон ИИЭС
I	Б	Экологическое бедствие	≤ 1,69
II	К	Экологический кризис	1,70...2,39
III	Р	Напряженная экологическая ситуация	2,40...2,99
IV	Н	Относительное экологическое благополучие	≥ 3,0

Граница между III-м и IV-м классами (табл.3.7) соответствует *допустимой экологической нагрузке (ДЭН)*, под которой понимают антропогенную нагрузку (складывающуюся из отдельных однородных или разнородных воздействий), которая не меняет качества окружающей природной среды или меняет ее в допустимых пределах, обеспечивая сохранение или повышение продуктивности сообщества (его структурно-функциональной целостности). Имеет характер перспективного норматива, который может быть достигнут к определенному сроку, т.е. через заранее обусловленное время перейти в категорию текущих нормативов.

Граница между II-м и III-м классами соответствует *предельно допустимой экологической нагрузке (ПДЭН)* – максимальной интенсивности комплексного и комбинированного воздействия всей совокупности антропогенных факторов на сообщество, не приводящей к выходу экосистемы за пределы экологического резерва. Имеет характер текущего норматива, допустимого для оценки воздействия на сообщество в данном регионе в течение заранее оговоренного времени. Соответствует напряженной экологической обстановке.

Граница между I-м и II-м классами соответствует *критической экологической нагрузке*, т.е. интенсивности антропогенных факторов в окружающей среде, вызывающих статистически достоверные изменения в показателях структурно-функциональной организации популяции или сообщества, выходящие за пределы адаптационных возможностей биосистемы исторически сформировавшейся в конкретных изменяющихся условиях окружающей среды.

*Катастрофической экологической обстановке* (экологическому бедствию) соответствует антропогенная нагрузка, вызывающая устойчивое, необратимое отрицательное воздействие на природные популяции, сопровождающиеся их гибелью.

Полученные данные (ИИЭС) являются основой для принятия решения в области природоохранной деятельности и выработки первоочередных мер по ликвидации экологического неблагополучия ([приложение В](#)).

## Порядок выполнения работы

- 1) Определить общесанитарный индекс качества воды (ИКВ):
  - a) Определить баллы  $\omega$ , присваиваемые каждому показателю, входящему в общесанитарный индекс качества воды, используя данные таблиц 2.12 и 2.3.
  - b) Рассчитать общесанитарный ИКВ по формуле (2.1).
  - c) Результаты расчетов представить в виде таблицы 2.8.
  - d) Указать качественное состояние воды и степень ее пригодности для представленных видов водопользования, используя данные таблиц 2.4 и 2.1.

Таблица 2.8 – Общесанитарный индекс качества воды

Показатели	Вес ( $\gamma$ )	Величина показателя	Балл ( $\omega$ )	$\gamma \cdot \omega$
Коли-индекс	0,18			
Запах, баллы	0,13			
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	0,12			
pH	0,10			
Растворенный кислород, мг О <sub>2</sub> /л	0,09			
Цветность, град	0,09			
Взвешенные вещества, мг/л	0,08			
Общая минерализация, мг/л	0,08			
Хлориды, мг/л	0,07			
Сульфаты, мг/л	0,06			
-				ИКВ

- 2) Определить индекс загрязнения воды токсичными металлами (ИЗВ):
  - a) Рассчитать кратность превышения (С/ПДК<sub>в</sub>) для указанных веществ, используя данные таблиц 2.13, 2.14.
  - b) Выбрать шесть компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения.
  - c) Рассчитать ИЗВ для выбранных компонентов по формуле (2.2).
  - d) Результаты расчетов представить в виде таблицы 2.9.
  - e) Указать качественное состояние воды и степень ее пригодности для представленных видов водопользования, используя данные таблиц 2.5 и 2.1.

Таблица 2.9 – Индекс загрязнения воды

Металлы	Концентрация С, мг/л	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	С/ПДК <sub>в</sub>	Участвуют в расчете ИЗВ
Al <sup>3+</sup>		0,5		
As <sup>3+</sup>		0,05		
Cu <sup>2+</sup>		1		
Fe <sup>3+</sup>		0,3		
Hg <sup>2+</sup>		0,0005		
Mn <sup>2+</sup>		0,1		
Ni <sup>2+</sup>		0,1		
Pb <sup>2+</sup>		0,3		
Zn <sup>2+</sup>		1		
-				ИЗВ

- 3) Определить интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС):

- Провести балльную оценку величин ПДК<sub>в</sub> и класса опасности токсичных веществ, используя данные таблиц 2.14 и 2.6. Рассчитать среднеарифметические значения баллов. Результаты оформить в виде таблицы 2.10. Средние значения баллов внести в таблицу 2.11.
- Провести балльную оценку рассчитанных ранее ИКВ и ИЗВ с помощью таблицы 2.6. Результаты внести в таблицу 2.11.
- Рассчитать интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС) по формуле (2.4).
- Сделать вывод об экологическом состоянии водоема (табл.2.7) при многоцелевом использовании.

Таблица 2.10 – Балльная оценка ПДК<sub>в</sub> и класса опасности токсичных веществ

Металлы	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	Баллы (b)	Класс опасности	Баллы (b)
Al <sup>3+</sup>	0,5		2	
As <sup>3+</sup>	0,05		2	
Cu <sup>2+</sup>	1		3	
Fe <sup>3+</sup>	0,3		3	
Hg <sup>2+</sup>	0,0005		1	
Mn <sup>2+</sup>	0,1		3	
Ni <sup>2+</sup>	0,1		3	
Pb <sup>2+</sup>	0,3		2	
Zn <sup>2+</sup>	1		3	
-		Ср.	-	Ср.

Таблица 2.11 – Интегральный индекс экологического состояния

Показатели	Величина показателя	Баллы (b)
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	-	
Класс опасности	-	
ИКВ, баллы		
ИЗВ, баллы		
-		ИИЭС

- По результатам выполнения работы предложить меры по защите природы и при необходимости описать методы очистки воды в промышленных и домашних условиях до состояния питьевой воды (приложение В).

### Задание к работе

*Предпосылка:* имеется некая река, которая используется по многоцелевому назначению. На различных участках реки вода используется для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд населения. Загрязнение воды может быть от недостаточно очищенных сбросов сточных различных предприятий, а также от смыва с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты. Необходимо определить экологическое состояние и пригодность водоема для указанных видов водопользования, а также предложить способы решения возникающих проблем.

Вариант задания соответствует № студента по журналу кафедры ПЭ и БТ.

В таблице 2.12 приведены значения показателей для определения величины ИКВ. В таблицах 2.13, 2.14 приведены данные химического анализа воды по содержанию в ней токсичных металлов и справочные данные для определения величины ИЗВ.

Таблица 2.12 – Данные для расчета общесанитарного индекса качества воды

№ по журналу	Показатели									
	Коли-индекс	Запах, баллы	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	pH	Растворенный кислород, мг/л	Цветность, град	Взвешенные вещества, мг/л	Общая минерализация, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л
1.	10 <sup>8</sup>	1,5	6	7	7	25	5	2100	600	400
2.	10 <sup>7</sup>	5	8	8	9	25	15	1700	650	500
3.	500	4	10	9	8	25	25	2900	700	600
4.	900	2	12	10	3	25	35	3000	750	700
5.	10	3	14	11	5	25	45	2300	800	800
6.	10	4	4	12	7	25	55	2500	550	900
7.	10 <sup>6</sup>	5	3	6	9	35	65	2400	500	1000
8.	10 <sup>6</sup>	1,5	2	5	1	35	75	2300	450	1100

9.	100	0	1,5	4	3	35	85	2200	400	1200
10.	10	1	0,5	3	5	35	95	2100	350	1300
11.	1	2	6	2	7	35	105	600	300	100
12.	10 <sup>5</sup>	3	8	7	9	35	110	900	250	200
13.	10 <sup>8</sup>	4	10	8	1	45	115	800	200	300
14.	90	5	12	9	3	45	3	700	150	400
15.	1	1,5	14	10	5	45	7	900	100	500
16.	3	0	4	11	7	45	95	1000	50	300
17.	5	1	3	12	9	45	85	1100	50	700
18.	10 <sup>6</sup>	2	2	6	1	45	75	1300	100	800
19.	10 <sup>8</sup>	3	1,5	5	3	55	65	1500	150	900
20.	10 <sup>4</sup>	4	0,5	4	5	55	55	600	200	100
21.	7	5	6	3	7	60	45	700	250	100
22.	1	1,5	8	2	9	60	35	2900	300	1200
23.	500	0	10	7	1	65	25	2800	350	1300
24.	900	1	12	8	3	65	15	700	400	10
25.	100	2	14	9	5	15	9	1000	450	200
26.	10	3	4	10	7	15	7	1500	500	300
27.	10	4	3	11	9	10	5	2400	550	400
28.	10	5	2	12	1	10	125	2300	600	500
29.	100	1,5	1,5	12	3	15	120	3200	650	600
30.	100	0	0,5	12	5	10	110	3100	700	700

Таблица 2.13 – Результаты химического анализа воды по содержанию в ней катионов токсичных металлов

№ по журналу	Концентрация С, мг/л									
	Al <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	
1	0,15	0,03	2,0	0,1	0,001	0,05	0,35	0,05	0,2	
2	0,03	0,02	1,0	0,2	0,001	0,07	0,16	0,70	0,1	
3	0,02	0,01	0,5	0,1	0,001	0,20	0,25	0,05	1,0	
4	0,02	0,07	0,5	0,2	0,001	0,30	0,46	0,02	2,0	
5	0,30	0,01	2,0	0,5	0,001	0,05	0,34	0,02	0,05	
6	0,02	0,10	0,2	0,1	0,001	0,05	0,33	0,02	0,5	
7	0,01	0,02	0,1	0,2	0,001	0,07	0,08	0,05	7,0	
8	0,002	0,01	0,5	0,1	0,003	0,03	0,37	0,03	2,0	
9	0,01	0,03	2,0	2,0	0,001	0,50	0,03	0,05	0,5	
10	0,02	0,02	0,1	0,1	0,001	0,05	0,05	0,02	0,5	
11	0,03	0,05	1,5	0,6	0,001	0,30	0,31	0,05	1,5	
12	0,01	0,10	1,8	0,2	0,002	0,05	0,25	0,03	1,0	
13	0,02	0,05	0,5	0,15	0,001	0,10	0,10	0,07	0,5	
14	0,01	0,02	0,1	0,3	0,001	0,03	0,48	0,02	1,0	
15	0,30	0,03	0,3	1,6	0,001	0,25	0,36	0,03	0,5	
16	0,25	0,01	0,5	0,2	0,002	0,04	0,28	0,05	0,1	
17	0,01	0,06	2,0	0,1	0,001	0,36	0,04	0,02	4,5	
18	0,02	0,09	0,1	2,0	0,001	0,08	0,17	0,03	0,2	
19	0,03	0,10	0,2	0,3	0,003	0,15	0,43	0,05	0,3	
20	0,04	0,02	2,0	0,2	0,001	0,35	0,30	0,02	2,0	
21	0,02	0,03	0,2	0,2	0,001	0,07	0,18	0,03	0,05	
22	0,01	0,02	0,1	0,15	0,001	0,03	0,27	0,05	0,5	
23	0,002	0,01	0,5	0,3	0,001	0,50	0,42	0,02	7,0	
24	0,01	0,07	2,0	1,6	0,001	0,05	0,09	0,05	2,0	
25	0,02	0,01	0,1	0,2	0,001	0,30	0,38	0,03	0,5	
26	0,03	0,10	1,5	0,5	0,001	0,05	0,40	0,07	0,5	
27	0,01	0,02	1,8	0,1	0,003	0,10	0,20	0,02	1,5	
28	0,02	0,01	0,5	2,0	0,001	0,03	0,30	0,03	1,0	
29	0,05	0,05	2,0	0,4	0,001	0,28	0,29	0,01	2,0	
30	0,07	0,06	0,1	0,7	0,001	0,17	0,25	0,04	1,5	

Таблица 2.14 – Предельно допустимые концентрации и класс опасности катионов металлов в воде

Показатель	Металлы									
	Al <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	0,5	0,05	1	0,3	0,0005	0,1	0,1	0,3	5	
Класс опасности	2	2	3	3	1	3	3	2	3	

## Вопросы для проверки

- 1) Как различаются примеси, загрязняющие природные воды?
- 2) Могут ли минеральные соли изменять вкус и цвет воды?
- 3) Что такое эвтрофикация?
- 4) К каким последствиям приводит подкисление рек и озер?
- 5) Что происходит при тепловом загрязнении водоемов?
- 6) Какие факторы самоочищения гидросферы Вам известны?
- 7) Какими группами показателей характеризуется качество воды водоемов?
- 8) Как можно использовать воду и водоемы в зависимости от их качества?
- 9) Какие существуют виды водопользования?
- 10) Что такое ПДК<sub>в</sub>, ПДК<sub>вр</sub>, их единица измерения?
- 11) Что такое ориентировочный допустимый уровень химического вещества в воде?
- 12) Для каких видов водопользования устанавливаются ПДК веществ в воде?
- 13) В чем заключаются методы обеззараживания воды, используемые для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового видов водопользования?
- 14) Перечислите методы стандартной очистки воды.
- 15) Перечислите методы специальной очистки воды.
- 16) Что такое индекс качества воды и как он рассчитывается?
- 17) Перечислите основные параметры, входящие в состав общесанитарного индекса качества воды, и методы их определения.
- 18) Дайте определение ПДС, какая единица измерения?
- 19) Отличие экологического бедствия от экологического кризиса.
- 20) Что собой представляет гидрохимический ИЗВ?
- 21) Чем отличается ДЭН от ПДЭН?

## Расчетная работа № 3

# РАСЧЕТ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СВИНЦОМ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### Цель работы

- 1) Рассчитать параметры загрязнения почвы вдоль автомобильной дороги 3-ей категории и после её реконструкции по нормативам 1-ой категории.
- 2) Сделать вывод о влиянии реконструкции автодороги, предусмотреть защитные меры, экологическую эффективность которых оценить по справочным данным.

### Введение

Важной отраслью в системе единого народнохозяйственного комплекса является транспорт. Он выполняет роль материальной основы разделения труда в обществе и осуществляет многообразные связи между производством и потреблением, промышленностью и сельским хозяйством, добывающей и обрабатывающей отраслями, между отдельными экономическими районами.

Единая транспортная система представляет собой совокупность следующих основных составляющих:

- *перевозочные средства*, куда входят подвижной состав (автомобили, прицепы, полуприцепы, транспортные трактора, локомотивы, вагоны, суда, самолёты, вертолеты, дирижабли), трубопроводы, контейнеры, поддоны, тара;
- *пути сообщения*, включающие автомобильные дороги, железнодорожные и водные пути, воздушные линии, монорельсовые и канатные дороги, трубопроводы, специально приспособленные для движения подвижного состава, перемещения грузов и пассажиров;
- *механические устройства и механизмы*: погрузочно-разгрузочные механизмы, конвейеры, бункера, пакетформирующие машины и др.;
- *сооружения*: гаражи, стоянки, депо, станции технического обслуживания, ремонтные мастерские и заводы, доки, склады, погрузочно-разгрузочные пункты, терминалы, грузовые и пассажирские станции, вокзалы, аэропорты, пристани, компрессорные, насосные и автозаправочные станции.

В зависимости от типа перевозочных средств и путей сообщения выделяют следующие основные виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, речной, морской, воздушный, трубопроводный. Оценивая роль и место в транспортной системе каждого из них, можно сказать, что в современных условиях без автотранспортного обслуживания не может обходиться практически ни одна отрасль народного хозяйства, в т.ч. химическая промышленность, включая весь персонал.

Автомобильным транспортом перевозится более 80% народнохозяйственных грузов и 90% пассажиров. Основная сфера применения автомобильного транспорта – перевозки грузов на небольшие расстояния.

Широкие границы применения автотранспорта определяются его достоинствами и преимуществами перед другими видами транспорта:

- возможностью непосредственной доставки грузов, пассажиров, т.е. «от двери к двери» (без перегрузок, пересадок);
- разнообразием типов подвижного состава по назначению, грузоподъемности, пассажироместимости, что позволяет перевозить грузы и пассажиров без накопления их на грузо- и пассажирообразующих пунктах;
- приспособленностью к перевозке грузов различных размеров и массы;
- оперативностью организации перевозок;
- малыми первоначальными капитальными вложениями;
- сравнительной дешевизной перевозки по суше благодаря использованию сети автомобильных дорог;
- высокой скоростью доставки;

- большой мобильностью, возможностью оперативно реагировать на изменение грузо- и пассажиро- потоков.

К недостаткам автомобильного транспорта и сопутствующих ему процессов относятся:

- высокая себестоимость автоперевозок, что объясняется небольшой грузоподъемностью и, следовательно, невысокой производительностью подвижного состава (расходы на автоперевозки составляют до 10% себестоимости промышленной продукции, до 22% стоимости продукции сельскохозяйственного производства, до 30% стоимости строительных работ);
- потребность в значительном количестве трудовых ресурсов (на единицу транспортной работы на автотранспорте требуется трудовых затрат почти в 28 раз больше, чем на морском транспорте, в 12 – чем на речном, в 8 раз больше, чем на железнодорожном);
- высокая материалоемкость процессов производства и эксплуатации автомобилей;
- высокая энергоемкость при эксплуатации (на единицу транспортной работы автотранспорт расходует топлива почти в 14 раз больше, чем железнодорожный, морской или речной);
- рост потребления моторных топлив;
- высокий уровень опасности и вредности для жизни человека и окружающей среды: травматизм в результате дорожно-транспортных происшествий, шумовое и химическое загрязнение;
- миграция рабочей силы.

Земной шар покрывают более 11,5 млн.км магистральных дорог с твердым покрытием, подразделяясь на скоростные автострады, основные дороги, объездные и загородные дороги.

К числу благ и выгод, реализуемых в результате прокладки автомобильных дорог, относят:

- пригодность дорог для использования в любую погоду без ограничений;
- облегчение доступа к рынкам сбыта местной продукции;
- возможность доступа в новые центры производства, обеспечивающие занятость;
- более благоприятные условия для получения медицинской помощи и пользования другими видами социальных услуг;
- укрепление местной экономики.

К негативным воздействиям строительных и ремонтно-профилактических работ, а также эксплуатации автомобильных дорог причисляют:

- уничтожение растительного покрова при расчистке участков от кустов и пней, профилировании и сооружении дорожного полотна;
- нарушении схем естественного дренажа;
- изменение высоты уровня грунтовых вод;
- оползни, эрозия, заиление рек и озер;
- загрязнение воздуха и почвы установками для приготовления асфальта;
- помехи на путях движения диких и домашних животных, препятствия для местных жителей;
- нарушение эстетики ландшафта или уничтожение памятников культуры;
- визуальное загрязнение ландшафта придорожными рекламными щитами;
- увеличение доступа людей к участкам девственной природы прочим районам, ещё не затронутым хозяйственной деятельностью;
- накопление мусора и прочих отходов в придорожной полосе;
- загрязнение воды и почвы в результате разлива топлива или масел либо накопления загрязняющих веществ на дорожном покрытии.

Конкретные данные о средних эксплуатационных нормах расхода топлива для автомобилей различных типов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Средние эксплуатационные нормы расхода топлива (л) на 1 км пути

№	Тип автомобиля	G <sub>i</sub> , л/км
1.	Легковые (карбюраторные) автомобили	0,11
2.	Малые грузовые карбюраторные автомобили (до 5 тонн)	0,16
3.	Грузовые карбюраторные автомобили (5 тонн и более)	0,33
4.	Грузовые дизельные автомобили	0,34
5.	Карбюраторные автобусы	0,37
6.	Дизельные автобусы	0,28

Автомобильный транспорт наиболее агрессивен в сравнении с другими видами транспорта по отношению к окружающей среде. Он является мощным источником ее химического, механического, шумового и теплового загрязнения.

Вследствие физико-механических процессов в цилиндрах двигателей действительный состав отработавших газов очень сложный и включает более 200 компонентов, значительная часть которых токсична (табл.3.2).

Таблица 3.2. Ориентировочный состав отработавших газов карбюраторных и дизельных двигателей

Компоненты	Пределы концентраций компонентов	
	Карбюраторные двигатели (бензиновые с искровым зажиганием)	Дизельные двигатели
Азот, % объема	74 – 77	76-78
Кислород, % объема	0,2 – 8,0	2-18
Пары воды, % объема	3,0 – 13,5	0,5-10,0
Диоксид углерода, % объема	5,0 – 12,0	1,0-12,0
Углеводороды (суммарно), % об.	0,01-3,0	0,01-0,5
Оксид углерода, % объема	0,1-10,0	0,01-0,3
Оксиды азота, % объема	0,05-0,6	0,005-0,2
Альдегиды, % объема	0,0-0,2	0,0-0,05
Оксиды серы (суммарно), мг/м <sup>3</sup>	0,0-0,003	0,0-0,015
Сажа, мг/м <sup>3</sup>	0,0-100	0,0-20000
3,4 Бенз(а)пирен, мг/м <sup>3</sup>	0,0-25	0,0-10,0
Соединения свинца, мг/м <sup>3</sup>	0,0-60	-

Источники основных токсичных веществ в выбросах автомобилей и их соотношение приведены на рис.3.1 и в табл.3.3.

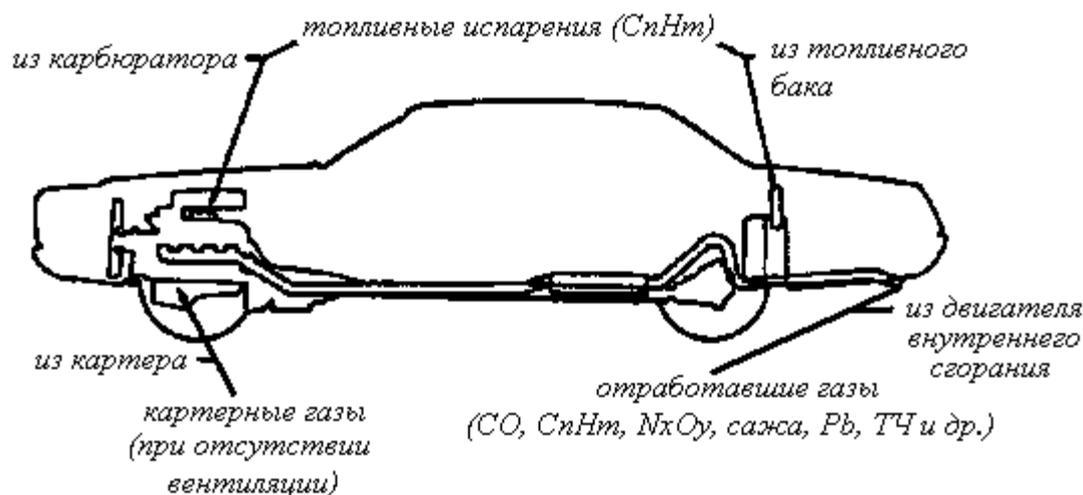


Рис.3.1. Источники токсичных выбросов

Таблица 3.3. Распределение основных типов токсичных веществ по источникам выбросов, %

Вид двигателя	Отработавшие газы			Картерные газы			Топливные испарения		
	CO	$C_nH_m$	$N_xO_y$	CO	$C_nH_m$	$N_xO_y$	CO	$C_nH_m$	$N_xO_y$
Карбюраторный	95	55	98	5	5	2	0	40	0
Дизельный	98	90	98	2	2	2	0	8	0

Вредные выбросы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) можно разделить на регулируемые (нормируемые) и нерегулируемые (ненормируемые).

К нормируемым вредным выбросам относятся: CO,  $C_nH_m$ ,  $N_xO_y$ , дымность (дым) и сажа, а также твердые частицы (ТЧ, для зарубежных стандартов).

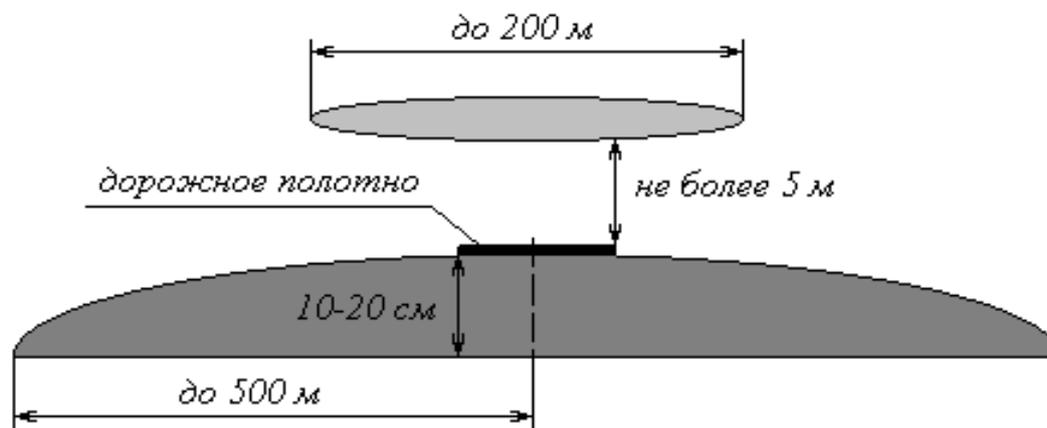
*Ненормируемые* вредные компоненты включают твердые частицы, основные элементы (углерод, водород, азот), следы металлов, летучие соединения, сульфаты, диоксид серы, сероводород, цианиды, альдегиды, аммиак, фенолы, индивидуальные ПАУ и пахучие вещества.

В процессе функционирования автотранспорта в почву попадают: сернистые соединения, образующие с влагой кислоты, зола, сажа, свинец, нефтепродукты, масла, различные отходы, мусор, а также сточные воды, содержащие вредные для окружающей среды вещества.

Соединения свинца входят в состав ненормированных выбросов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, работающих на этилированном бензине, причем при сжигании 1 т этилированного бензина грузовые автомобили выбрасывают в атмосферу в среднем 0,5 кг соединений свинца, а легковые – 0,8-0,85 кг. При этом 20% общего количества продуктов сгорания составляют вредные для здоровья человека аэрозольные соединения свинца, образующиеся на базе антидетонационных присадок и выделяющиеся частично в виде оксидов, а главным образом в виде хлоридов и бромидов свинца (хлористый, бромистый свинец, оксид, фосфат, сульфат свинца); 80% продуктов сгорания выпадает в виде твердых частиц размером до 25 мкм и водо-растворимых соединений на поверхности прилегающих к дороге земель.

Загрязнение почв свинцом заметно проявляется при определенном уровне транспортной нагрузки – более 400 транспортных средств в час. В результате вдоль автомобильных дорог формируется геохимическая аномалия свинца (рис.3.2), имеющая форму вытянутого уплощенного эллипса шириной 100-200 м и высотой не более 5 м над уровнем дороги. В свою очередь граница загрязнения почвы свинцом может находиться на расстоянии 500 м от полотна автомобильной дороги.

Необходимо учесть, что характер аккумуляции свинца в придорожной зоне сильно зависит от метеофакторов (осадков, ветра), в связи с чем параметры этого процесса на практике чрезвычайно изменчивы. Исследования образцов почвы и растений, отобранных вблизи автомобильной дороги напряженностью 700 транспортных средств в сутки, показали, что существует тенденция к повышению содержания свинца с ростом транспортной нагрузки и к снижению его по мере удаления от края полотна.



**Рис.3.2.** Пространственное расположение геохимической аномалии Pb (поперечный разрез)

Предельно допустимое количество<sup>15</sup> (ПДК<sub>п</sub>) свинца в почве по общесанитарному показателю ПДК<sub>п</sub> (Pb) = 32 мг/кг. Токсичность и степень накопления свинца в почве определяется свойствами почвы, типом транспортной нагрузки и формами накопления, сочетание которых создают большое разнообразие загрязнений валового содержания свинца в почве.

Для здоровья человека угрозой является содержание свинца в почве 50 мг/кг, т.к. в этом случае свинец накапливается не только в почве на глубине пахотного слоя или фильтрации воды атмосферных осадков вдоль дорог, но и в растениях и включается в высокие дозы в трофические цепи.

<sup>15</sup> *Предельно допустимое количество вещества в почве (ПДК<sub>п</sub>, мг/кг)* – количество, которое не должно вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой окружающую среду, здоровье человека, а также самоочищающую способность почвы

При этом сами растения мало восприимчивы к действию соединений свинца, но они создают опасность при использовании их в качестве корма для животных и пищи для людей. В странах ЕЭС рекомендовано принять в качестве допустимой нормы 10 мг Рb на 1 кг сухой массы кормов.

Универсальной методики для быстрой рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, сейчас не существует, хотя есть попытки снизить степень их загрязнения внесением извести и фосфатов для иммобилизации (связывания) металлов, обработкой химическими хелатными комплексообразователями и механическим перемешиванием.

Одновременно, надо иметь в виду, что вблизи автомобильных дорог соединения свинца аккумулируются на поверхности растений в соответствии с расстоянием от источника выброса, увеличивая тем самым концентрацию тяжелого металла в продуктах органической массы (рис.3.3).

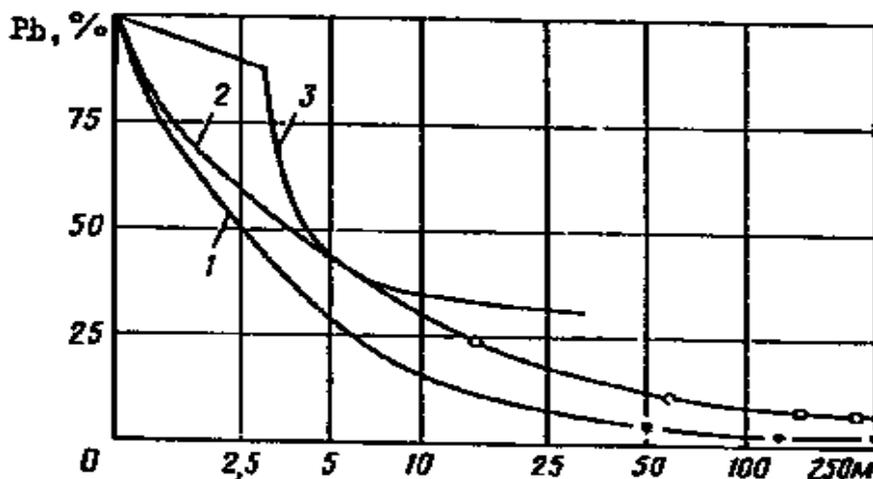


Рис. 3.3. Содержание свинца в растениях в зависимости от их расположения от дороги: 1 – лес; 2 – поле; 3 – поле за живой изгородью

### 3.1. Оценка загрязнения придорожных земель выбросами свинца

#### 3.1.1. Ассортимент, качество и состав автомобильных бензинов

По составу автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, каталитического крекинга и гидрокрекинга вакуумного газойля, изомеризации прямогонных фракций, алкилирования, ароматизации термического крекинга, висбрекинга, замедленного коксования. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе.

Для достижения требуемого уровня детонационных свойств этилированных бензинов к ним добавляют тетраэтилсвинец (до 0,15 г свинца/дм<sup>3</sup> бензина). К бензинам вторичных процессов, содержащим непредельные углеводороды, для их стабилизации и обеспечения требований по индукционному периоду разрешается добавлять антиокислители Агидол-1 или Агидол-12 (защищают от окисления смазочные и трансформаторные масла, бензины, различные виды топлив). В целях обеспечения безопасности в обращении и маркировки этилированные бензины должны быть окрашены. Бензин А-76 окрашивается в желтый цвет жирорастворимым желтым красителем К, бензин АИ-91 - в оранжево-красный цвет жирорастворимым темно-красным красителем Ж. Этилированные бензины, предназначенные для экспорта, не окрашиваются.

Основную массу автомобильных бензинов в России вырабатывают по ГОСТ 2084-77 и ГОСТ Р51105-97 и ТУ 38.001165-97. В зависимости от октанового числа ГОСТ 2084-77 предусматривает пять марок автобензинов: А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95. Для первых двух марок цифры указывают октановые числа, определяемые по моторному методу, для последних - по исследовательскому. В связи с увеличением доли легкового транспорта в общем объеме автомобильного парка наблюдается заметная тенденция снижения потребности в низко октановых бензинах и увеличения потребления высокооктановых. Бензин А-72 практически не вырабатывается ввиду отсутствия техники, эксплуатируемой на нем.

Наибольшая потребность существует в бензине **А-92**, который вырабатывается по ТУ 38.001165-97, хотя доля бензина А-76 в общем объеме производства остается очень высокой. Указанные ТУ предусматривают также марки бензинов **А-80** и **А-96** с октановыми числами по исследовательскому методу соответственно 80 и 96. Эти бензины предназначены в основном для поставки на экспорт. Бензин **АИ-98** с октановым числом 98 по исследовательскому методу производится по ТУ 38.401-58-122-95 и ТУ 38.401-58-127-95. Бензины А-76, А-80, АИ-91, А-92 и А-96 допускается вырабатывать с использованием этиловой жидкости. Мало этилированный бензин АИ-91 с содержанием свинца 0,15 г/дм<sup>3</sup> выпускается по отдельным техническим условиям (ТУ 38.401-58-86-94). При производстве бензинов АИ-95 и АИ-98 использование алкил свинцовых антидетонаторов не допускается.

Параметры автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084-77, существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических требований. В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов разработан ГОСТ Р 51105-97 "Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия", который вводится в действие с 01.01.99 г. Этот стандарт не заменяет ГОСТ 2084-77, которым предусмотрен выпуск как этилированных, так и неэтилированных бензинов. В соответствии с ГОСТ Р 51105-97 будут вырабатываться только неэтилированные бензины (максимальное содержание свинца не более 0,01 г/дм<sup>3</sup>).

Таблица 3.4. Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084-77)

Показатели	А-72	А-76 неэтилик.	А-76 этилик.	АИ-91	АИ-93	АИ-95
Детонационная стойкость: октановое число, не менее:						
моторный метод	72	76	76	82,5	85	85
исследовательский метод	Не нормируется			91	93	95
Массовое содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,013	0,013	0,17	0,013	0,013	0,013
Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

В зависимости от октанового числа по исследовательскому методу установлено четыре марки бензинов: "**Нормаль-80**", "**Регуляр-91**", "**Премиум-95**", "**Супер-98**". Бензин "**Нормаль-80**" предназначен для использования на грузовых автомобилях наряду с бензином А-76. Неэтилированный бензин "**Регуляр-91**" предназначен для эксплуатации автомобилей взамен этилированного А-93. Автомобильные бензины "**Премиум-95**" и "**Супер-98**" полностью отвечают европейским требованиям, конкурентоспособны на нефтяном рынке и предназначены в основном для зарубежных автомобилей, ввозимых в Россию.

С целью ускорения перехода на производство неэтилированных бензинов взамен этиловой жидкости допускается использование марганцевого антидетонатора в концентрации не более - 5 мг Мп/дм<sup>3</sup> для марки "**Нормаль-80**" и не более 18 мг Мп/дм<sup>3</sup> для марки "**Регуляр-91**". В соответствии с европейскими требованиями по ограничению содержания бензола введен показатель "объемная доля бензола" - не более 5 %. Установлена норма по показателю "плотность при 15 °С". Ужесточена норма на массовую долю серы - до 0,05 %.

В последнее время ассортимент автобензинов значительно пополнился за счет новых марок, выпускаемых по техническим условиям. Это обусловлено резким ростом производства неэтилированного бензина и сокращением производства бензина этилированного.

При этом тетраэтилсвинец заменяется на различные нетрадиционные присадки и добавки, ранее выпускаемыми химической и микробиологической промышленности в иных целях.

К таким веществам относятся различные эфиры, спирты, металлоорганические соединения и т.д. Необходимость производства таких бензинов по техническим условиям диктуется тем, что все присадки и добавки могут вводиться в строго определенных концентрациях. Для контроля содержания этих компонентов в технических условиях предусматриваются специальные показатели и вводятся дополнительные методики контроля.

Все бензины, выпускаемые по техническим условиям, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51313-99 "Бензины автомобильные. Общие технические требования", который вводится с 01 июля 2000г.

Соответствие бензинов, выпускаемых по техническим условиям, требованиям ГОСТ Р 51313-99 проверяется при их сертификации, которая является обязательной.

Таблица 3.5. Бензины автомобильные. Общие технические условия

Наименование показателя	Значение показателя для типов бензинов				Метод испытания
	I	II	III	IV	
Детонационная стойкость:					
октановое число не менее	80	91	95	98	по ГОСТ 8226
Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более, для бензина:					
неэтилированного	0,013	0,013	0,013	0,013	по ГОСТ 28828
этилированного	0,17	-	-	-	
Массовая доля серы, %, не более	0,1	0,05	0,05	0,05	по ГОСТ 19121 или ГОСТ Р50442
Объемная доля бензола, %, не более	5	5	5	5	по ГОСТ 29040

### 3.1.2. Определение мощности эмиссии свинца

Определение мощности эмиссии свинца  $P_3$  (мг/м\*сут) производят при среднесуточной интенсивности движения за расчетный период по формуле:

$$P_3 = K_n K_T K_o m_p \sum_{i=1}^n G_i P_i N_i \quad (3.1.)$$

где  $K_n$  – коэффициент пересчета;  $K_n = 0,74$ ;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий долю выбрасываемого свинца в виде твердых частиц в общем объеме выбросов;  $K_T = 0,8$ ;

$K_o$  – коэффициент, учитывающий оседание свинца в системе выпуска отработавших газов автомобиля;  $K_o = 0,8$ ;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий дорожные условия; определяется по рис. 3.4;

$G_i$  – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа автомобиля, л/км; определяется по данным табл.3.1;

$P_i$  – содержание добавки свинца в топливе, применяемом в автомобиле данного типа, г/кг; в бензине марки АИ-80 содержится 0,17 г/кг, а в А-95 – 0,013 г/кг;

$N_i$  – среднесуточная интенсивность движения автомобилей данного типа, авт./сутки.(табл.3.3);

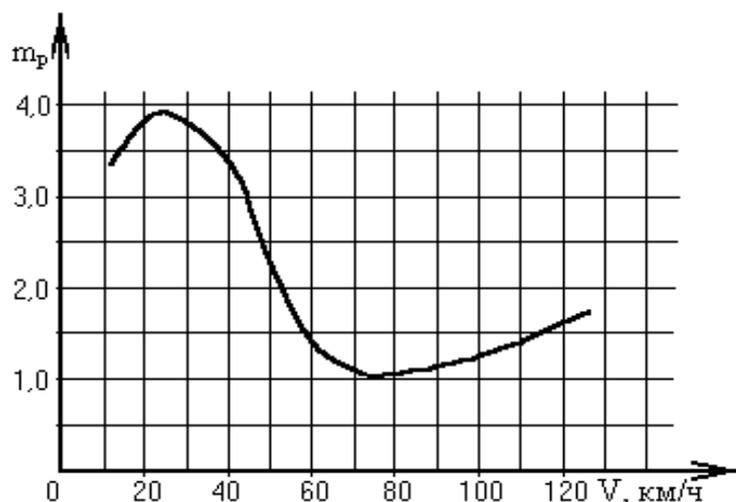


Рис. 3.4. Зависимость коэффициента  $m_p$  от скорости движения ( $V$ , км/ч) транспорта

### 3.1.3. Расчет величины отложения свинца на поверхности земли

Расчет величины отложения свинца  $P_n$  (мг/м<sup>2</sup>) на поверхности земли ведут по формуле:

$$P_n = 0,4 \varphi K_L T_p P_s + F \quad (3.2.)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, зависящий от силы и направления ветра; коэффициент  $\varphi$  принимается равным отношению площади розы ветров со стороны дороги, противоположной рассматриваемой зоне, к общей ее площади;

$K_L$  – коэффициент, учитывающий расстояние  $L$  (м) от края проезжей части, м<sup>-1</sup>; определяется по табл. 3.6;

$T_p$  – расчетный срок эксплуатации автодороги (сутки); коэффициент  $T_p$  принимается равным 7300 суток, что соответствует 20-летнему перспективному сроку;

$P_s$  – мощность эмиссии свинца, мг/м\*сут;

$F$  – фоновое загрязнение поверхности земли, мг/м<sup>2</sup>.

Таблица 3.6. Зависимость коэффициента  $K_L$  от расстояния  $L$  (м) от края проезжей части

L (м)	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200
$K_L$	0,50	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0002

### 3.1.4. Расчет загрязнения поверхностного слоя земли свинцом

Величину загрязнения поверхностного слоя земли свинцом  $P_c$  (мг Pb / кг почвы) на различном расстоянии от края проезжей части автодороги рассчитывают по следующей формуле:

$$P_c = P_n / \rho h \quad (3.3.)$$

где  $P_n$  – величина отложения свинца на поверхности земли, мг/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – толщина почвенного слоя, в котором распределяются выбросы свинца, м; для пахотных земель величина  $h$  принимается равной 0,2 м, для остальных видов земельных угодий в том числе для целины  $h = 0,1$  м.

## 3.2. Оценка эффективности защитных мероприятий

Экологическую эффективность  $E$  (мг/кг) защитных мероприятий можно оценить по формуле:

$$E = P_c - \alpha P_c \quad (3.4.)$$

где  $P_c$  – величина загрязнения поверхностного слоя земли свинцом, мг/кг;

$\alpha$  – величина снижения концентрации, доли единицы; указывается из табл.Г.1. Приложение.

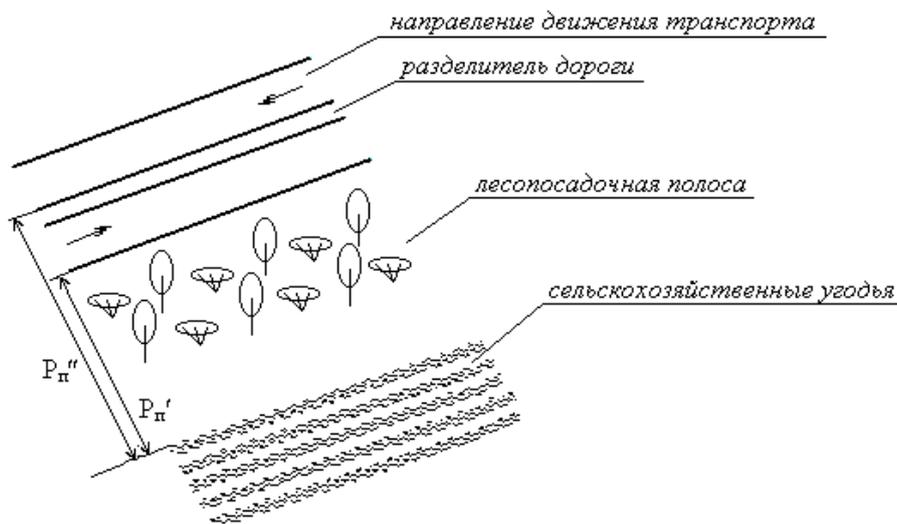


Рис. 3.5. Ситуационная блок-схема.

## Порядок выполнения работы

Оценку загрязнения придорожных земель выбросами свинца следует вести на основе расчета уровня загрязнения поверхностного слоя по следующей методике:

- 1) расчет параметров загрязнения почвы вдоль автомобильной дороги 3-ей категории:
  - а) определяют эмиссию свинца  $P_s$  (мг/м<sup>3</sup>·сут) от транспортного потока каждого направления по формуле (3.1.): на автодорогах транспорт разделен на 2 потока, противоположных по направлению движения и отделенных друг от друга разделительной полосой шириной не менее 5 метров, поэтому расчет следует вести отдельно для каждой проезжей части для интенсивности движения равной половине общей (рис.3.5.);
  - б) рассчитывают величину  $P_{п'}$  на заданном расстоянии  $L$  (10, 20, 30, 40, 50 м) от края проезжей части ближайшего к расчетной точке потока (направления движения) по формуле (3.2.);
  - в) рассчитывают величину  $P_{п''}$  в точке от противоположного движения направления потока, увеличив расстояние  $L$  в формуле (3.2.) на ширину проезжей части одного направления плюс 5 метров;
  - д) итоговой величиной отложения свинца  $P_{п}$  в точке от транспортных потоков обоих направлений является сумма величин  $P_{п'}$  и  $P_{п''}$ ;
  - е) рассчитывают загрязнения поверхностного слоя земли свинцом  $P_c$  (мгPb/кг почвы) на различных расстояниях от края проезжей части автодороги по формуле (3.3.);
- 2) расчет параметров загрязнения почвы вдоль автодороги после ее реконструкции по нормативам 1-ой категории; расчет проводится аналогично п.1;
- 3) итоговые результаты расчета как для варианта реконструкции автодороги, так и в случае отказа от нее представляют графически в координатах  $P_c - L$  и сопоставляют с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю (ПДК<sub>п</sub> (Pb) = 32 мг/кг);
- 4) с помощью построенного графика определяют ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой превышена ПДК<sub>п</sub> для обоих вариантов, и делают вывод о влиянии реконструкции автодороги на этот экологический показатель;
- 5) если ширина полосы опасного загрязнения пересекает границу сельскохозяйственных угодий, то предусматривают защитные меры, экологическую эффективность которых оценивают по формуле (3.4.) и показывают графически.

## Задание к работе

Реконструкция дороги 3-ей категории по нормативам 1-ой категории<sup>16</sup>.

Период эксплуатации  $T_p = 7300$  суток. Исходя из розы ветров  $\varphi = 0,7$ ; фоновое загрязнение отсутствует. Тип земель – пахота ( $h = 0,2$  м). Плотность почвы  $\rho = 1600$  кг/м<sup>3</sup>. Легковые автомобили используют бензин А-95; грузовые – АИ-80. Сельскохозяйственные угодья начинаются на расстоянии 50 м от внешней кромки проезжей части автодороги, а ширина проезжей части одного направления 1-ой и 3-ей категории автодороги составляет 11,25 м.

Исходные данные для различных вариантов расчетного задания представлены в табл. 3.5 ( $N_a$  – средняя интенсивность движения авт./сутки; типы автомобилей 1-5 указаны в табл.3.1;  $V1$  – средняя скорость движения транспортного потока до реконструкции, км/час;  $V2$  – средняя скорость движения транспортного потока после реконструкции, км/час).

---

<sup>16</sup>Категория дороги назначается по Строительным нормам и правилам в зависимости от народнохозяйственного значения дороги и перспективной (на 20 лет) расчетной интенсивности движения. К 1-ой категории дорог относятся автомобильные дороги общегосударственного значения, основные магистральные дороги республиканского значения, подъезды от крупных городов к аэропортам, речным и морским портам. К 3-ей категории - дороги общегосударственного и республиканского значения, основные дороги областного значения, подъезды к населенным пунктам, местам массового отдыха.

Таблица 3.7. Варианты задания к расчетной работе

№	N <sub>a</sub> (авт/сутки)	Распределение автомобилей по типам, %					V1, км/час	V2, км/час
		1	2	3	4	5		
1.	6200	40	5	30	20	5	30	70
2.	6000	35	10	30	20	5	35	90
3.	5000	35	10	30	15	10	40	80
4.	4000	40	5	25	20	10	30	75
5.	3000	35	10	20	30	5	35	80
6.	3500	45	2	28	22	3	45	85
7.	4000	50	5	5	30	10	50	90
8.	3000	35	5	20	35	5	30	70
9.	3500	40	5	20	30	5	35	75
10.	4000	45	5	20	25	5	40	80
11.	4500	50	5	20	20	5	45	85
12.	5000	35	5	20	35	5	50	90
13.	5500	40	5	20	30	5	55	95
14.	6000	45	5	20	25	5	60	100
15.	6500	50	5	20	20	5	30	105
16.	3200	35	10	25	25	5	35	110
17.	3700	40	10	25	20	5	40	115
18.	4200	45	10	25	15	5	45	120
19.	4700	50	10	25	10	5	50	70
20.	5200	35	10	25	25	5	55	75
21.	5700	40	10	25	20	5	60	80
22.	6700	45	10	25	15	5	30	85
23.	3300	50	10	25	10	5	35	90
24.	4300	35	5	30	20	10	40	95
25.	5300	40	5	30	15	10	45	100
26.	6300	45	5	30	10	10	50	105
27.	3900	50	5	30	5	10	55	110
28.	4900	40	5	30	15	10	45	100
29.	5900	45	5	30	10	10	50	105
30.	6900	50	5	30	5	10	55	110

## Вопросы для проверки

1. Каковы составляющие транспортной системы?
2. Какие положительные и отрицательные воздействия могут возникнуть при прокладке автомобильных дорог?
3. Какие достоинства и недостатки автотранспорта перед другими видами транспорта?
4. Что является источниками основных токсичных веществ в выбросах автомобилей?
5. Регулируемые (нормируемые) и нерегулируемые выбросы ДВС.
6. Пути оптимизации функционирования автотранспорта с целью уменьшения его вредного воздействия.
7. С какой целью в бензины добавляют тетраэтилсвинец? Какие присадки добавляют в неэтилированный бензин?
8. Согласно каким ГОСТам производятся автомобильные бензины в России? И в чем их отличие?
9. Мероприятия по снижению концентрации вредных веществ.
10. Виды соединений свинца, загрязняющих поверхность земли? От чего зависит характер их аккумуляции и степень накопления?
11. Что собой представляет химическая аномалия свинца?
12. Каковы возможные пути рекультивации почв?
13. За счет чего снижаются выбросы и шум при уменьшении количества ускорений автомобилей?

14. На основании чего формируется рациональная структура автомобильного парка?
15. Какие должны быть требования к зеленым насаждениям при формировании искусственных экосистем?
16. От чего зависит мощность эмиссии свинца?
17. Как определяется величина отложения свинца  $P_{\text{п}}$  в слое почвы?
18. Предельно допустимое количество вещества в почве ( $\text{ПДК}_{\text{п}}$ ).
19. Как определяется величина загрязнения поверхностного слоя земли свинцом?
20. Какие существуют мероприятия по снижению воздействия на среду совокупности машин и дорожной сети?

## Расчетная работа № 4

# ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

## (в рамках экологической экспертизы)

### Цель работы

- 1) Оценить, используя матрицу Леопольда, суммарное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду (регион – Алтайский край; объект рассмотрения – электростанция; предмет анализа – жизненный цикл хозяйственного объекта).
- 2) Провести эколого-географическое обоснование проектируемой хозяйственной деятельности заданного объекта.
- 3) Провести сравнительный анализ воздействия на окружающую среду трех промышленных объектов.

### Введение

*Экологическая экспертиза* – это установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы.

Экологическая экспертиза это самостоятельный вид государственного экологического контроля, она имеет превентивное (упреждающее) значение, так как совершается до начала деятельности объекта, а также выступает гарантом выполнения экологического законодательства.

Виды экологической экспертизы: государственная и общественная. Принципы экологической экспертизы сформулированы в Федеральном Законе «Об экологической экспертизе» (№174-ФЗ от 23.11.95).

Задачами проведения экологической экспертизы являются:

- определение уровня экологической опасности намечаемой хозяйственной или иной деятельности, которая может в настоящем или будущем прямо или косвенно оказать воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения;
- проверка соответствия будущей хозяйственной и иной деятельности требованиям природоохранного законодательства;
- определение достаточности и обоснованности, предусматриваемых проектом мер по охране природы.

Государственную экологическую экспертизу проходят проектная документация и результаты проведения оценки воздействия на окружающую среду.

Под термином *оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)* понимают деятельность, направленную на выявление и прогнозирование ожидаемого влияния на среду обитания, на здоровье и благосостояние людей со стороны различных мероприятий и проектов, а также на последующую интерпретацию и принятие решений о хозяйственном развитии.

При оценке воздействия технического объекта на окружающую среду используется вся совокупность частных и общих методов географических, инженерно-геологических, экологических исследований, которые дополняются математическими методами, методами моделирования процессов и т.д. При этом на первый план выступает прогнозирование.

Методы прогнозирования подразделяются на интуитивные (экспертные) и формализованные (фактографические). Экспертные оценки применяют, когда об объекте оценивания нет достоверных сведений или не известны количественные зависимости между прогнозируемыми процессами и явлениями. Экспертные оценки применяются при анализе альтернативных проектов, определении экологического риска, в том числе и по отдаленным последствиям воздействия.

Различают следующие основные взаимодополняющие методы проведения ОВОС: матричный метод (в т.ч. матрица Л.Леопольда), метод сопряженного анализа карт, система потоковых диаграмм, метод имитационного моделирования, метод экспертных групп.

Исследования по оценке воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной и иной деятельности включают:

- определение характеристик намечаемой хозяйственной и иной деятельности и возможных альтернатив (в том числе отказ от деятельности);
- анализ состояния территории в рамках географического охвата ОВОС (состояние природной среды, наличие и характер антропогенной нагрузки, экологическая ситуация и т.д.);
- выявление возможных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности (вероятности возникновения риска, степени, характера, масштаба, зоны распространения воздействий, а также прогнозирование экологических и связанных с ними социальных и экономических последствий);
- оценку значимости остаточных воздействий на окружающую среду и их последствий;
- определение мероприятий, предотвращающих негативные воздействия;
- сравнение по ожидаемым экологическим и другим последствиям, рассматриваемых альтернативных вариантов;
- разработку предложений по экологическому мониторингу и контролю на всех этапах реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- разработку рекомендаций по проведению после проектного анализа реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

Типовое содержание материалов по оценке воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду приведено в Градостроительном кодексе (2007 г.)

## 4.1 Матрица Леопольда

В настоящее время признано, что весьма эффективной формой выражения теоретических представлений являются модели (см. Приложение А), а одним из наиболее плодотворных методов исследования является метод моделирования, т.е. построения, проверки, исследования моделей и интерпретации полученных с их помощью результатов.

Матрица была разработана доктором Луна Леопольдом и другими сотрудниками Геологической службы США (1971) и с тех пор успешно используется при проведении экологической экспертизы или оценки воздействия на окружающую среду в разных странах.

*Матрица Леопольда* – это контрольный список, который включает качественную информацию о взаимосвязях типа «причина-следствие» и одновременно является источником информации о результатах.

В матрице Леопольда для указания относительной значимости процессов и воздействий применяют «веса» или «интенсивность воздействия»; вместе с тем в ней отсутствуют четкие критерии для придания этим весам численных значений. Результаты суммируются в 8800 ячейках матрицы (88 на 100).

Матрица не содержит рекомендации по процедурам проверки, которые следует выполнять после завершения действия, однако она показывает направление изменения окружающей среды: возможные накопления загрязнений и других негативных воздействий.

Несмотря на то, что анализ по матрице имеет ряд ограничений, он часто оказывается полезным в качестве первоначального руководства при планировании дальнейших исследований. Оценщик (аналитик, разработчик проекта, эксперт) вправе модифицировать матрицу в соответствии с конкретными задачами. Пример матрицы Леопольда приведен в табл.4.1.

### 4.1.1 Порядок работы с матрицей Леопольда

Для работы с матрицей Леопольда необходимо провести следующие действия:

- 1) В каждой клетке матрицы проставить интенсивность воздействия ( $\omega$ ) на объект воздействия (перечень воздействий и объектов, используемых в данной работе, приведен ниже). Интенсивность воздействия оценивается по шкале от 0 до 3 баллов: 0 баллов – нет воздействия, 1 балл – слабое воздействие, 2 балла – среднее воздействие, 3 балла – сильное воздействие.
- 2) Рассчитать значимость ( $\gamma$ ) всех воздействий по формуле:

$$\gamma = 100 / n \quad (3.1)$$

где  $n$  – количество значимых ячеек в матрице, т.е. таких ячеек, в которых  $\omega \neq 0$

- 3) Рассчитать общую силу воздействия ( $I$ ):

$$I = \gamma \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i \quad (3.2)$$



#### 4.1.2 Основные параметры матрицы Леопольда в рамках решаемой работы

Основные параметры матрицы Леопольда представлены ниже.

По **горизонтали матрицы** указываются воздействия, предусматриваемые проектом:

##### **А. Модификация режима:**

1. изменение мест обитания,
2. нарушения почвенного покрова,
3. изменение режима грунтовых вод,
4. изменение поверхностного стока вод,
5. регулирование стока рек,
6. строительство каналов,
7. создание искусственных покрытий.

##### **Б. Преобразование ландшафта, транспорт:**

1. автомагистрали и автомобили,
2. железные дороги и железнодорожный транспорт,
3. мосты, речные суда,
4. линии электропередачи и трубопроводы,
5. углубление и выпрямление русел,
6. сооружение плотин и запруд,
7. вскрышные и земляные работы,
8. туннели и подземные сооружения.

##### **В. Загрязнения:**

1. механическими объектами,
2. химическими веществами,
3. физическими факторами,
4. биологическими агентами,
5. визуального пространства,
6. информационного характера.

##### **Г. Размещение и переработка отходов:**

1. захоронение в земле,
2. размещение отходов и вскрыши,
3. подземное складирование,
4. размещение утиля,
5. закачка в глубокие скважины,
6. сброс охлаждающих вод,
7. сброс сточных вод,
8. вытяжка и выпуск пылегазовых отходов.

##### **Д. Несчастные случаи:**

1. взрывы,
2. разлив и утечка,
3. радиационное воздействие,
4. эксплуатационные ошибки (ошибки персонала).

По **вертикали матрицы** указываются «объекты» окружающей среды и антропогенные воздействия:

##### **А. Физические и химические объекты:**

###### *1 Земля:*

- 1.1 почва (загрязнение),
- 1.2 формы рельефа,
- 1.3 силовые поля и фоновая радиация.

###### *2 Воды:*

- 2.1 поверхностные,
- 2.2 грунтовые,
- 2.3 качество,
- 2.4 температура,
- 2.5 возобновимость.

###### *3 Атмосфера:*

- 3.1 качество (газы, частицы),
- 3.2 климат (микро),
- 3.3 температура.
- 4 *Процессы:*
  - 4.1 наводнения,
  - 4.2 эрозия,
  - 4.3 уплотнение и оседание,
  - 4.4 степень устойчивости (оползни, обвалы),
  - 4.5 напряжение и растяжение (землетрясения).

#### **Б. Биологические объекты:**

- 5 *Флора:*
  - 5.1 деревья,
  - 5.2 кустарники и травы,
  - 5.3 водные растения,
  - 5.4 виды, находящиеся под угрозой исчезновения.
- 6 *Фауна:*
  - 6.1 птицы,
  - 6.2 наземные животные, включая рептилий,
  - 6.3 рыбы и моллюски,
  - 6.4 бентические организмы
  - 6.5 насекомые,
  - 6.6 виды, находящиеся под угрозой исчезновения.

#### **В. Объекты антропогенного воздействия:**

- 7 *Использование земли:*
  - 7.1 дикая природа и незанятые участки,
  - 7.2 сельское хозяйство,
  - 7.3 лесное хозяйство.
- 8 *Эстетические потребности и склонности человека:*
  - 8.1 пейзажи,
  - 8.2 ландшафтный дизайн,
  - 8.3 заповедники.
- 9 *Некоторые экологические зависимости:*
  - 9.1 засоление вод,
  - 9.2 эвтрофикация,
  - 9.3 заболеваемость: насекомые – переносчики инфекции,
  - 9.4 пищевые цепи,
  - 9.5 засоление почв.

## **4.2 Сравнительный анализ**

Значение силы воздействия характеризует матрицу в целом. В дальнейшем, сравнивая значения силы воздействия матриц, относящихся к одному и тому же периоду работы хозяйственного объекта, можно оценить загрязнение окружающей среды в данный период жизненного цикла объекта (строительство, эксплуатация, ликвидация) и сделать вывод о его безопасности.

### **Порядок выполнения работы**

- 1) Ознакомиться с краткими технико-экологическими характеристиками хозяйственных объектов (электростанций), приведенными в [приложениях Д-Ж](#).
- 2) Схематично начертить объект строительства (по индивидуальному заданию) и обозначить загрязнения, относящиеся к заданному этапу эксплуатации электростанции.
- 3) Заполнить матрицу Л.Леопольда и обработать результаты в соответствии с п.4.1.1 настоящего пособия:
  - а) проставить в каждой клетке матрицы интенсивность воздействия ( $\omega$ ) на объект воздействия (от 0 до 3 баллов);
  - б) рассчитать суммарную интенсивность воздействия ( $\Sigma\omega$ );
  - в) определить количество значимых ячеек ( $n$ ) в матрице;

- d) рассчитать значимость ( $\gamma$ ) всех воздействий по формуле (3.1);  
 e) произвести расчет общей силы воздействия (I) по формуле (3.2).
- 4) Провести эколого-географическое обоснование проектируемой хозяйственной деятельности в Алтайском крае, используя административно-ландшафтную карту и географическую справку региона (приложения 3, И), и выбрать ориентировочные местоположения электростанций (наименование реки и населенного пункта).
- 5) По результатам работы в группе построить график зависимости силы воздействия (I) от этапа жизненного цикла для всех типов электростанций (ТЭС, ГЭС, АЭС).
- 6) Проанализировать остроту и сложность природно-хозяйственных конфликтов экологического значения для всех типов хозяйственных объектов (ТЭС, АЭС, ГЭС) на каждой стадии жизненного цикла и сделать вывод, какая из электростанций оказывает большее воздействие на окружающую среду на каждом из этапов жизненного цикла.

### Задание к работе

*Преамбула.* В связи с тем, что в Алтайском крае не хватает электроэнергии (по данным статистики за последние 10-15 лет), принято решение построить электростанцию.

*Цель модели.* Правительственная комиссия должна решить: какую станцию (тепловую, гидро или атомную) построить в Алтайском крае, исходя из данных, в том числе, экологической комиссии, делающей вывод при сравнении матриц Леопольда, построенных для каждой электростанции.

*Параметры, от которых зависит принятие решения:* воздействия и объекты воздействия.

*Взаимодействия между параметрами:* заполненное поле матрицы, отражающее непосредственное взаимодействие между всеми параметрами.

*Время действия:* три этапа работы станции:

- этап строительства – примерно 8-12 лет;
- этап введения в эксплуатацию (время, в течение которого вводятся в эксплуатацию все четыре блока электростанции) – примерно первые 10 лет после пуска первого блока – период заканчивается временем пуска четвертого блока;
- этап длительной работы – для атомной станции – это после 10 лет ввода в эксплуатацию до 30-45 лет (затем ее консервируют), для остальных – срок не ограничен, но не менее 50 лет.

*Этап анализа:* сравнение матриц Леопольда для разных типов станций с точки зрения их экологической безопасности.

*Этап принятия решения:* принимается решение о строительстве такой станции, которая наименее экологически опасна для данной местности.

При выборе типа электростанции необходимо также учесть следующее:

- К работе электростанции не имеет отношение работа по добыче топлива.
- Строительство теплотрасс сопровождается изъятием территорий и изменением термического режима грунтов.
- Возведение линий электропередач и строительство электроподстанций сопряжено с изъятием территорий, вырубкой лесов, возникновением шума, образованием зон повышенной напряженности электромагнитных полей и появлением в почве блуждающих токов.
- Под строительство любой электростанции отчуждается (навсегда) определенное количество земли.

Студент получает индивидуальное (или групповое) задание, номер которого соответствует номеру студента в списке по рабочему журналу кафедры ПЭ и БТ (табл.4.2). При выполнении работы используются принципы системного анализа (приложение А).

Таблица 4.2 – Задание к работе

№ по журналу	Вариант	Тип хозяйственного объекта			Этап жизненного цикла хозяйственного объекта		
		ТЭС	ГЭС	АЭС	строительство	ввод в эксплуатацию	долговременная эксплуатация
1, 10, 19	1	✓			✓		
2, 11, 20	2	✓				✓	
3, 12, 21	3	✓					✓
4, 13, 22	4		✓		✓		
5, 14, 23	5		✓			✓	
6, 15, 24	6		✓				✓

7, 16, 25	7			√	√		
8, 17, 26	8			√		√	
9, 18, 27	9			√			√

### Вопросы для проверки

- 1) Что подразумевается под экологической экспертизой?
- 2) Что такое ОВОС?
- 3) Какие задачи решаются в процессе проведения ОВОС?
- 4) Какие природоохранные направления должны быть включены в раздел «Охрана окружающей среды» проектной документации?
- 5) Какие задачи решаются в процессе проведения экологической экспертизы?
- 6) Какая хозяйственная деятельность может быть запрещена в соответствии с Законом «Об экологической экспертизе»?
- 7) Перечислите типы моделей, используемых для интерпретации наших представлений о различных процессах.
- 8) Из каких этапов складывается системный анализ экологических проблем?
- 9) Какие воздействия хозяйственного объекта на окружающую природную среду предусматриваются матрицей Леопольда?
- 10) Какие «объекты» окружающей природной среды и антропогенные воздействия учитываются матрицей Леопольда?
- 11) Как рассчитывается матрица Леопольда?
- 12) Какие аспекты природной среды и хозяйственной деятельности отражаются в географической справке?
- 13) Какими достоинствами и недостатками характеризуются тепловые электростанции?
- 14) Какие достоинства и недостатки присущи гидроэлектростанциям?
- 15) Какими достоинствами и недостатками отличаются атомные электростанции?

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Описание показателей, входящих в состав ИКВ

В состав общесанитарного индекса качества воды (ИКВ) входят следующие показатели: коли-индекс, запах, БПК<sub>5</sub>, рН, растворенный кислород, цветность, взвешенные вещества, общая минерализация, хлориды, сульфаты.

Так как при построении общесанитарного ИКВ основное внимание уделено санитарно-гигиенической оценке водоема, наибольший вес (значимость) имеет параметр *коли-индекс*. Он характеризует количество кишечных палочек в 1 мл воды.

*Запах* – типичный органолептический показатель (инструментом его определения являются органы чувств, в частности обоняние). Его оценивают по 5-балльной шкале.

*Показатель БПК* – биологическое (или биохимическое) потребление кислорода, т.е. израсходованное количество O<sub>2</sub> за определенный промежуток времени на аэробное биологическое разложение<sup>17</sup> органических веществ, содержащихся в анализируемой пробе воды. Этот показатель весьма важный индикатор загрязнения воды, поскольку именно недостаток кислорода приводит к гибели рыбы, а также порождает неприятный запах и развитие популяций нежелательных организмов, устойчивых к различным загрязнениям.

Методы определения БПК различаются в основном расходом введенного в пробу воды рода микроорганизмов. Выделяют следующие методы определения количества кислорода:

- *метод разбавления* – разбавление водой, насыщенной кислородом воздуха или чистым кислородом;
- *манометрический метод* – в этом случае уменьшение давления в сосуде, вызванное убылью кислорода в процессе биологического окисления, замеряется манометром;
- *кулонометрический метод* – израсходованный в процессе биологического окисления кислород пополняется за счет электролиза воды, а количество кислорода определяется исходя из количества пропущенного электричества.

При определении БПК методом разбавления стандартными параметрами являются: период инкубации – 5, 7 или 20 суток<sup>18</sup>, температура +20°C, а также отсутствие света и доступа воздуха. Темнота необходима для предупреждения роста водорослей, которые могут выделять кислород в исследуемую воду в качестве побочного продукта фотосинтеза. Этот кислород окажется помехой для правильного измерения БПК и его появление необходимо исключить. Характер используемой микрофлоры различен, может быть использована как неадаптированная микрофлора (речная вода, хозяйственно-бытовые сточные воды), так и адаптированная (вода из биологических очистных сооружений, лабораторных аэротенков, специальная культура). Величина БПК измеряется в мг O<sub>2</sub>/л.

Величину реакции воды *рН* устанавливают колориметрическим или электрометрическим методами, измеряя потенциал, возникающий на измерительном электроде. Наиболее точный – электрометрический метод.

Для определения *растворенного в воде кислорода* используют либо йодометрический, либо электрометрический метод. Результат определения растворенного кислорода выражают в мг O<sub>2</sub> на 1 л воды.

*Цветность* воды (кажущуюся) в градусах определяют в нефилтрованной пробе воды сравнением анализируемой пробы со стандартной окраской, создаваемой в растворе хлорплатинатом калия и хлоридом кобальта или раствором бихромата и сульфата кобальта.

*Взвешенные вещества* – вещества, остающиеся на фильтре при фильтровании. Их определяют либо непосредственно после фильтрования пробы высушиванием осадка при 105°C до постоянной массы и взвешиванием, либо косвенно по разности между общим содержанием примесей и количеством растворенных веществ.

<sup>17</sup> *Аэробное биологическое разложение* – разложение органических веществ с помощью аэробных микроорганизмов, которым для жизнедеятельности требуется присутствие в воде свободного кислорода

<sup>18</sup> Для расчета ИКВ период инкубации – 5 суток (БПК<sub>5</sub>)

*Общая минерализация* (солесодержание) воды – насыщение воды неорганическими (минеральными) веществами, находящимися как в виде ионов, так и коллоидов. Общая минерализация, а также содержание *хлоридов* и *сульфатов* в воде определяется количественными химическими методами анализа.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Меры природоохранной деятельности и методы улучшения качества воды

Природоохранные мероприятия – любые технологические, технические, организационные или экономические мероприятия, сохраняющие природные системы, их количество и качество. Можно выделить мероприятия, непосредственно ведущие к сохранению природных ресурсов и среды жизни (очистка выбросов предприятий и т.п.), а также природоохранные мероприятия, опосредованно их сохраняющие (например, поддержание экологического равновесия с помощью природных особо охраняемых территорий).

Некоторые проблемы гидросферы и мероприятия по их минимизации или ликвидации отражены в табл.В.1.

Таблица В.1 – Проблемы экологического характера и возможные пути их решения

№	Проблема	Решение
1.	Неудовлетворительное качество воды в источнике	Запрещение купания
2.	Технологическое воздействие на флору и фауну	Ужесточение требований в законодательстве
3.	Загрязняющие сливы сточных вод в водоемы и почву	Применение очистных сооружений и оборудования. Замена химических реагентов на менее токсичные.
4.	Чрезмерное водопотребление	Изменение технологий. Повторное использование технической воды
5.	Сокращение видового разнообразия гидросферы	Создание морских заповедников

Методов улучшения качества воды достаточно много (рис.В.1). Они позволяют освободить воду от опасных микроорганизмов, взвешенных частиц, гуминовых соединений, от избытка солей, токсичных и радиоактивных веществ, дурно пахнущих газов и т.д. Некоторые из них приведены ниже.

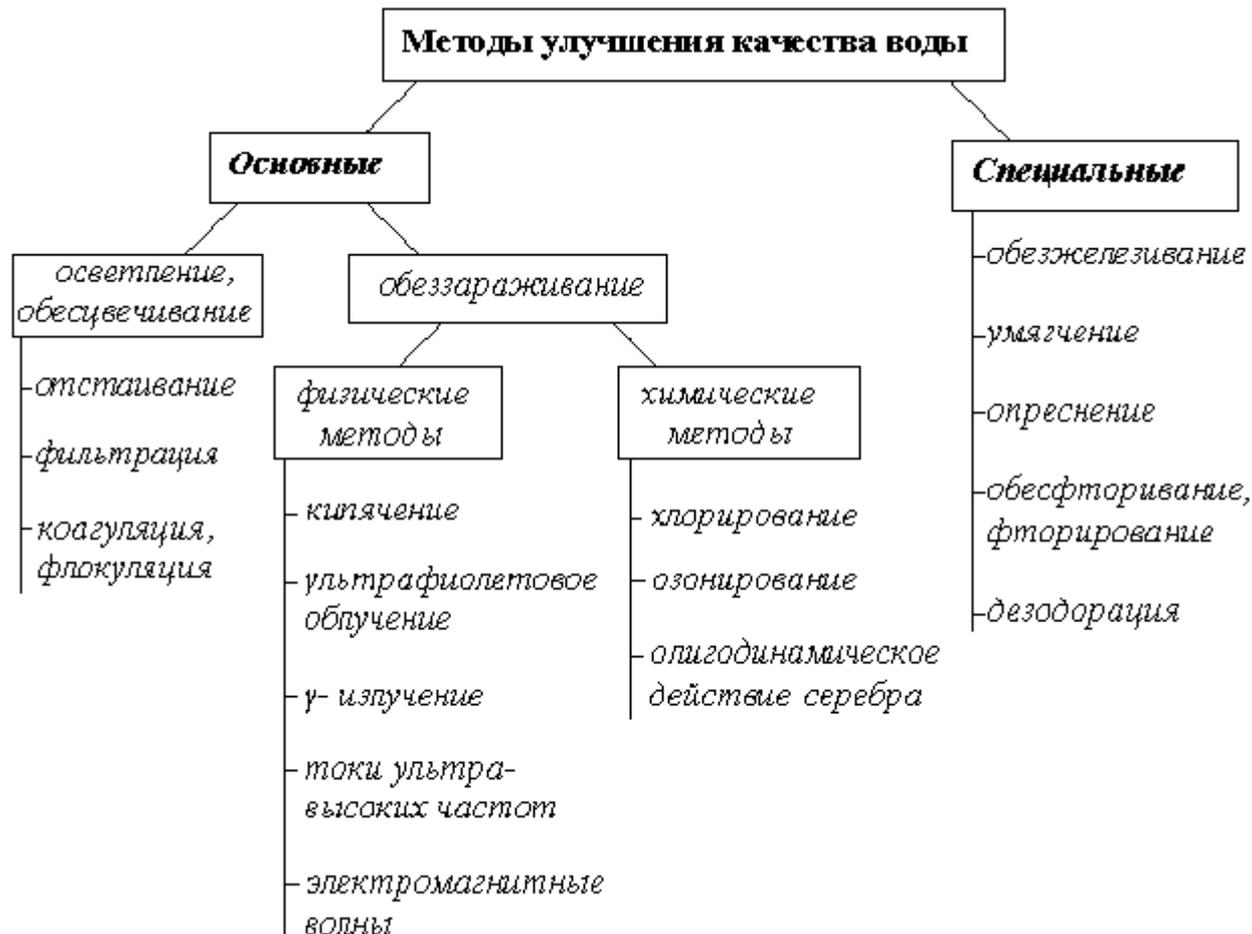


Рисунок В.1 – Инженерно-технические решения

Стандартная очистка воды от загрязняющих веществ включает в себя три этапа:

1) *первичная очистка*:

- механическая очистка или *осветление* – удаление твердых нерастворимых частиц, находящихся во взвешенном состоянии, с помощью механических методов очистки (процеживание, отстаивание),
- химическая очистка – устранение или обесцвечивание различных окрашенных коллоидов или истинно растворенных неорганических веществ с помощью нейтрализации;

2) *вторичная очистка* – удаление растворенных органических веществ с помощью биологических методов очистки (в аэротенках, метантенках, биологических прудах, на биофильтрах при помощи микроорганизмов);

3) *третичная очистка* или *обесцвечивание*:

- удаление оставшихся органических веществ с помощью химических (нейтрализация) и физико-химических (коагуляция<sup>19</sup>, флотация<sup>20</sup>) методов очистки;
- доочистка – пропускание воды через активированный уголь и последующее хлорирование.

*Обеззараживание* (дезинфекцию) воды проводят для уничтожения содержащихся в ней болезнетворных бактерий и вирусов. Чаще всего применяют хлорирование воды, иногда озонирование или бактерицидное облучение.

*Хлорирование* заключается в добавлении в воду газообразного хлора для уничтожения болезнетворных организмов. Процесс хлорирования недорог по сравнению с другими методами дезинфекции сточных вод. Кроме того, эффективность дезинфекции легко контролируется путем проверки на свободный хлор в сбрасываемых очищенных сточных водах. Однако хлорирование создает ряд проблем, связанных с окружающей средой. Хлор и его соединения с аммиаком ядовиты для рыбы. Другая проблема, связанная с хлорированием, состоит в том, что в воде могут образовываться устойчивые и ядовитые хлорированные углеводороды; известно, что некоторые из них могут быть канцерогенны.

*Озонирование* осуществляется путем контакта воды с газом. Озон – весьма сильный окислитель, разрушающий бактерии и вирусы. В отличие от хлорирования, при котором хлор может соединяться с углеводородами, содержащимися в воде, при озонировании хлорированных углеводородов не образуется; напротив, озон может разрушать присутствующие в воде углеводороды путем их окисления, также он эффективен при обесцвечивании воды и не создает постороннего привкуса и запаха. В обработанной воде не остается никаких следов свободного озона. Полное отсутствие остаточного озона в воде означает, что нет никакого быстрого способа удостовериться в полном уничтожении всех содержащихся в воде бактерий и вирусов, как это имеет место в случае хлорирования воды (табл.В.2). Более того, при любом попадании в воду болезнетворных бактерий и вирусов они не погибнут, поскольку в воде отсутствуют какие-либо обеззараживающие агенты. Для защиты от таких повторных попаданий бактерий и вирусов необходимо использовать дополнительное обеззараживающее средство. Другая причина осторожности использования озона состоит в том, что продукты реакций озона с органическими веществами, содержащимися в воде, до сих пор не идентифицированы, хотя были обнаружены альдегиды и некоторые другие простые органические соединения.

Таблица В.2 – Сравнение процессов хлорирования и озонирования воды

Процесс	Реагент	Действие	Неблагоприятные вторичные реакции	Проверка воды на безопасность после очистки
Хлорирование	Газообразный хлор	Гибель микроорганизмов	Хлорсодержащие углеводороды, посторонние привкусы и запахи	Быстрая: безопасна при наличии свободного хлора
Озонирование	Газообразный озон		Не установлены	Продолжительные (24 часа) тесты на содержание кишечной палочки

*Олигодинамическое действие серебра* в течение длительного времени рассматривается как средство для обеззараживания преимущественно индивидуальных запасов воды. Серебро обладает выраженным бактериостатическим действием.

<sup>19</sup> *Коагуляция* – слипание и осаждение частиц дисперсной фазы в коллоидных системах при повышении температуры, механическом, электрическом или другом воздействии, а также при введении коагулянтов, например электролитов

<sup>20</sup> *Флотация* – всплытие частиц дисперсной фазы при пропускании через воду мелких пузырьков воздуха или при добавлении флотационных реагентов-собирателей

*Бактерицидное облучение.* Максимальным бактерицидным действием обладают ультрафиолетовые (УФ) лучи с длиной волны 260 нм. Это излучение обычно получают с помощью ртутной лампы. Такой метод стерилизации применяют только для небольших количеств воды. При этом вода должна быть прозрачной, иначе будет происходить частичное поглощение излучения.

*Ультрафиолетовые лучи* обладают бактерицидным действием. Преимущества УФ-облучения заключаются в том, что они не изменяют органолептических свойств воды и обладают более широким спектром антимикробного действия – уничтожают вирусы, споры бактерий и яйца гельминтов.

*Специальная очистка.* Традиционная технология очистки воды на водопроводах обладает ограниченным барьерным действием в отношении многих химических веществ. Высокоминерализованные воды часто нуждаются в специальной очистке. Некоторые из них:

- *дезодорация* – искусственное устранение или маскировка неприятно пахнущих газообразных веществ, образующихся в результате гнилостного разложения органических субстратов; достигается аэрацией воды<sup>21</sup>, обработкой окислителями; дезодораторами служат: железный купорос, хлорная известь, формалин, марганцовокислый калий, хлористый цинк, каменно-угольная и древесная смолы, а также различные вещества, адсорбирующие зловонные газы, например древесный уголь, торф и прочее; часто для устранения дурных запахов к подаваемому воздуху добавляют озон (при наличии принудительной вентиляции);
- *обезжелезивание* (деферризация) – вид очистки питьевой воды, заключающийся в ее освобождении от чрезмерного содержания железа (более 1 мг/л) с целью улучшения органолептических свойств; производится путем разбрызгивания воды с целью аэрации в специальных устройствах – градирнях, при этом двухвалентное железо окисляется до трехвалентного, соли которого в основном нерастворимы;
- *умягчение (смягчение) воды* – снижение (до заданных пределов) жёсткости воды удалением из неё солей кальция и магния (происходит обмен ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{H}^+$ ); в практике водоочистки применяют главным образом реагентный и катионитовый методы, а также термический способ, заключающийся в нагревании воды до температуры свыше 100°C, при котором из неё полностью удаляются соли, обуславливающие карбонатную жёсткость;
- *опреснение* – способ обработки воды с целью снижения концентрации растворённых солей до степени (обычно до 1 г/л), при которой вода становится пригодной для питьевых и хозяйственных целей; опреснение может быть осуществлено как с изменением агрегатного состояния воды (дистилляция<sup>22</sup>, вымораживание<sup>23</sup>), так и без изменения её агрегатного состояния (электродиализ<sup>24</sup>, гиперфильтрация, или обратный осмос, ионный обмен, экстракция воды органическими растворителями, экстракция воды в виде кристаллизационной воды кристаллогидратов, нагрев воды до определённой температуры, сорбция ионов на пористых электродах, биологический метод – с использованием способности некоторых водорослей поглощать соли на свету и отдавать их в темноте и др.);
- *деконтаминация* – снижение содержания радиоактивных веществ в воде; на 70-80% происходит при коагуляции, отстаивании и фильтровании воды;
- *обесфторивание воды* – производят фильтрованием через анионообменные фильтры, часто для этого используют активированную окись алюминия; иногда проводят разбавление водой другого источника, не содержащей фтор;
- *фторирование* – искусственное добавление фтора; проводят при содержании в воде менее 0,7 мг/л с целью профилактики кариеса зубов.

<sup>21</sup> *Аэрация воды* – насыщение воды кислородом воздуха; производится в очистных водопроводных сооружениях с целью удаления из воды гидроокиси железа, свободной углекислоты и сероводорода, что существенно улучшает её качество

<sup>22</sup> *Дистилляция* (от лат. *distillatio* — стекание каплями) – перегонка, разделение жидких смесей на отличающиеся по составу фракции; проводится частичным испарением кипящей жидкой смеси, непрерывным отводом и последующей конденсацией образовавшихся паров

<sup>23</sup> *Вымораживание* – выделение одного из компонентов жидкого раствора или газовой смеси при охлаждении ниже температуры плавления этого компонента. Применяют для концентрирования растворов и получения чистых веществ

<sup>24</sup> *Электродиализ* – разделение веществ, основанное на их электролитической диссоциации и переносе образовавшихся ионов через мембрану под действием разности потенциалов, создаваемой в растворе по обе стороны мембраны. Применяется для обессоливания воды и других жидкостей; особенно эффективен при использовании так называемых ионитовых мембран, избирательно пропускающих катионы либо анионы. На электродиализе основано введение лекарств через кожу (ионофорез)

Для обеззараживания *индивидуальных запасов* воды применяются таблетированные формы, содержащие хлор – *аквасепт* (растворяется в воде в течение 2-3-х мин., подкисляет воду, и тем самым улучшает процесс обеззараживания), *пантоцид* – препарат из группы органических хлораминов.

*Кипячение* является простым и надежным способом. Вегетативные микроорганизмы погибают при нагревании до 70°C уже через 20-40 секунд, поэтому в момент закипания вода уже фактически обеззаражена. А при 3-5 минутном кипячении есть полная гарантия безопасности даже при сильном загрязнении. При кипячении разрушается ботулинический токсин, и при 30-минутном кипячении погибают споры бацилл. Тару, в которой хранится кипяченая вода, необходимо мыть ежедневно и ежедневно менять воду, так как в кипяченой воде происходит интенсивное размножение микроорганизмов.

При незначительном загрязнении эффективным является метод *вымораживания*. С его помощью можно избавиться от излишнего количества растворенных солей легких и тяжелых металлов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Пути снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения

Снижение энергоемкости и материалоемкости перевозок достигается путем внедрения более экономичных силовых установок, применением подвижного состава большей грузоподъемности и меньшей собственной массы, повышением уровня технической эксплуатации и эффективности использования подвижного состава.

Одним из путей экономии жидкого нефтяного топлива и снижения уровня загрязнения окружающей среды является замена (полная или частичная) бензинов и дизельных топлив другими энергоносителями, не нефтяного происхождения. К таким заменителям предъявляется ряд технических требований:

- они должны обладать физико-химическими свойствами, позволяющими использовать их на транспортных средствах без ухудшения технических параметров или существенного ограничения сферы применения;
- земные запасы этого топлива или сырья для его получения должны быть достаточны велики;
- отрицательное воздействие на окружающую среду при добыче, получении, хранении, использовании этих видов топлива должно быть приемлемым по характеру и размерам.

Среди альтернативных типов топлив в настоящее время привлекает внимание целый ряд продуктов различного происхождения: сжатый природный газ, сжиженные газы нефтяного происхождения и сжиженные природные газы, различные синтетические спирты, газовые конденсаты, водород, топлива растительного происхождения и т.д.

Известные способы защиты компонентов экосистем от вредного воздействия дорожно-транспортного комплекса сводятся к 4 направлениям:

1. *Организационно-правовые мероприятия* включают формирование нового эколого-правового мировоззрения, эффективную реализацию государственной экологической политики, создание современного экологического законодательства и нормативно-правовой базы экологической безопасности, а меры государственного, административного и общественного контроля функций по охране природы. Они направлены на разработку и исполнение механизмов экологической политики, природоохранного законодательства на транспорте, экологических стандартов, норм, нормативов и требований к транспортной технике, топливно-смазочным материалам, оборудованию, состоянию транспортных коммуникаций и др.
2. *Архитектурно-планировочные мероприятия* обеспечивают совершенствование планирования всех функциональных зон города (промышленной, селитебной – предназначенной для жилья, транспортной, санитарно-защитной, зоны отдыха и др.) с учетом инфраструктуры транспорта и дорожного движения, разработку решений по рациональному землепользованию и застройке территорий, сохранению природных ландшафтов, озеленению и благоустройству.
3. *Конструкторско-технические и экотехнологические мероприятия* позволяют внедрить современные инженерные, санитарно-технические и технологические средства защиты окружающей среды от вредных воздействий на предприятиях и объектах транспорта, технические новшества в конструкции, как автотранспортных средств, так и объектов дорожного комплекса.
4. *Эксплуатационные мероприятия* осуществляются в процессе эксплуатации транспортных средств и направлены на поддержание их состояния на уровне заданных экологических нормативов за счет технического контроля и высококачественного обслуживания.

Перечисленные группы мероприятий реализуются независимо друг от друга и позволяют достичь определенных результатов. Максимальный эффект достигается при их комплексном применении.

## **Мероприятия по снижению воздействия на среду совокупности машин и дорожной сети (экотехнологические решения)**

Основные мероприятия связаны с упорядочением транспортных потоков, формированием рациональной структуры автомобильного парка, а также искусственных экосистем на придорожных территориях.

*1. Снижение выбросов и шума путем снижения количества ускорений автомобилей при движении в транспортном потоке достигается на разных уровнях.*

а) на локальном уровне:

- использование кругового движения и оптимизация схем организации движения;
- ограничение использования околотротуарных стоянок и оптимизация размещения остановочных пунктов пассажирского транспорта;

б) на сетевом уровне:

- строительство транспортных развязок в разных уровнях и подземных пешеходных переходов;
- введение ограничений на движение транспортных средств по отдельным полосам, выделение улиц для грузового движения;
- внедрение схем одностороннего движения;
- оптимизация размещения временных автомобильных стоянок;
- совершенствование организации движения (оптимизация скоростных режимов, «зеленая волна», улучшение светофорного регулирования);
- введение бестранспортных зон.

*2. Формирование рациональной структуры автомобильного парка.*

В этот пункт входит формирование автомобильного парка с определенным уровнем экологической ответственности, которое может происходить двумя путями.

Первый путь включает в себя:

- прогноз численности, структуры автопарка по возрасту, виду топлива в рассматриваемый период времени;
- обоснование исходных данных (годовых пробегов отдельных групп автомобильных транспортных средств (АТС) в каждой возрастной группе, пробеговых выбросов вредных веществ и расхода топлива АТС);
- оценку валовых выбросов вредных веществ и объема топливопотребления автопарком;
- корректировку численного состава парка машин, пробеговых выбросов и расхода топлива отдельными группами АТС.

Возможен и другой подход к определению структуры и численности автомобильного парка при наличии экологических ограничений. Парк считается сформированным с заданным уровнем экологической ответственности, если в приземном слое атмосферы над всей контролируемой территорией концентрации отдельных компонентов выбросов в атмосферном воздухе не превышают санитарно-гигиенические нормы.

*3. Формирование искусственных экосистем на придорожных территориях.*

Этот пункт формирует определенные требования к зеленым насаждениям, которые должны:

- противостоять чрезмерным газопылевым выбросам, тяжелым металлам, электромагнитным полям и тепловым аномалиям, солевому стрессу, изменению кислотности, уплотнению и подтоплению почвы, вредителям и болезням растений;
- создавать придорожный ландшафт, положительно действующий на восприятие водителем изменения дорожной обстановки;
- обеспечивать максимальную снего- и пылезащиту, снижение шума, а также концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе;
- аккумулировать тяжелые металлы биомассой;
- иметь фиксированные пределы роста биомассы.

Конструирование искусственной экосистемы предполагает после ее создания специализированный уход с применением биологически активных веществ, биологических удобрений и биоpestицидов, поскольку искусственное ее происхождение исключает самодостаточность, которую можно наблюдать в природе.

Зона влияния дороги на параметры окружающей среды (ширина полосы избыточного загрязнения, когда по решению санитарно-экологических органов может быть запрещена хозяйственная

деятельность) в зависимости от интенсивности движения и при отсутствии лесонасаждений составляет 95-214 м, а при наличии – сокращается до 75-154 м.

## **Пути оптимизации функционирования автотранспорта в урбанизированных зонах (архитектурно-планировочные решения)**

Различают несколько направлений оптимизации функционирования автотранспорта в урбанизированных зонах.

Одним из принципиальных направлений такой оптимизации является применение *радикальных градостроительных мероприятий*, позволяющих максимально изолировать автомобиль как источник неблагоприятного воздействия на жилую среду, и, в первую очередь, непосредственно на человека. К таким мероприятиям относится вынос источника загрязнения за пределы селитебной территории<sup>25</sup>, а может быть и всего города, что достигается радиальным транспортированием городских магистралей.

Вторым радикальным мероприятием по изоляции автотранспорта как источника вредности является также *экранирование автомобильных магистралей* и мест большого скопления автомобилей естественными или искусственными экранами. Расположение магистралей в складках рельефа местности, ограждение их полосами специально подобранных зеленых насаждений являются примерами естественного экранирования. К искусственным экранам относятся специальные насыпи вдоль магистралей, разного рода барьеры, здания и сооружения технического назначения, отделяющие автомагистрали от жилой застройки. Наиболее радикальный способ искусственного экранирования автотранспорта – создание подземных магистралей. Наряду с экологическими факторами, такой прием, благодаря обособлению путевой структуры, создает благоприятные условия для эксплуатации городского транспорта. Однако при этом возникают сложные инженерные задачи, в первую очередь, вентиляция подземного пространства.

Еще одно направление оптимизации городской среды – *применение планировочных мероприятий*, включающих регулирование плотности застройки, использование эффективных схем застройки, эффективного благоустройства и озеленения, увеличение площадей парков и скверов, рационального функционального зонирования территории.

### **Многоаспектность применения зеленых насаждений**

Применение эффективного благоустройства и озеленения тесно связано с экранированием улиц и магистралей зелеными насаждениями; выделение функциональных зон хранения автотранспорта является ничем иным, как изоляцией больших скоплений автомобилей от жилой застройки.

Зеленые насаждения очищают воздух от вредных веществ, пыли и газов, снижают шум в жилых квартирах, повышают влажность воздуха в жаркие дни. Зеленые насаждения на площади в 1 га за год очищают 10 млн. м<sup>3</sup> воздуха, а за 1 час поглощают 8 кг углекислого газа, который выдыхают за это время 200 человек. Газозащитный эффект зеленых насаждений зависит от характера посадок, видового состава деревьев и кустарников, времени года. Установлено, что на расстоянии 1 км от источника концентрация окиси азота при наличии зеленых насаждений в пять раз меньше, чем без них. Содержание угарного газа на расстоянии 30...60 м от проезжей части после появления листвы на деревьях снижается в 2...2,5 раза. Хвоя и листья деревьев способны активно поглощать сернистый газ. Наибольшей интенсивностью поглощения обладает клен серебристый. Значительно ниже этот показатель у ели обыкновенной.

Количественная результативность снижения концентрации загрязняющих веществ различными мероприятиями приведена в табл.Г.1.

---

<sup>25</sup> *Селитебная территория* – земельные участки в городах, занятые жилой и общественной застройкой, улицами, площадями и зелеными насаждениями общего пользования

Таблица В.1 – Снижение концентрации загрязняющих веществ различными мероприятиями

№	Мероприятия по снижению концентрации загрязняющих веществ	Снижение концентрации $\alpha$ , %
1.	Один ряд деревьев с кустарником высотой от 1,5 м на полосе газона 3-4 м	10
2.	Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8-10 м	15
3.	Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10-12 м	30
4.	Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15-20 м	40
5.	Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25-30 м	50
6.	Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
7.	Земляные насыпи, откосы при прокладке дороги в выемке при разности отметок 2-3 м	50
8.	То же, 3-5 м	60
9.	То же, более 5 м	70

Пример снижения загрязнения придорожной зоны оксидом углерода (II) представлен на рис. В.1.

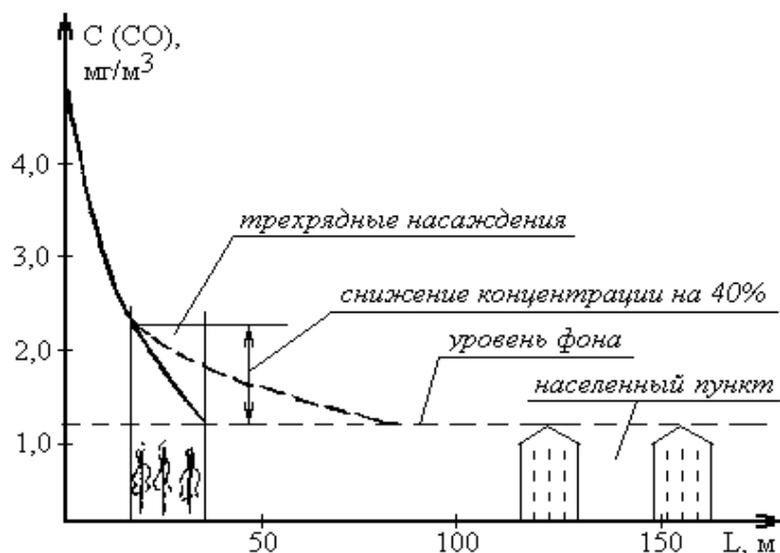


Рисунок В.1 – Распределение концентраций оксида углерода в зависимости от расстояния от края дороги

Зеленые насаждения имеют лечебное значение. Они выделяют в воздух лечебные вещества – фитонциды, которые убивают вредные для человека микроорганизмы, отпугивают кровососущих насекомых и тем самым предупреждают многие инфекционные заболевания. Некоторые растения за сутки способны выделить такое количество фитонцидов, что их достаточно, чтобы обезвредить от микроорганизмов целую улицу большого города. Например, в тщательно стерилизованной операционной всегда можно обнаружить 5...10 микробов на 1 дм<sup>3</sup> воздуха, а в дубовом лесу летом не удастся найти и десятка их на 1 м<sup>3</sup>.

Зеленые насаждения имеют определенное эстетическое и психологическое значение. Благодаря богатству форм, красок и фактуры растения благоприятно действуют на настроение человека, снижают переутомление и нервные кризисы, создают оптимальные условия для отдыха.

Велико и многообразно значение зеленых насаждений в формировании ландшафтов, они обогащают архитектуру населенных пунктов, городских площадей и улиц, автомобильных магистралей и мест массового отдыха.

Практика подтверждает эффективность применения зеленых насаждений для защиты жилых районов от загрязнения автотранспортом. В этом случае посадки должны состоять из газоустойчивых пород деревьев и кустарников.

Разные породы деревьев и кустарников обладают различной пылепоглощающей способностью. Так, запыленность березы в 2,5 раза, а хвойных пород в 30 раз больше запыленности осины. Вяз задерживает пыли в 6 раз больше, чем тополь бальзамический. Запыленность поверхности листьев ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) составляет: вяз – 3,39; тополь бальзамический – 1,32; клен остролистный – 1,0; сирень венгерская – 1,61 и т.д. Количество пыли из воздуха (кг), аккумулированное за вегетационный период взрослыми деревьями и кустарниками, приведено в табл. Г.2. Лучше пыль задерживают растения с шероховатыми листьями.

Уровень шума уменьшается по мере удаления от дороги. При этом степень гашения зависит от состояния поверхности, по которой идет его распространение. Способ содержания и обустройства прилегающей к дороге полосы во многом определяет характер распространения шума.

Таблица В.2 – Количество пыли из воздуха (кг), аккумулированное различными растениями

Вид растительности	Кол-во пыли, кг	Вид растительности	Количество пыли, кг
<b>ДЕРЕВЬЯ</b>			
Вяз:		Тополь:	
шершавый	23	туркестанский	13
перистоветвистый	28	Болле	18
Клен:		канадский	34
татарский	12	Каштан конский	16
серебристый	13	Ива плакучая	38
полевой	20	Ясень обыкновенный	27
ясенелистый	33	Шелковица белая	31
остролистный	28		
<b>КУСТАРНИКИ</b>			
Акация желтая	0,2	Смородина золотистая	0,4
Бирючина обыкновенная	0,3	Сирень обыкновенная	1,6
Бузина красная	0,4	Лох узколистный	2,0

Заглубление дороги по отношению к территории уменьшает уровень шума. Типовыми средствами гашения транспортного шума являются различного рода противозумные экраны-заборы, живые изгороди, полосы древесной растительности, земляные валы, здания (постройки). Преимуществом заборов является их малая пространственность, а недостатком – их уродливость. Эстетичный вид их, однако, можно улучшить путем посадки кустарника. Земляные валы занимают значительное пространство, требуют большого количества грунта и не отличаются эстетичностью. Но и здесь озеленение может улучшить общий вид дороги и восприятия окружающего ландшафта. Хорошим решением являются постройки, предназначенные под гаражи, магазины, склады, павильоны обслуживания населения и др., в которых можно допустить высокий уровень шума, а со стороны дороги предусмотреть шумозащитные окна. Дешевым и эстетичным решением можно считать зеленые полосы. К сожалению, только несколько полос зеленых насаждений, объединенных в единую систему, шириной несколько десятков метров, могут обеспечить заметное снижение уровня шума (табл. Г.3).

Таблица В.2 – Эффективность шумозащитных полос зеленых насаждений

Ширина полосы, м	Характеристика шумозащитной полосы	Снижение уровня шума за полосой, дБА					
		Интенсивность движения транспорта, авт./ч					
		60	200	600	1200	1600	2000
10	3-рядная посадка лиственных деревьев	6	7	8	8	8	8
15	4-рядная посадка лиственных деревьев	7	8	9	9	9	9
15	4-рядная посадка хвойных деревьев	13	15	17	17	18	18

20	5-рядная посадка лиственных деревьев	8	9	10	10	10	10
20	5-рядная посадка хвойных деревьев	14	16	18	18	19	19
15	6-рядная посадка лиственных деревьев	8	9	10	11	11	11

Таким образом, защитную эффективность зеленых насаждений часто переоценивают. А в стесненных условиях городской застройки нет даже теоретической возможности использовать широкие полосы зеленых насаждений.

Кроме того, формирование полос зеленых насаждений из деревьев высотой 7...8 м и подростом 1,5...2 м создает плотную стену, что, по мнению специалистов по безопасности движения, утомляет водителя, закрывает обзор окрестности.

В связи с этим представляют интерес используемые за рубежом прозрачные экранирующие барьеры, позволяющие сохранить обзор прилегающего ландшафта.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Методы моделирования. Системный анализ, в том числе экологических проблем

Любой системный анализ природной или какой-либо другой системы можно разделить на три этапа:

- 1) постановка задачи;
- 2) анализ полученных данных;
- 3) планирование мероприятий или принятие решений.

**Постановка задачи** включает несколько стадий:

- 1) определение цели исследования;
- 2) определение временного интервала исследования;
- 3) определение элементов (параметров) системы, от которых зависит выполнение поставленной цели;
- 4) определение взаимодействия элементов (параметров) моделируемой системы.

Прежде чем определить цель исследования, необходимо изучить всю информацию о системе. Одним из направлений экологического моделирования является определение возможности достижения (или не достижения) каких-либо результатов в будущем с тем, чтобы определить направления своих (или чьих-либо) действий (или бездействия). Вопрос (цель исследования) формулируется так, что на него можно ответить, проанализировав функционирование системы в прошлом (на основании данных, взятых из литературы или из проведенных исследований) и предположив пути ее функционирования в будущем.

Время исследования выбирается от момента начала рассмотрения вопроса в литературе до некоторого момента в будущем. Этот интервал исследования зависит от цели исследования.

При определении элементов системы (то есть параметров, от которых зависит достижение (или не достижение) поставленной цели) необходимо обобщить все, что известно о системе и найти несколько элементов, наиболее значимых для достижения поставленной цели.

Необходимо определить положительные и отрицательные контуры связей элементов в системе. То есть необходимо определить, какие параметры способствуют увеличению элемента системы (его стабилизации, развитию и т.п.), а какие, напротив, приводят к его уменьшению (деградации, уничтожению и т.п.).

Для лучшего понимания элементов системы и их взаимодействия необходимо, если возможно, поставить вполне конкретные ограничения, то есть определить минимальные и максимальные значения параметров элементов системы, за которыми система точно не сможет более существовать.

После определения параметров системы, взаимодействия параметров, установления обратных связей проводится само решение. Решения можно представить в виде графиков или цифровых таблиц.

**Анализ полученных данных** в процессе математического моделирования или качественного моделирования можно разбить на две части:

- делается заключение о реальности полученных результатов после сравнения этих результатов с реально существующими объектами (если таковые существуют); полученные результаты показывают, можете ли Вы достичь желаемого при определенных (выбранных Вами) условиях развития системы;
- делается вывод о наилучшем сценарии развития системы для достижения поставленной цели.

**Этап принятия решений.** На основании проведенного анализа полученных данных и выбранного наилучшего сценария составляется план действий, который закрепляется в виде постановлений, решений, законов и других документов, которые должны привести к достижению поставленной цели.

Этот этап зависит от степени точности прогнозов и от того, как предполагается их использовать. Все цифры не следует воспринимать буквально, поскольку надо помнить, что *модель – это упрощенное представление о реальной действительности.*

Примером подобной экологической модели является матрица Леопольда (расчетная работа №4).

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Краткая характеристика работы тепловой электростанции

ТЭС – электростанция, вырабатывающая электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива (рис.Д.1).

Различают тепловые паротурбинные электростанции (ТПЭС), газотурбинные (ГТЭС) и парогазовые (ПГЭС). Подробнее остановимся на ТПЭС.

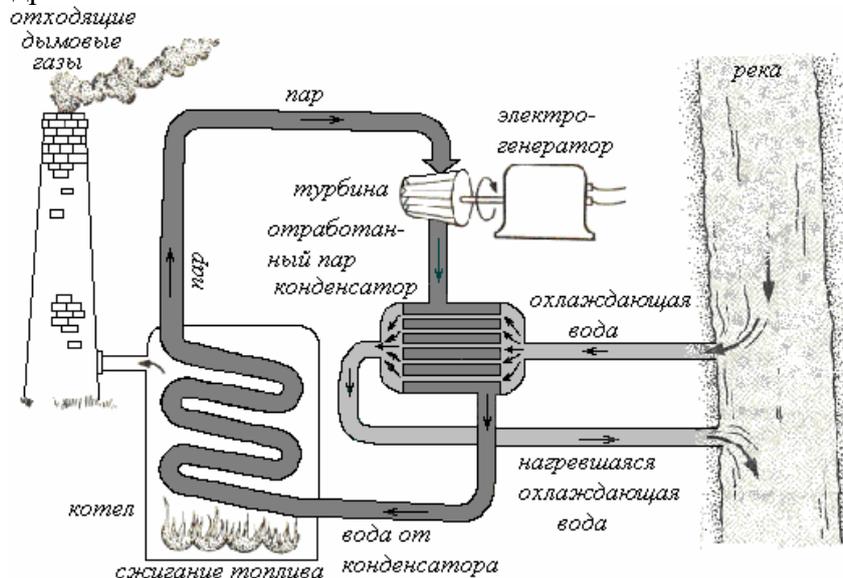


Рис.Д.1 Схема ТЭС

На ТПЭС тепловая энергия используется в парогенераторе для получения водяного пара высокого давления, приводящего во вращение ротор паровой турбины, соединённый с ротором электрического генератора. В качестве топлива на таких ТЭС используют уголь, мазут, природный газ, лигнит (бурый уголь), торф, сланцы. Их КПД достигает 40%, мощность – 3 ГВт. ТПЭС, имеющие в качестве привода электрогенераторов конденсационные турбины и не использующие тепло отработавшего пара для снабжения тепловой энергией внешних потребителей, называют конденсационными электростанциями (официальное название в РФ – Государственная районная электрическая станция, или ГРЭС). На ГРЭС вырабатывается около 2/3 электроэнергии, производимой на ТЭС.

ТПЭС оснащенные теплофикационными турбинами и отдающие тепло отработавшего пара промышленным или коммунально-бытовым потребителям, называют теплоэлектроцентралями (ТЭЦ); ими вырабатывается около 1/3 электроэнергии, производимой на ТЭС.

Известны четыре типа угля. В порядке роста содержания углерода, а тем самым и теплотворной способности эти типы располагаются следующим образом: торф, бурый уголь, битуминозный (жирный) уголь или каменный уголь и антрацит. В работе ТЭС используют в основном первые два вида.

Уголь не является химически чистым углеродом, также в нем содержится неорганический материал (в буром угле углерода до 40%), который остается после сгорания угля в виде золы. В угле может содержаться сера, иногда в составе сульфида железа, а иногда в составе органических компонентов угля. В угле обычно присутствуют мышьяк, селен, а также радиоактивные элементы. Фактически уголь оказывается самым грязным из всех видов ископаемого топлива.

При сжигании угля образуются диоксид углерода, оксид углерода, а также в больших количествах оксиды серы, взвешенные частицы и оксиды азота. Оксиды серы повреждают деревья, различные материалы и оказывают вредное влияние на людей.

Частицы, выбрасываемые в атмосферу при сжигании угля на электростанциях, называются «летучей золой». Выбросы золы строго контролируются. Реально попадает в атмосферу около 10% взвешенных частиц.

Работающая на угле электростанция мощностью 1000 МВт сжигает 4-5 млн. т угля в год.

Поскольку в Алтайском крае отсутствует добыча угля, то будем считать, что его привозят из других регионов, и для этого прокладывают дороги, тем самым, изменяя природный ландшафт.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## Краткая характеристика работы гидроэлектростанции

ГЭС – комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию. ГЭС состоит из последовательной цепи гидротехнических сооружений, обеспечивающих необходимую концентрацию потока воды и создание напора, и энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

Напор ГЭС создается концентрацией падения воды реки на используемом участке плотиной, либо деривацией, либо плотиной и деривацией совместно.

Основное энергетическое оборудование ГЭС размещается в здании ГЭС:

- в машинном зале электростанции – гидроагрегаты, вспомогательное оборудование, устройства автоматического управления и контроля;
- в центральном посту управления – пульт оператора-диспетчера или автооператор гидроэлектростанции;
- повышающая трансформаторная подстанция размещается как внутри здания ГЭС, так и в отдельных зданиях или на открытых площадках;
- распределительные устройства зачастую располагаются на открытой площадке;
- при здании ГЭС или внутри него создаётся монтажная площадка для сборки и ремонта различного оборудования и для вспомогательных операций по обслуживанию ГЭС.

По схеме использования водных ресурсов и концентрации напоров ГЭС обычно подразделяют на русловые, приплотинные, деривационные с напорной и безнапорной деривацией, смешанные, гидроаккумулирующие и приливные. Подробнее остановимся на русловых ГЭС.

В *русловых ГЭС* (рис.Е.1.) напор воды создаётся плотиной, перегораживающей реку и поднимающей уровень воды в верхнем бьефе. При этом неизбежно некоторое затопление долины реки. На равнинных реках наибольшая экономически допустимая площадь затопления ограничивает высоту плотины. Русловые ГЭС строят и на равнинных многоводных реках и на горных реках, в узких сжатых долинах.

В состав сооружений русловой ГЭС, кроме плотины, входят здание ГЭС и водосбросные сооружения. Состав гидротехнических сооружений зависит от высоты напора и установленной мощности. У русловой ГЭС здание с размещенными в нём гидроагрегатами служит продолжением плотины и вместе с ней создаёт напорный фронт. При этом с одной стороны к зданию ГЭС примыкает верхний бьеф, а с другой - нижний бьеф. Подводящие спиральные камеры гидротурбин своими входными сечениями закладываются под уровнем верхнего бьефа, выходные же сечения отсасывающих труб погружены под уровнем нижнего бьефа.

В соответствии с назначением гидроузла в его состав могут входить судоходные шлюзы или судоподъёмник, рыбопропускные сооружения, водозаборные сооружения для ирригации и водоснабжения. Для русловых ГЭС характерны напоры до 30-40 м. На крупных равнинных реках основное русло перекрывается земляной плотиной, к которой примыкает бетонная водосливная плотина и сооружается здание ГЭС. Такая компоновка типична для многих отечественных ГЭС на больших равнинных реках.

Отдельные ГЭС или каскады ГЭС, как правило, работают в системе совместно с конденсационными электростанциями, теплоэлектроцентралями (ТЭЦ), атомными электростанциями (АЭС), газотурбинными установками (ГТУ), причём в зависимости от характера участия в покрытии графика нагрузки энергосистемы ГЭС могут быть базисными, полупиковыми и пиковыми.

Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно-энергетическими ресурсами – их непрерывная возобновляемость.

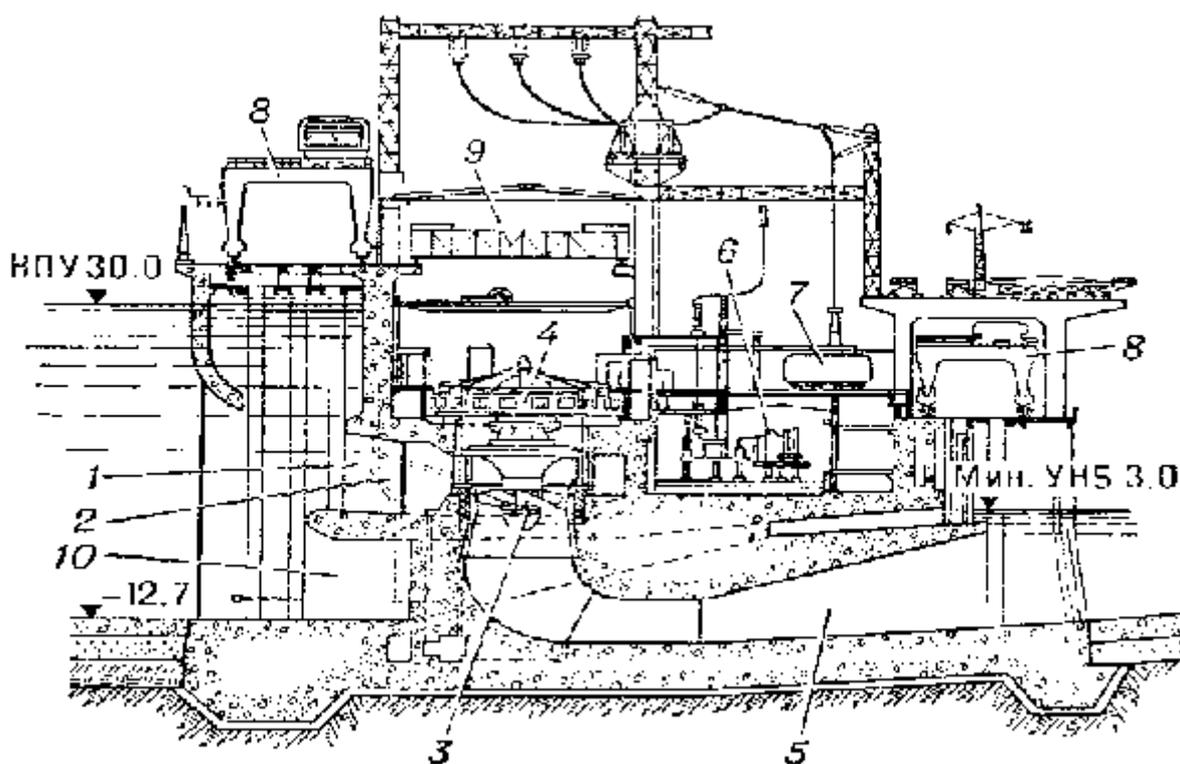
Из-за большой площади зеркал водохранилищ наиболее крупных ГЭС ущерб, наносимый природе, значителен. Наиболее значимым фактором воздействия крупных гидроэлектростанций на экосистему водосброса является создание водохранилищ и затопление земель. Это вызывает изменение видового состава, численности биомассы растений, животных, формирование новых биоценозов.

Эффективным способом уменьшения затопления территорий является увеличение количества ГЭС в каскаде с уменьшением на каждой ступени напора и, следовательно, зеркала водохранилищ.

Еще одна экологическая проблема гидроэнергетики связана с оценкой качества водной среды. В водохранилищах задерживается большая часть питательных веществ, приносимых реками. В теплую погоду водоросли способны массами размножаться в поверхностных слоях обогащенного питательными веществами, или эвтрофного, водохранилища. В ходе фотосинтеза водоросли потребляют питательные вещества из водохранилища и производят большое количество кислорода. Отмершие водоросли придают воде неприятный запах и вкус, покрывают толстым слоем дно и препятствуют отдыху людей на берегах водохранилищ. Массовое размножение, «цветение» водорослей в неглубоких заболоченных водохранилищах делает их воду непригодной ни для промышленного использования, ни для хозяйственных нужд.

Если вопрос о положительном или отрицательном влиянии водохранилищ на качество воды до сих пор остается спорным, то негативное влияние неочищенных стоков, бесспорно. Большие объемы воды и высокий эффект самоочищения в водохранилищах побуждают к строительству предприятий без должной очистки стоков, что превращает водохранилища в огромные отстойники сточных вод.

Кроме загрязнения объективным показателем качества является состояние обитающих в воде живых организмов. Наиболее тесно связаны с водными массами планктонные организмы. В условиях верхнего бьефа формируется планктобиоценоз озерного типа, а в условиях нижнего – речного. Как правило, организмы сообществ озерного типа не приспособлены к жизни в реке. В речных условиях течение даже средней силы оказывает губительное влияние на озерные виды организмов. На структуру и динамику планктона влияют и сами гидротехнические сооружения, т.к. при преодолении гидроагрегатов планктон подвергается разрушению.



**Рис.Е.1.** Разрез здания Волжской ГЭС: 1 – водоприемник, 2 – камера турбины, 3 – гидротурбина, 4 – гидрогенератор, 5 – отсасывающая труба, 6 – распределительные устройства (электрические), 7 – трансформатор, 8 – порталные краны, 9 – кран машинного зала, 10 – донный водосброс; НПУ – нормальный подпорный уровень, м; УНБ – уровень нижнего бьефа, м

Развитие ГЭС и их промышленное использование тесно связано с проблемой передачи электроэнергии на расстояние: как правило, места, наиболее удобные для сооружения ГЭС, удалены от основных потребителей электроэнергии.

И все же, рассматривая воздействие ГЭС на окружающую среду, следует отметить жизнеберегающую функцию ГЭС. Так выработка каждого млрд. кВт\*ч электроэнергии на ГЭС вместо ТЭС приводит к уменьшению смертности населения на 100-226 чел/год.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

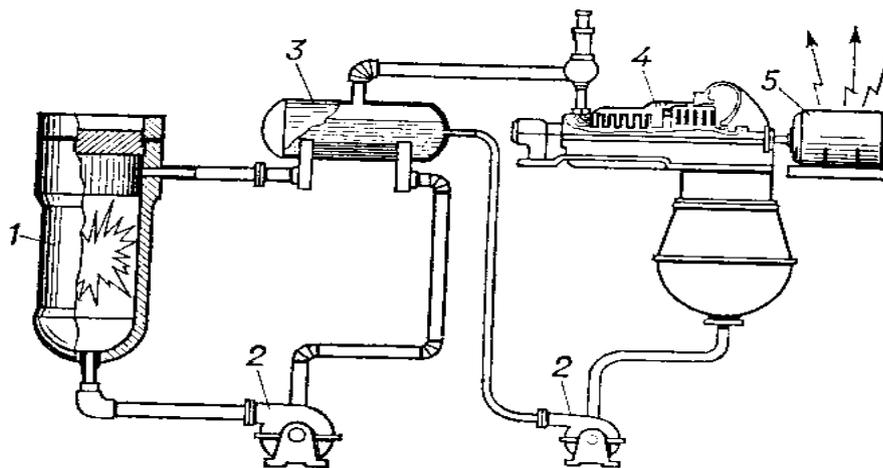
### Краткая характеристика работы атомной электростанции

Принцип работы атомной электростанции и электростанций, сжигающих обычное топливо (уголь, газ, мазут, торф) одинаков: за счет выделяющегося тепла вода преобразуется в пар, который под давлением подается на турбину и вращает ее. Турбина, в свою очередь, передает вращение на генератор электрического тока, который преобразует механическую энергию вращения в электрическую энергию, то есть генерирует ток. В случае тепловых электростанций преобразование воды в пар происходит за счет энергии сгорания угля, газа и т. п., в случае АЭС - за счет энергии деления ядра урана-235.

Для преобразования энергии деления ядра в энергию водяного пара используются установки различных типов, которые получили название *ядерных энергетических реакторов (установок)*. Уран обычно используется в виде диоксида -  $UO_2$ .

Оксид урана в составе специальных конструкций помещают в замедлитель - вещество, при взаимодействии с которым нейтроны быстро теряют энергию (замедляются). Для этих целей используется *вода или графит* - соответственно этому реакторы называют водными или графитовыми.

Для переноса энергии (другим словом - тепла) от активной зоны к турбине используют теплоноситель - *воду, жидкий металл* (например, натрий) или *газ* (например, воздух или гелий). Теплоноситель омывает снаружи разогретые герметичные конструкции, внутри которых происходит реакция деления. В результате этого теплоноситель нагревается и, перемещаясь по специальным трубам, переносит энергию (в виде собственного тепла). Нагретый теплоноситель используется для создания пара, который под высоким давлением подается на турбину.



**Рис.Ж.1.** Принципиальная схема АЭС: 1 – ядерный реактор, 2 – циркуляционный насос, 3 – теплообменник, 4 – турбина, 5 – генератор электрического тока

В случае газового теплоносителя эта стадия отсутствует, и на турбину подается непосредственно нагретый газ.

В российской (в советской) атомной энергетике получили распространение два типа реакторов: так называемые Реактор Большой Мощности Канальный (РБМК) и Водно-Водяной Энергетический Реактор (ВВЭР). На примере РБМК рассмотрим принцип работы АЭС чуть более подробно.

#### РБМК

РБМК является источником электроэнергии мощностью 1000 МВт, что отражает запись **РБМК-1000**. Реактор размещается в железобетонной шахте на специальной опорной конструкции. Вокруг него, сверху и снизу расположена *биологическая защита* (защита от ионизирующего излучения). Активную зону реактора заполняет *графитовая кладка* (то есть определенным образом сло-

женные блоки графита размером 25x25x50 см) цилиндрической формы. По всей высоте сделаны вертикальные отверстия (рис. Ж.2.). В них помещают металлические трубы, называемые *каналами* (отсюда название «канальный»). В каналы устанавливают либо конструкции с топливом (ТВЭЛ - тепловыделяющий элемент), либо стержни для управления реактором. Первые называются *топливными каналами*, вторые - *каналами управления и защиты*. Каждый канал является самостоятельной герметичной конструкцией. Управление реактором осуществляется погружением в канал стержней, поглощающих нейтроны (для этой цели используются такие материалы, как кадмий, бор, европий). Чем глубже такой стержень входит в активную зону, тем больше нейтронов поглощается, следовательно, число делящихся ядер уменьшается, энерговыделение падает. Совокупность соответствующих механизмов называется *системой управления и защиты (СУЗ)*.

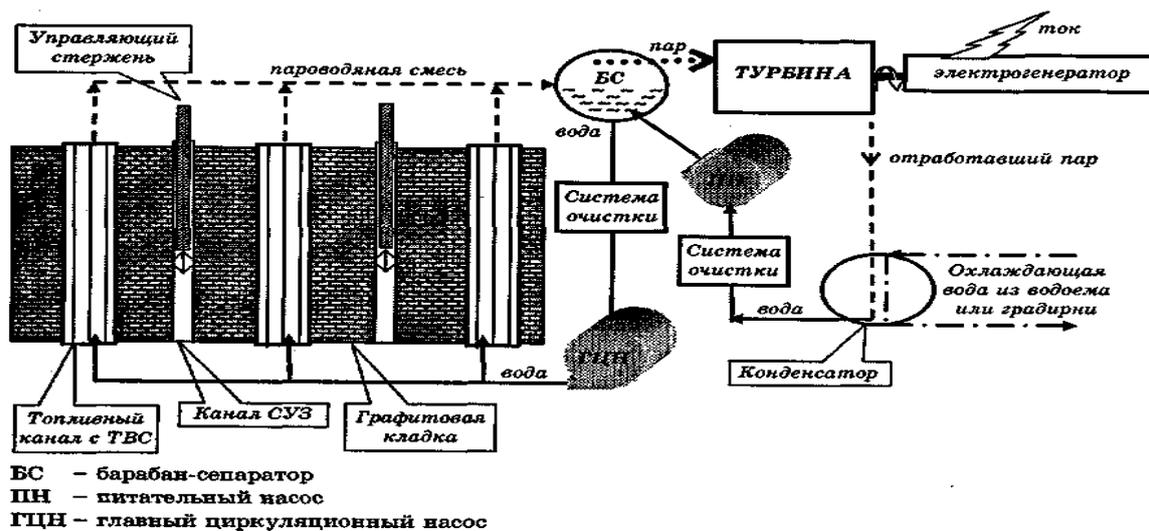


Рис.Ж.2. Схема РБМК.

К каждому топливному каналу снизу подводится вода, которая подается в реактор специальным мощным насосом, - он называется *главный циркуляционный насос (ГЦН)*. Омывая ТВЭЛ, вода вскипает, и на выходе из канала образуется пароводяная смесь. Она поступает в *барабан-сепаратор (БС)* - аппарат, позволяющий отделить (сепарировать) сухой пар от воды. Отделенная вода направляется главным циркуляционным насосом обратно в реактор, замыкая тем самым контур «реактор - барабан-сепаратор - ГЦН - реактор». Он называется *контуром многократной принудительной циркуляции (КМПЦ)*. Таких контуров в РБМК два.

Количество оксида урана, необходимого для работы РБМК, составляет около 200 тонн (при их использовании выделяется такая же энергия, как при сжигании порядка 5 миллионов тонн угля). Топливо «работает» в реакторе 3-5 лет.

Теплоноситель находится в *замкнутом контуре*, изолированном от внешней среды, исключая сколь-либо значимое радиационное загрязнение. Это подтверждается исследованиями радиационной обстановки вокруг АЭС как самими службами станций, так и контролирующими органами, экологами, международными организациями

Охлаждающая вода поступает из водоема около станции. При этом забираемая вода имеет естественную температуру, а поступающая обратно в водоем - примерно на 10°C выше. Существуют строгие нормативы по температуре нагрева, которые дополнительно ужесточаются с учетом местных экосистем, но так называемое «тепловое загрязнение» водоема является, вероятно, самым значимым экологическим ущербом от атомных электростанций. Этот недостаток не является принципиальным и непреодолимым. Чтобы избежать его, наряду с водоемами-охлаждителями (или вместо них) используются *градирни*. Они представляют собой огромные сооружения в виде конических труб большого диаметра. Охлаждающая вода, после нагрева в конденсаторе, подается в многочисленные трубки, расположенные внутри градирни. Эти трубки имеют небольшие отверстия, через которые вода вытекает, образуя внутри градирни «гигантский душ». Падающая вода охлаждается за счет атмосферного воздуха и собирается под градирней в бассейне, откуда забирается для охлаждения конденсатора. Над градирней в результате испарения воды образуется белое облако.

Радиоактивные выбросы АЭС на 1-2 порядка ниже предельно допустимых (то есть приемлемо безопасных) значений, а концентрация радионуклидов в районах расположения АЭС в миллионы раз меньше ПДК и в десятки тысяч раз меньше природного уровня радиоактивности.

Радионуклиды, поступающие в ОС при работе АЭС, представляют собой в основном продукты деления. Основную часть из них составляют инертные радиоактивные газы (ИРГ), которые имеют малые периоды полураспада и потому не оказывают ощутимого воздействия на окружающую среду (они распадаются раньше, чем успевают воздействовать). Кроме продуктов деления некоторую часть выбросов составляют продукты активации (радионуклиды, образовавшиеся из стабильных атомов под действием нейтронов). Значимыми с точки зрения радиационного воздействия являются *долгоживущие радионуклиды* (ДЖН, основные дозообразующие радионуклиды - цезий-137, стронций-90, хром-51, марганец-54, кобальт-60) и *радиоизотопы йода* (в основном йод-131). При этом их доля в выбросах АЭС крайне незначительна и составляет тысячные доли процента.

По итогам 1999 года выбросы радионуклидов на АЭС по инертным радиоактивным газам не превышали 2,8% допустимых значений для уран-графитовых реакторов и 0,3% - для ВВЭР и БН. По долгоживущим радионуклидам выбросы не превышали 1,5% допустимых выбросов для уран-графитовых реакторов и 0,3% - для ВВЭР и БН, по йоду-131, соответственно, 1,6% и 0,4%.

Важным аргументом в пользу ядерной энергетики является компактность топлива. Округленные оценки таковы: из 1 кг дров можно произвести 1 кВт-ч электроэнергии, из 1 кг угля - 3 кВт-ч, из 1 кг нефти - 4 кВт-ч, из 1 кг ядерного топлива (низкообогащенного урана) - 300 000 кВт-ч.

Атомный энергоблок мощностью 1 ГВт потребляет примерно 30 тонн низкообогащенного урана в год (то есть примерно **один вагон в год**). Для обеспечения года работы такой же по мощности угольной электростанции необходимо около 3 миллионов тонн угля (то есть около **пяти железнодорожных составов в день**).

Выбросы долгоживущих радионуклидов угольной или мазутной электростанций в среднем в 20-50 (а по некоторым оценкам в 100) раз выше, чем АЭС такой же мощности.

Уголь и другие ископаемые виды топлива содержат калий-40, уран-238, торий-232, удельная активность каждого из которых составляет от нескольких единиц до нескольких сотен Бк/кг (и, соответственно, такие члены их радиоактивных рядов, как радий-226, радий-228, свинец-210, полоний-210, радон-222 и другие радионуклиды). Изолированные от биосферы в толще земной породы, при сжигании угля, нефти и газа они освобождаются и выбрасываются в атмосферу. Причем это в основном наиболее опасные с точки зрения внутреннего облучения альфа-активные нуклиды. И хоть природная радиоактивность угля, как правило, относительно невысока, количество сжигаемого топлива на единицу произведенной энергии колоссально.

В результате дозы облучения населения, проживающего вблизи угольной электростанции (при степени очистки дымовых выбросов на уровне 98-99%) больше, чем дозы облучения населения вблизи АЭС в 3-5 раз.

Кроме выбросов в атмосферу необходимо учитывать, что в местах концентрирования отходов угольных станций наблюдается значительное повышение радиационного фона, которое может приводить к дозам, превышающим, предельно допустимые. Часть естественной активности угля концентрируется в золе, которая на электростанциях накапливается в огромных количествах. При этом в пробах золы Канско-Ачинского месторождения отмечаются уровни более 400 Бк/кг. Радиоактивность летучей золы донбасского каменного угля превышает 1000 Бк/кг. И эти отходы никак не изолированы от окружающей среды. Производство ГВт-года электроэнергии за счет сжигания угля приводит к попаданию в окружающую среду сотен ГБк активности (в основном альфа).

Такие понятия, как «радиационное качество нефти и газа», стали привлекать серьезное внимание сравнительно недавно, тогда как содержание природных радионуклидов в них (радия, тория и других) могут достигать значительных величин. Например, объемная активность радона-222 в природном газе в среднем от 300 до 20 000 Бк/м<sup>3</sup> при максимальных значениях до 30 000-50 000. И таких кубометров Россия добывает в год почти 600 миллиардов.

Следует все же отметить, что радиоактивные выбросы как АЭС, так и ТЭС, не приводят к заметным последствиям для здоровья населения. Даже для угольных станций - это третьестепенный экологический фактор, который по значимости существенно ниже других: химических и аэрозольных выбросов, отходов и проч.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Алтайский край. Общие сведения

Алтайский край (А.к.) расположен на юге Западной Сибири, в бассейне верхнего течения Оби и её истоков – Бии и Катунь. Охватывает почти весь Алтай, западные склоны Салаира и примыкающие к ним равнинные и предгорные территории – Степной Алтай. Граничит на юго-востоке с Монголией и Китаем. В состав края входит Горно-Алтайская автономная область. Центр – г.Барнаул.

**Природа.** Территория А.к. делится на две неравные части – равнинную и горную. Северо-западная часть территории, занимающая 3/5 всей площади, – юго-восточная окраина Западно-Сибирской равнины. Наиболее крупные её части – Кулундинская степь и Приобское плато на левобережье Оби, предгорья и склоны Салаирского кряжа – на правобережье. Почти 9/10 территории А.к. орошается реками бассейна Оби и её истоков – Бии и Катунь, остальные реки принадлежат бессточному бассейну Кулундинской степи. В равнинной части края все крупные реки транзитные, берут начало в горах Алтая. Гидрографическая сеть равнины редкая; мелкие реки, начинающиеся в пределах равнины, мелководны, с медленным течением. Крупнейшие озёра на равнине – Кулундинское, Кучукское и Михайловские, в горах – Телецкое.

**Климат.** В равнинной части климат умеренный, резко континентальный с продолжительной холодной и малоснежной зимой, с жарким и часто засушливым летом. Климат горной части характеризуется большой неравномерностью, горы получают значительно больше осадков.

**Почвы.** Зональными для равнинной части края являются чернозёмные почвы; широко развиты главным образом в западной части края засоленные почвы солонцово-солончакового ряда.

**Растительность.** Почти 1/3 территории края покрыта лесом. Равнинную часть занимают зоны степи и лесостепи. Степная растительность почти не сохранилась, большая часть территории распашана. Сохранились сосновые боры и берёзовые колки; во многих местах – полезащитные лесные полосы. Склоны гор заняты лесами из лиственницы, сибирской пихты и сибирской кедровой сосны. Растительность долин и межгорных котловин меняется от полупустынь Юго-восточного Алтая до красочных луговых степей в районах предгорий. В горах за пределом верхней границы распространения лесов располагается пояс альпийских и субальпийских лугов и высокогорных тундр.

**Животный мир.** В степях обильны грызуны, из хищников – волк, лисица, степной хорёк; из птиц – степные жаворонки и кулики, дрофа<sup>26</sup>, стрепет<sup>37</sup>, степной орёл<sup>37</sup>. По долинам рек – водоплавающая птица. В горах лось, марал, горные козлы и бараны. В юго-восточной части А.к. расположен Алтайский заповедник.

**Природные районы:** 1) Кулундинская степь; 2) Приобское плато; 3) долина Оби – современная и древняя долина верхнего течения Оби с широкими надпойменными и пойменными террасами; 4) Бийско-Чумышская лесостепь; 5) предгорья Алтая – лесостепь с мягким холмистым рельефом; 6) предгорья Салаира – лесостепь на западном склоне Салаирского кряжа; 7) Алтай – наиболее возвышенная часть края.

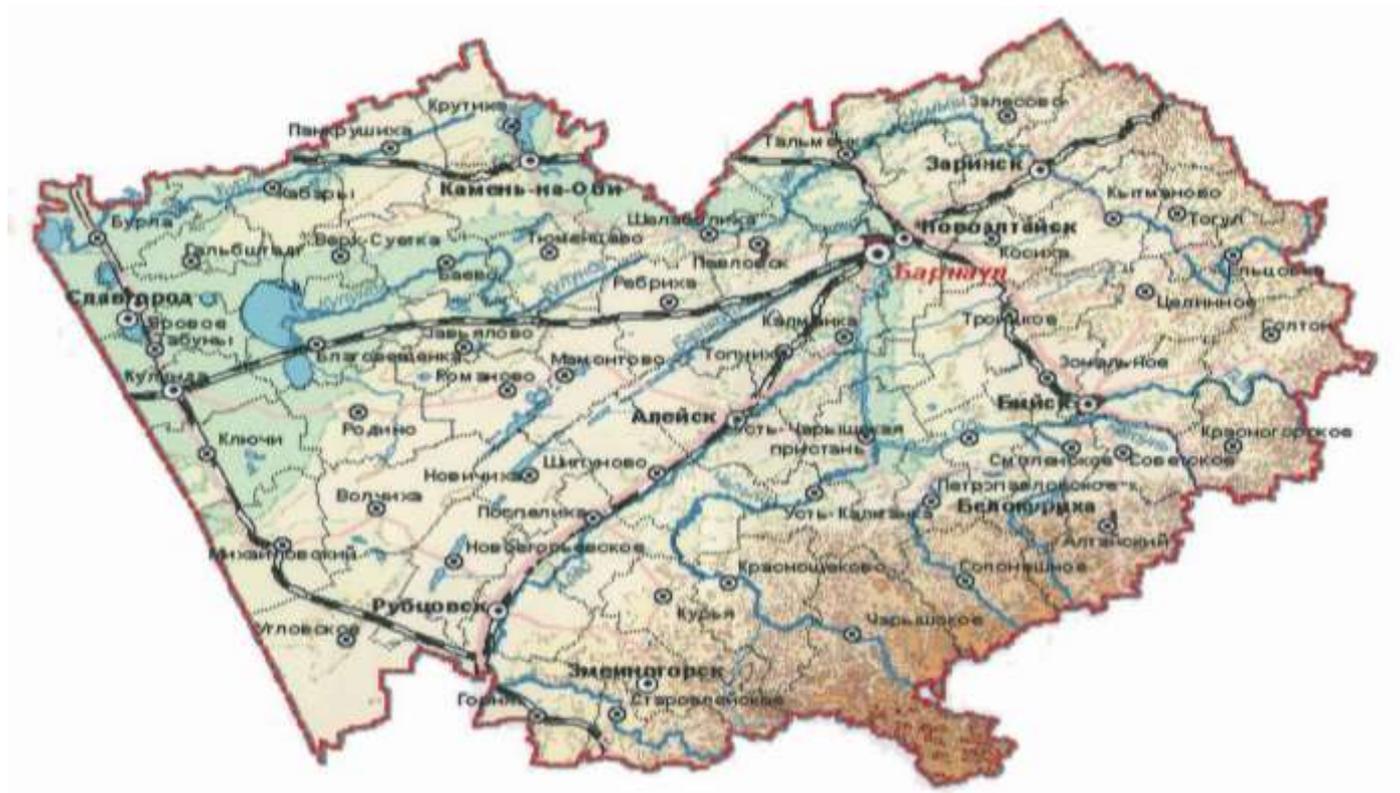
В А.к. имеются курорты, в их числе: бальнеологический курорт с радиоактивными источниками Белокуриха – в предгорьях Алтая; горноклиматический курорт Чемал для больных туберкулезом; климатический курорт Лебяжье.

**Промышленность.** Энергетика базируется на угле Кузбасса и частично на гидроэнергии, получаемой от Усть-Каменогорской (Казахстан) и Новосибирской ГЭС. Добываются нерудные строительные материалы (камень, цементное сырьё, известь, песчано-гравийная смесь, песок), золото, ртуть, цветные и редкие металлы, поделочные цветные камни. Важное значение имеет добыча поваренной, глауберовой солей и соды в озёрах Кулунды. Древесина, заготавливаемая на западных склонах Салаира, в северо-восточных предгорьях Алтая и отчасти в сосновых массивах правобережья Оби, сплавляется по рекам к железной дороге (Барнаул, Бийск, Тальменка). Производится также сбор живицы и переработка её на пихтовое и терпентинное масла, канифоль и скипидар.

**Внутренние различия.** 1) Предалтайская лесостепь – наиболее заселённая часть края с главными промышленными центрами (Барнаул, Бийск, Новоалтайск, Рубцовск), важнейший район зернового хозяйства и животноводства, пригородного сельского хозяйства. 2) Кулундинская степь – крупное земледелие (пшеница), мясомолочное животноводство, маслоделие, тонкорунное овцеводство, посевы подсолнечника; химическая и пищевая промышленность, добыча и переработка озёр-

<sup>26</sup> Внесены в Красную книгу СССР

ных солей. 3) Горно-Алтайская АО – животноводство с очагами земледелия, охотничий промысел, пантовое звероводство, горнодобывающая промышленность.



## ПРИЛОЖЕНИЕ И

### Общие положения, учитываемые при размещении электростанций

- 1) При определении места расположения станции необходимо учитывать, что при получении электроэнергии требуется значительное количество холодной воды (охлаждающие воды) – для получения 1 квт/час электроэнергии, например, на тепловой электростанции требуется до 3 м<sup>3</sup> охлаждающей воды. Для выполнения этого требования необходимо рядом с электростанцией иметь водоем. Но это должен быть проточный водоем – река. Озера используются крайне редко в качестве источника охлаждающих вод. При любом типе электростанций выполняются работы по строительству водохранилища. Однако объем водохранилища может (и должен) быть разный.
- 2) При выборе места расположения электростанции необходимо учитывать следующее:
  - а) тепловая электростанция будет работать на Кузбасском угле (бурый уголь). Она должна быть максимально приближена к большому городу или промышленному предприятию, которые и будут основными потребителями ее электроэнергии.
  - б) атомную станцию строят в сейсмически не опасном месте. Горная система Алтай имеет (по расчетам) максимальную сейсмичность 6 баллов, что вполне допустимо для атомной станции. Для атомной станции очень важно выбрать доступное с точки зрения автомобильных дорог место (ядерное топливо, в основном, доставляют по автодорогам со всей осторожностью).
  - в) гидростанции, построенные на равнине, оказывают большее воздействие на природу, чем построенные в горной местности – поднятие воды на полметра приводит к затоплению 12 км<sup>2</sup> земли. Необходима река с достаточной энергетической емкостью.
- 3) Не разрешается занимать для строительства электростанций местность, представляющую особую значимость: заповедники, археологически значимые, исторически памятные, имеющие в недрах полезные ископаемые и др.