МАКРОЭКОЛОГИЯ КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ОБЛАСТЬ ЗНАНИЙ

Общая экология

Теоретическая экология
Математическая экология
Моделирование экологических систем и процессов
Экспериментальная экология
Связи: **Теоретическая биология, Общая теория систем, Математика, Кибернетика**

Биоэкология

Экология систематических групп организмов – царств, типов, классов, отрядов, семейств и т.д.
Экология естественных биосистем – особей, малых групп, популяций, биоценозов, экосистем
Эволюционная экология
Связи: **Все общебиологические дисциплины: ботаника, зоология, микробиология, микология, протистология, физиология, теория эволюции и др.**

Экосферология

Глобальная экология
Учение о биосфере и ее взаимодействии с техносферой
Связи: **Общая экология, Биоэкология Геоэкология, Глобалистика**

Геоэкология

Экология организмов по принадлежности к различным средам обитания, биогеографическим областям, природно-климатическим зонам, континентам, странам
Связи: **География, Геология, Геофизика, Геохимия, Климатология, Биогеография**

Экология человека

Биоэкология человека: эволюция и современный антропогенез
Социальная экология: экология личности, семьи, социальных групп, экология потребностей, экология этносов и этногенеза, демографическая экология
Связи: **История, Антропология, Социология, Медицина, Демография**

Прикладная экология

Экологические аспекты производства, промысла и коммунального хозяйства
Инженерная экология (строительство, промышленность, энергетика, транспорт)
Сельскохозяйственная экология
Охраняемые природные объекты
Связи: **Отрасли хозяйства, Ресурсы, Экономика, Природопользование, Эргономика, Теория безопасности и риска**

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ – ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Экотоксикология
Анализ токсического действия поллютантов на организменном и суборганизменном уровнях в реальных природных условиях

Биоиндикация и биотестирование
Обнаружение и оценка воздействия стрессоров на биосистемы

Экодиагностика
Ценностная интерпретация антропогенных изменений экосистем

Экологический мониторинг
Слежение за всеми составляющими природоемкости производства и состоянием окружающей среды

Экологическое нормирование
Получение экологических нормативов

Экологическая экспертиза
Установление соответствия намечаемой деятельности экологическим

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)

Экологическое проектирование
Экологическое обоснование продукта, процесса, проекта

Экологическое прогнозирование, экологический аудит и сертификация, экологическое управление, устойчивое развитие

ТЕХНОСФЕРА

В процессе ***техногенеза*** – исключительно короткого по продолжительности этапа эволюции – человеческая цивилизация привела к появлению на планете ***новой глобальной материальной совокупности в виде многослойной насыщенной сферы***

Рост техносферы в XX веке (по Т.А. Акимовой, В.В. Хаскину, 2006)

Показатель	Начало века	Конец века
Валовой мировой продукт, млрд. долл./год	60	25000
Энергетическая мощность техносферы, ТВт	1	14
Численность населения, млрд. человек	1,6	6,0
Потребление пресной воды, $км^3$/год	360	5000
Потребление первичной продукции биоты, %	1	40
Площадь лесопокрытых территорий, млн. $км^2$	57,5	50,0
Рост площади пустынь, млн. $км^2$	-	1,7
Сокращение числа видов, %	-	–20
Площадь суши, занятая техносферой, %	20	60

Сравнение биосферы и техносферы

Показатели	Биосфера	Техносфера
Сферообразующее число биологических видов	10^7	1
Число контролируемых видов	10^7	10^4
Масса сферы, Гт	$2{,}5 \cdot 10^4$	10^4
В том числе: активное вещество, Гт неактивное, произведенное вещество, Гт	 $4{,}9 \cdot 10^3$ $2{,}0 \cdot 10^4$	 15 10^4
Кратность обновления активного вещества, год $^{-1}$	0,10	0,10
Годовая нетто-продукция, Гт	550	1,5
Годовой расход органического вещества, Гт	170	24
Годовой расход энергии, ЭДж	8200	450
Годовой расход воды, км^3	$3 \cdot 10^4$	5000
Степень замкнутости круговорота веществ, %	99,9	10
Запас генетической информации, Гбит	10^6	7
Запас сигнальной информации, Гбит	–	8
Скорость переработки информации, бит/с	10^{36}	10^{16}
Информационная скорость эволюции, бит/с	0,1	10^7

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ (ОСНОВНОЕ) УРАВНЕНИЕ Гриллса-Аллендби

ВОЗДЕЙСТВИЕ = ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ х ИЗОБИЛИЕ х ТЕХНОЛОГИИ

Рост численности населения Земли:

Начало IV тысячелетия до н.э. – 100 млн. человек

1000 лет до н.э. – 300 млн. человек

1500 год – 425 млн. человек

1850 год – 1169 млн. человек

1900 год – 1630 млн. человек

1950 год – 2527 млн. человек

2000 год – 6083 млн. человек

2012 год – 8000 млн. человек

2050 год – 10000 млн. человек

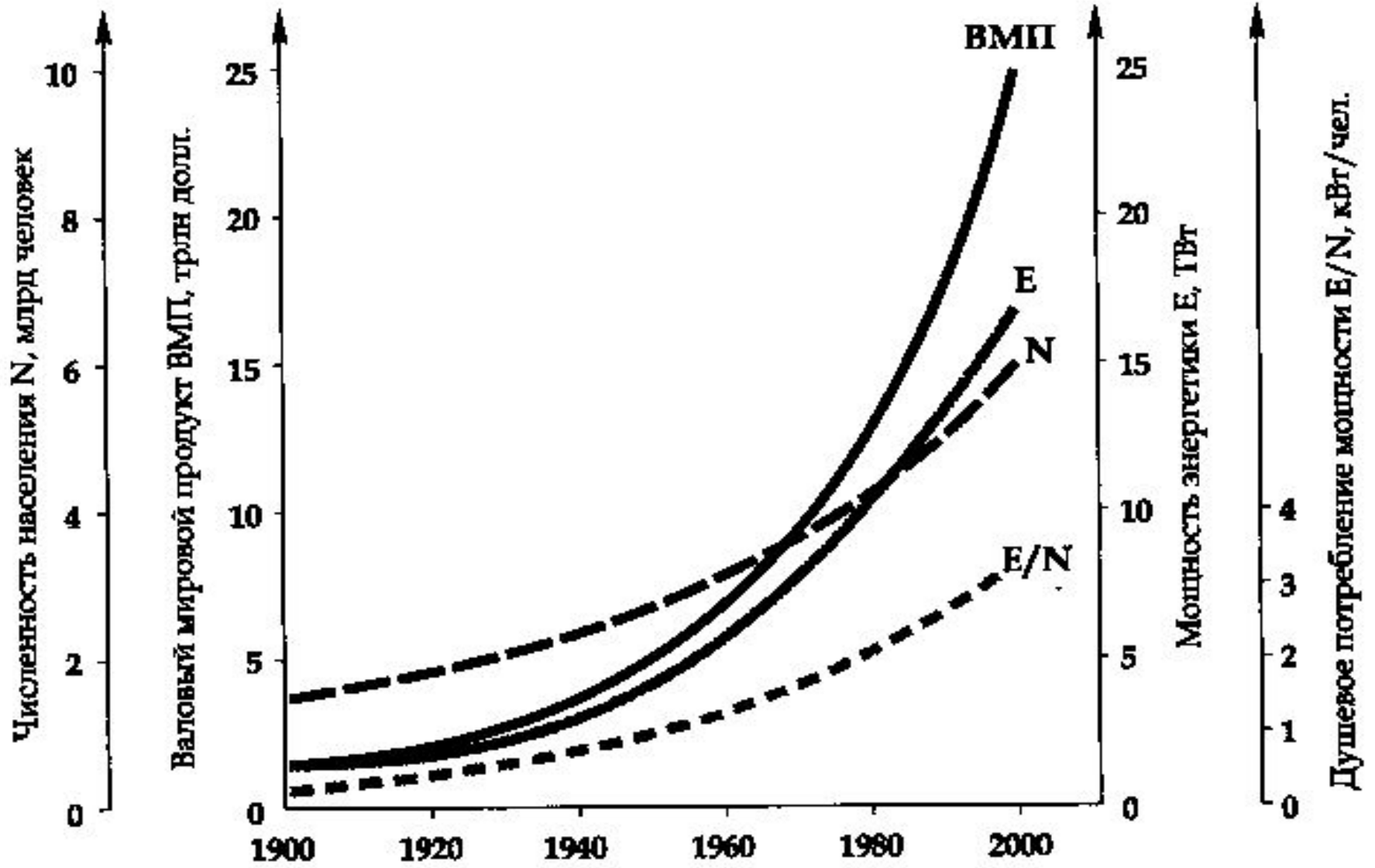
Изобилие обычно характеризуется величиной ВВП, ВНП, ВМП

Экспоненциальный рост мировой экономики свидетельствует об экспоненциальном росте изъятия природных ресурсов. На 20% самого богатого населения мира приходится 86% общей суммы личных расходов, потребление 58% мировой энергии, 45% мяса и рыбы, 84% бумаги, наличие 87% личных автомобилей

Технологии

Экологическая состоятельность применяемых технологий оценивается по степени воздействия на окружающую среду в расчете на

Рост численности населения (*N*, млрд.), мощности энергетики (*E*; ТВт = 10^{12} Вт), душевого потребления мощности (*E/N*, кВт/чел.) и валового мирового продукта (*ВМП*, трлн. долл.) в XX в.



Техногенный материальный баланс

Из ***120 Гт ископаемых материалов и биомассы, мобилизуемых за год мировой экономикой***, только ***9 Гт (7,5%)*** преобразуется в ***материальную продукцию*** в процессе производства. Более 80% этого количества возвращается в основные фонды производства.

Только ***1,6 Гт*** составляют **личное потребление людей**, причем 2/3 этой массы относится к нетто-потреблению продуктов питания.

Из окружающей среды все люди потребляют ***3,6 Гт питьевой воды*** и ***1,2 Гт кислорода***. В атмосферу возвращается ***1,6 Гт*** выдыхаемых ***углекислого газа и паров воды***; при этом выделяется ***18 ЭДж теплоты***. ***В водоемы и на поверхность земли*** от людей поступает ***4Гт жидких*** и ***0,8 Гт твердых отходов***.

Материальный нетто-баланс человечества как биологического вида необычайно велик, во много раз превосходит материальный бюджет любого другого вида животных, но в целом почти вписывается в глобальный биотический круговорот и создает лишь часть современных экологических проблем. *Наиболее серьезные проблемы связаны с потреблением биоресурсов, энергетикой и промышленным производством.*

Ежегодное изъятие около ***10 Гт сухого вещества биомассы в виде сельхозпродукции, древесины и морепродуктов*** составляет почти **5% *продукции фотосинтеза на суше***. Казалось бы, немного. Но кроме этого, ***за счет антропогенного уменьшения биомассы и продуктивности естественных экосистем, замещения их агроценозами, вырубки лесов, опустынивания, техногенной деградации*** и т.д. – человек косвенно переводит в антропогенный канал еще ***7–10%*** первичной продукции экосистем суши, ***снижая продуктивность земной биосферы*** примерно на ***10–12%***. *Именно это расценивается как самое главное вмешательство хозяйства в природные процессы.*

Общая масса отходов современного человеческого хозяйства и продуктов техносферы (за исключением простых газообразных веществ, участвующих в обмене кислорода, азота и паров воды) составляет не менее ***140 Гт в год***. Это количество распределяется между водоемами, воздухом и поверхностью земли приблизительно в соотношении 1:2:6.

Все отрасли техносферы потребляют огромное количество воды: около ***5000 км^3 в год***. Оно соответствует почти 1/5 объема влаги, вводимой в планетарный круговорот транспирацией всех растений суши. Скорость оборота воды в техносфере во много раз больше, чем в биосфере.

С учетом потребляемого воздуха и добываемого природного газа ***техносферный газообмен*** составляет более ***150 тыс. куб. км в год***, что превышает ***1/4*** биосферного газообмена. Почти такое же соотношение существует между выделением техногенной теплоты и годовым потоком энергии фотосинтеза. Таким образом, к концу XX столетия человечество на ***20–25%*** увеличило обмен веществ и энергии на планете.

Наиболее серьезно вмешательство техногенеза в биосферный обмен органических веществ. По закону распределения вновь образовавшегося органического вещества между разными группами гетеротрофных организмов ***для крупных консументов допустимо изъятие не более 1% ежегодной продукции биосферы*** («***правило одного процента***»). Человек, ставший самым мощным в природе конечным консументом, во много раз, почти на порядок превысил естественный норматив.

Наиболее важным отличием техногенного массообмена от биологического круговорота является то, что техносферный круговорот веществ существенно разомкнут и в количественном, и в качественном отношении.

Поскольку техногенный массообмен составляет заметную часть глобального круговорота веществ, своей разомкнутостью он *нарушает необходимую высокую степень замкнутости биотического круговорота,* которая выработана в длительной эволюции и является важнейшим условием стационарного состояния биосферы. Это означает ***очень серьезное нарушение биосферного равновесия.***

Таким образом, ***современная техносфера не только вытесняет и замещает биосферу, но и нарушает средорегулирующую функцию биосферы.***

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ КАК РЕСУРСЫ ТЕХНОСФЕРЫ

Ресурсы – это вещества, материалы, силы и потоки вещества, энергии и информации, которые:

1) образуют входные звенья природных или хозяйственных циклов, *являются их необходимыми участниками и в связи с этим – носителями функции полезности*;

2) *имеют измеряемое количественное выражение*: массу, объем, плотность, концентрацию, интенсивность, мощность, стоимость;

3) при изменениях во времени *подчиняются фундаментальным законам сохранения*.

Ресурсы естественные (природные) – важнейшие компоненты окружающей человека естественной среды, используемые для удовлетворения материальных, энергетических и культурных потребностей общества (ресурсы животного мира, земельные, лесные, водные, рекреационные, эстетические и др.). Они весьма разнообразны, в том числе и по возможностям их применения в быту. Необходимо помнить, что большинство ресурсов – это прежде всего ресурсы для живой природы, а не только для человека. Кроме того, с экологической точки зрения по отношению к живой природе значительная часть ресурсов недр, используемых человеком (уголь, нефть, ртуть, уран и др.), не может считаться ресурсами, так как при этом извращается

Именно поэтому следует различать (Акимова, Кузьмин, Хаскин, 2007):

ресурсы биосферы (которые представлены только возобновляемыми ресурсами вещества, энергии и информации), *находящиеся под контролем живых организмов;*

ресурсы техносферы, в которые, помимо значительной части ресурсов биосферы, захваченных человеком и вырванных им из биологического круговорота, входят и *невозобновляемые ресурсы* (добываемые в основном из недр), *находящиеся вне контроля биоты биосферы*, и которые никаким существам, кроме человека, не нужны, чаще вредны.

Объем возобновляемых ресурсов, используемых техносферой, определяет ее ***природоемкость***.

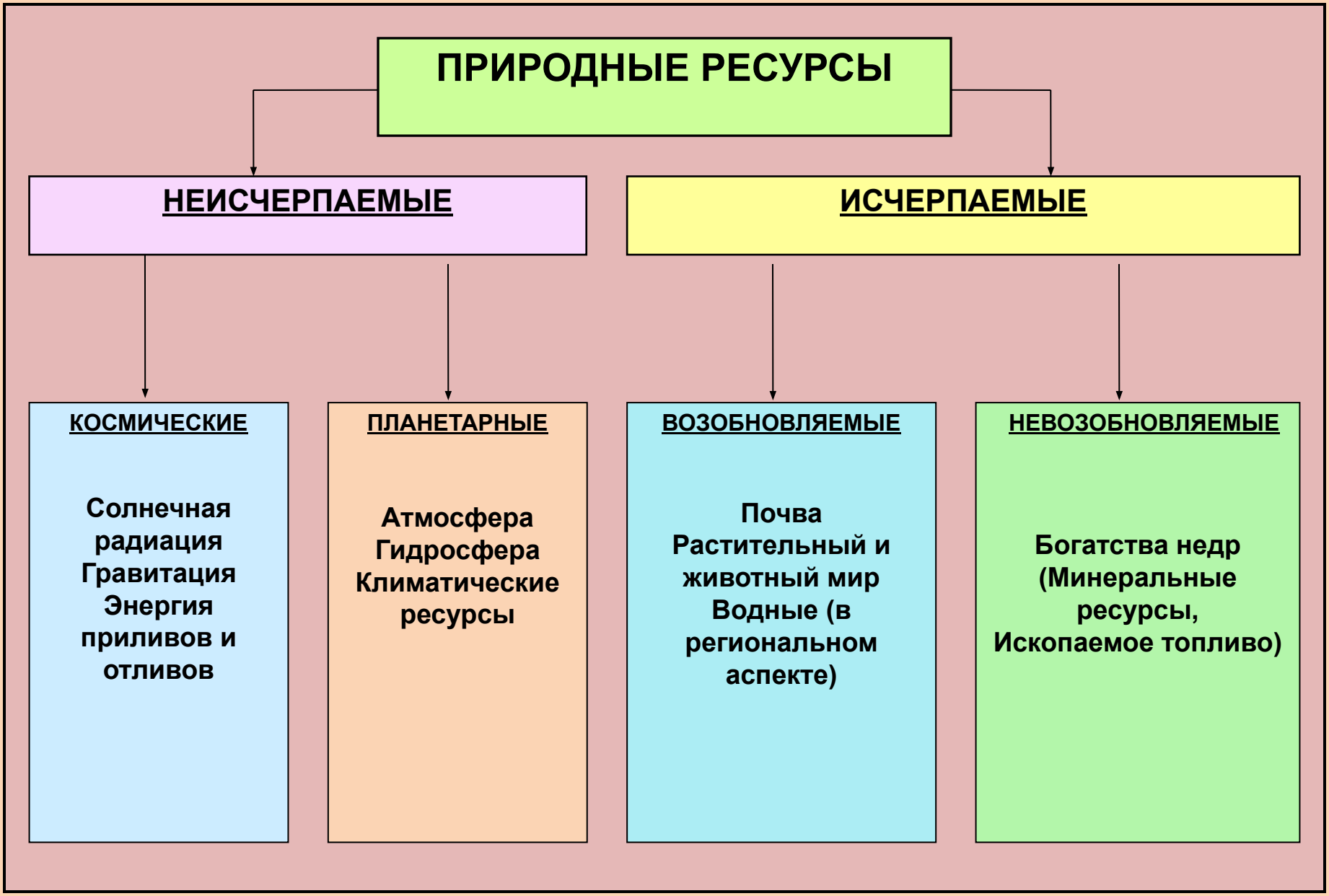
Существует несколько классификаций природных ресурсов.

Естественная классификация основана на разделении ресурсов ***по компонентам природной среды:*** земельные, минеральные, водные, климатические, растительные, животного мира и т.п.

В ***хозяйственной классификации*** ведущее значение имеет ***их принадлежность:*** ресурсы топливно-энергетического комплекса, металлургии, сельского хозяйства и т.д.

С ***эколого-экономической*** точки зрения важна классификация природных ресурсов ***по признакам исчерпаемости.***

Классификация природных ресурсов



Природные ресурсы можно классифицировать и по другим признакам:
– ***по их использованию:*** *производственные* ресурсы (сельскохозяйственные, промышленные), *рекреационные, эстетические, научные* и др.;
– ***по заменимости:*** *заменимые* (например, ископаемое топливо можно заменить энергией Солнца, ветра) и *незаменимые* (кислород воздуха для дыхания, пресная вода для питья).

Деление по признаку использования условно, так как один и тот же ресурс (например, вода в озере) может быть использован как для промышленных и рыбоводческих нужд, так и для рекреационных целей.

Однако при этом часто действует ***правило интегрального ресурса, согласно которому использование его в одних целях затрудняет или полностью исключает использование в других.*** Так, если в водоем спускаются отходы промышленного производства, то это затрудняет использование его в питьевых целях или для разведения рыбы.

При осуществлении хозяйственной деятельности важно иметь достаточно полную информацию о *ресурсообеспеченности* и *природоемкости производства.*

Ресурсообеспеченность – это соотношение между величиной природных ресурсов и размерами их использования. *Она выражается либо количеством лет, на которое должно хватить данного ресурса, либо его запасами из расчета на душу населения.* О ресурсообеспеченности нельзя судить только по размерам запасов, – надо учитывать интенсивность потребления их самим обществом.

Природоемкость продукции *– совокупный ущерб, который наносится природным объектам и ресурсам, состоянию окружающей среды строительством и эксплуатацией хозяйственных объектов, их отходами и продукцией.*

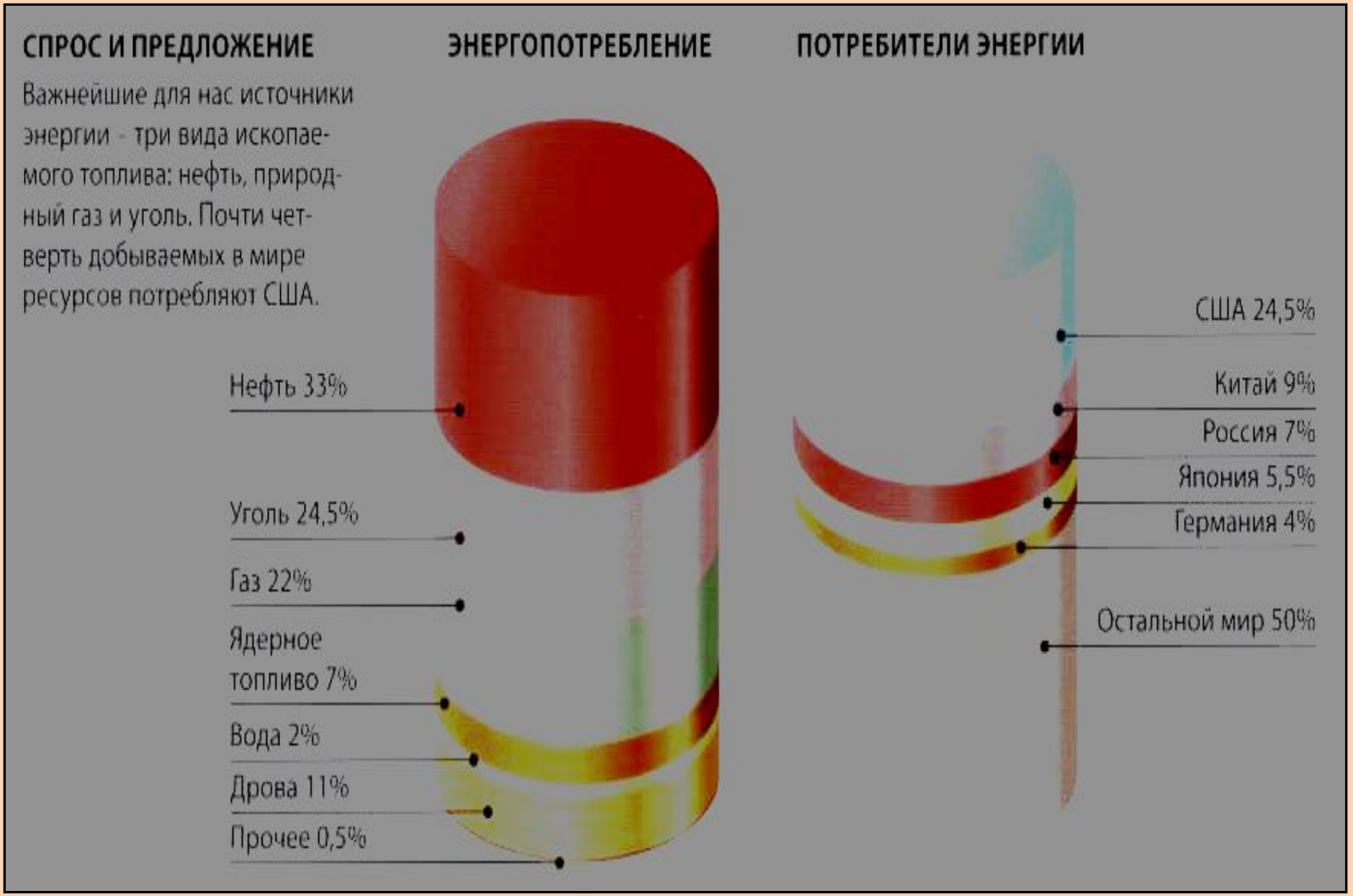
Хотя человечество на протяжении всей своей истории сталкивается с ограниченностью природных ресурсов, оно до сих пор не осознало последствий их безграничного использования. Ни на макро-, ни на микроуровнях в экономике не используется показатель природоемкости.

В настоящее время экономика мирового хозяйства чрезвычайно природоемка, что и обусловливает истощение природных ресурсов (Акимова, Кузьмин, Хаскин, 2007).

Для учета имеющихся природных ресурсов в каждом цивилизованном государстве существуют

Кадастры природных ресурсов – своды экономических, экологических, организационных и технических показателей, характеризующих количество и качество природных ресурсов, состав и категории природопользователей. Кадастры представляются по видам природных ресурсов, периодически обновляются, данные кадастровой оценки применяют при планировании использования ресурса, для оценки степени

Потребление энергетических ресурсов в мире («Планета Земля», 2007)



Площадь земель, не затронутых хозяйственной деятельностью (%)

Континенты	По критерию Hannah et al. (1994)	По данным съемки из космоса (1999)
Европа	15,6	5,7
Азия	43,5	22,9
Африка	48,9	27,0
Северная Америка	56,3	34,0
Южная Америка	62,5	20,9
Австралия	62,3	27,1
Вся суша (без Антарктиды и других ледяных и скальных поверхностей)	56,0	28,3

ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСА
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ
ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ
Средозащитная (сохранение экологического равновесия)
Климаторегулирующая
Водоохранная и водорегулирующая
Почвозащитная
Санитарно-гигиеническая
Рекреационная
Древесина
Техническое сырье
Минеральное сырье
Лекарственное сырье
Пищевые продукты

ЗНАЧЕНИЕ ЖИВОТНОГО МИРА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

- **Средозащитная (сохранение экологического равновесия)**
- **Участие в процессах биологического круговорота**
- **Содействие опылению, распространению растений, повышение плодородия почв**
- **Рекреационная функция**

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

- **Пищевые продукты**
- **Техническое сырье**
- **Лекарственное сырье**
- **Племенной материал для звероводства**

Биоразнообразие. Утрата видов. Из ***1,75 млн***. зарегистрированных видов в поле зрения людей, занятых активным изучением или хозяйственным использованием организмов, попадает едва лишь сотая часть.

В то же время ***из-за деградации природной среды, загрязнения, разрушения биоценозов биосфера ежегодно теряет 10-15 тыс. биологических видов***, преимущественно низших форм.

Палеонтологические оценки дают фоновую скорость смены видового состава среди млекопитающих и птиц: один вид на каждые 500-1000 лет.

Между тем в последней Красной книге Всемирного союза охраны природы (МСОП) показано, что ***около 24% видов млекопитающих и 12% видов птиц в настоящее время находятся на грани исчезновения***.

Только ***за последние 30 лет зафиксировано исчезновение 58 видов рыб, 9 видов птиц и 2***

Количество видов позвоночных, находящихся под угрозой полного исчезновения, по регионам (ГЭП-3, 2004)

Регионы	Млекопи-тающие	Птицы	Рептилии	Амфибии	Рыбы	Всего
Африка	294	217	47	17	148	723
Азия и Океания	526	523	106	67	247	1469
Европа	82	54	31	10	83	260
Латинская Америка	275	361	77	28	132	873
Северная Америка	51	50	27	24	117	269
Западная Азия	0	24	30	8	9	71
Полярные регионы	0	6	7	0	1	14

Загрязнение антропосферы

Глобальное загрязнение антропосферы достигло огромного масштаба, который определяется современным объемом добывающего и перерабатывающего производства.

В конце XX в. ***ежегодная добыча всех видов ископаемых*** (включая пустую породу и перемещенные и извлеченные на поверхность грунты) составила ***125 млрд. т (Гт).***

Около 12 Гт из этого количества приходится на все виды ископаемого топлива — ***уголь, нефть, газ. В производство вовлечено*** также не менее ***10 Гт органического сырья*** (в пересчете на сухое вещество) ***в виде древесины, кормов для животных, сельхозпродукции, рыбы и морепродуктов***.

За счет антропогенного уменьшения биомассы и продуктивности естественных экосистем, замещения их агроценозами, вырубки лесов, опустынивания, техногенной деградации и т.п. ***человек косвенно переводит в антропогенный канал еще 7-10%***

В годовое производство мира вовлечено около 140 Гт сырьевой массы различных веществ, материалов и топлива.

При сжигании топлива и биологическом окислении изымаемой биомассы в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве и на транспорте ***потребляется 30-31 Гт кислорода*** (т.е. около 10^5 км^3 воздуха) ***и возвращается в атмосферу 36-38 Гт углекислого газа***, а также значительное количество других продуктов горения, их примесей и паров воды (не считая техногенного испарения свободной воды). ***При этом освобождается колоссальное количество энергии,*** соответствующее общей мощности технической энергетики около ***$1,5 \cdot 10^{13}$***

Из ***127-130 Гт мобилизуемого за год сырья*** получается около ***10 Гт продукции*** — строительных материалов, металлов, химической продукции и различных изделий, большая часть которых идет на приращение технического и техногенного вещества техносферы, а меньшая часть — около ***1,7 Гт продуктов питания и различных предметов потребления*** — составляют нетто-потребление людей.

Все остальное — это текущие (ежегодные) отходы человеческого хозяйства. Продукция — это тоже отход, только «отложенный».

Таким образом, ***общая масса отходов современного человеческого хозяйства и продуктов техносферы*** (за исключением простых газообразных веществ, участвующих в обмене кислорода, азота и паров воды) *составляет* ***не менее 125 Гт в год.***

На каждого жителя Земли приходится по ***20 т техногенных отходов в год***. Естественно, что в расчете на каждого жителя городских промышленных

Поверхность земли испытывает самую значительную по массе и очень опасную антропогенную нагрузку. Если ***в атмосферу выбрасывается менее 1 млрд. т вредных веществ*** (без $C0_2$), а ***в гидросферу — около 15 млрд. т загрязнителей***, то ***на землю попадает ежегодно примерно 85-90 млрд. т антропогенных отходов***.

По некоторым оценкам, их общий объем к концу 90-х годов превысил ***1500 км^3***. В основном это пустая порода, извлеченные грунты. Но если даже преобладающая часть этого объема химически инертна, то для того, чтобы его разместить на земле, человек уничтожает природные экосистемы на значительной площади. Впрочем, отвалы пустой породы, скопления шлаков и шламов также являются источниками загрязнения воды и воздуха, так как

Каждой тонне мусора на стадии потребления соответствует 5 т отходов на стадии производства и 20 т при получении сырья.

На каждого жителя Земли приходится за год в среднем 0,15 т отходов потребления, 1,5 т продуктов производства, т.е. «отложенных» отходов и около 17 т отходов переработки сырья.

Существуют различные оценки ***опасности отходов***, загрязняющих землю. По разным критериям опасности только химического и бактериологического загрязнения почвы и грунтов ***ежегодно в мире образуется от 1 до 1,5 млрд. т вредных производственных и 400-450 млн. т вредных твердых бытовых отходов.***

Наиболее опасны те токсичные терраполлютанты, которые и геохимически, и биохимически достаточно подвижны и могут попасть в питьевую воду или в растения, служащие пищей для человека и сельскохозяйственных животных. Это в первую очередь соединения ***тяжелых металлов***, некоторые производные нефтепродуктов — ***полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)*** и соединения типа ***диоксинов***, а также разнообразные ***синтетические яды — биоциды***. Кроме них в связи с определенной вероятностью

Ресурсы пресной воды для организмов суши ограничиваются возобновляемыми запасами воды в почве, биомассе, реках и озерах. Их суммарный статический объем — ***около 200 тыс. км —*** составляет ***всего 0,014% общего количества воды на планете***. Хозяйственные эксплуатационные ресурсы пресной воды еще меньше, хотя включают и подземные воды.

Общий водохозяйственный потенциал ресурсов пресной воды оценивается в ***2,5-2,8 млн км^3/год***, а ***современные доступные эксплуатационные запасы*** — ***42 тыс. км^3/год***. Из них лишь ***14 тыс. км^3*** составляют ***устойчивую часть речного стока*** и ***2 тыс. км^3*** — ***мало минерализованные подземные воды.***

Около ***70% мирового водопотребления*** приходится на ***сельское хозяйство***, ***13%*** — на ***промышленность***, ***10%*** — на ***коммунально-бытовые нужды***, ***7%*** — на ***собственные нужды водного хозяйства*** (гидроэнергетика, судоходство, рыбное хозяйство и др.).

Только за 30 лет (1970-2000) ***площадь орошаемых земель*** в мире увеличилась со 170 млн. до ***275 млн. га***, а ***объем водозабора из природных источников*** — с 2600 до ***4000 км^3 в год*** (ФАО, 2001; ГЭП-3, 2004).

Главными источниками загрязнения природных вод и запасов воды служат:

1) ***сточные воды промышленных предприятий***;
2) ***сточные воды коммунального хозяйства городов***;
3) ***стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов***;
4) ***атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов и водосборных бассейнов***.

Кроме того, неорганизованный сток воды осадков (ливневые стоки, талые воды) загрязняет водоемы существенной частью техногенных терраполлютантов.

Антропогенное ***загрязнение гидросферы*** в настоящее время приобрело глобальный характер и существенно уменьшило доступные эксплуатационные

Общий объем промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых стоков достигает ***1300 км³*** (по некоторым оценкам до 1800 км³), в том числе ***около 600 км³ наиболее токсичных промышленных стоков***.

Для разбавления всего объема стоков требуется примерно 8,5 тыс. км³ воды, т.е. 20% полного и 60% устойчивого стока рек мира. По отдельным водным бассейнам антропогенная нагрузка гораздо выше средних глобальных значений.

Общая масса загрязнителей гидросферы огромна — около ***14 млрд. т в год***. В нее входят самые различные ингредиенты — от аэрогенных выпадений до затонувших судов.

К наиболее опасным ***загрязнителям воды*** — ***гидрополлютантам*** — относятся ***соли тяжелых металлов, фенолы и другие органические яды, нефтепродукты, пестициды, насыщенная бактериями биогенная органика, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), моющие средства, минеральные удобрения***. Кроме химического

Техногенные загрязнения воздушной среды насчитывают десятки тысяч различных веществ.

По объему эмиссии первое место занимает ***диоксид углерода — $C0_2$***. Но он не считается загрязнителем (не имеет класса опасности), хотя и создает существенную экологическую проблему. Наиболее распространенные, «многотоннажные» загрязнители — ***аэрополлютанты*** — сравнительно немногочисленны. Это различные ***твердые частицы (пыль, дым, сажа), окись углерода (CO), диоксид серы ($S0_2$), окислы азота (NO и $N0_2$), различные летучие углеводороды (CH_X), соединения фосфора, сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), хлор (Cl), фтористый водород (HF)***.

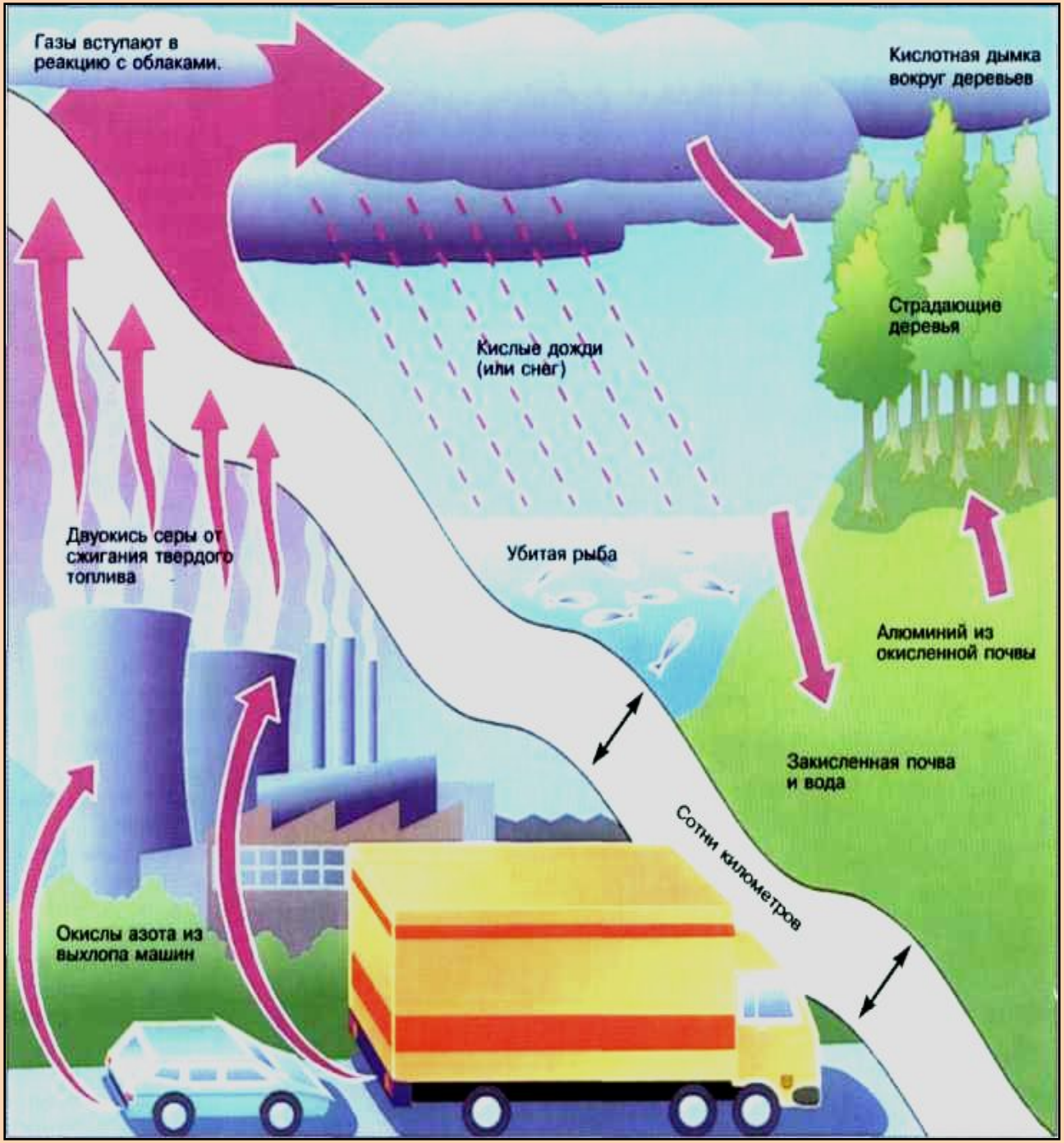
Общая масса выбросов от всех организованных источников составляет около ***800 млн. т***, в том числе в России — около 36 млн. т. Сюда не входят загрязнения воздуха при ветровой эрозии, лесных пожарах и вулканических извержениях, а также та часть вредных веществ, которая улавливается с

Источником ***кислотных осадков*** являются ***диоксид серы*** SO_2, образующийся при сжигании серосодержащего топлива, при переработке сульфидных руд металлов, а также ***окислы азота*** NO и NO_2, образующиеся при высокотемпературных процессах в промышленности и на транспорте. Вторичные реакции в атмосфере приводят к образованию сильных кислот:

$$2SO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2H_2SO_4$$

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4HNO_3; \quad 4NO + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 4HNO_3$$

Растворение кислот в атмосферной влаге приводит к образованию *«кислого тумана»* и выпадению *«кислотных дождей»*. pH осадков в ряде случаев снижается на 2-2,5 единицы. Это наносит вред растительности и водоемам, ухудшает качество питьевых источников воды.

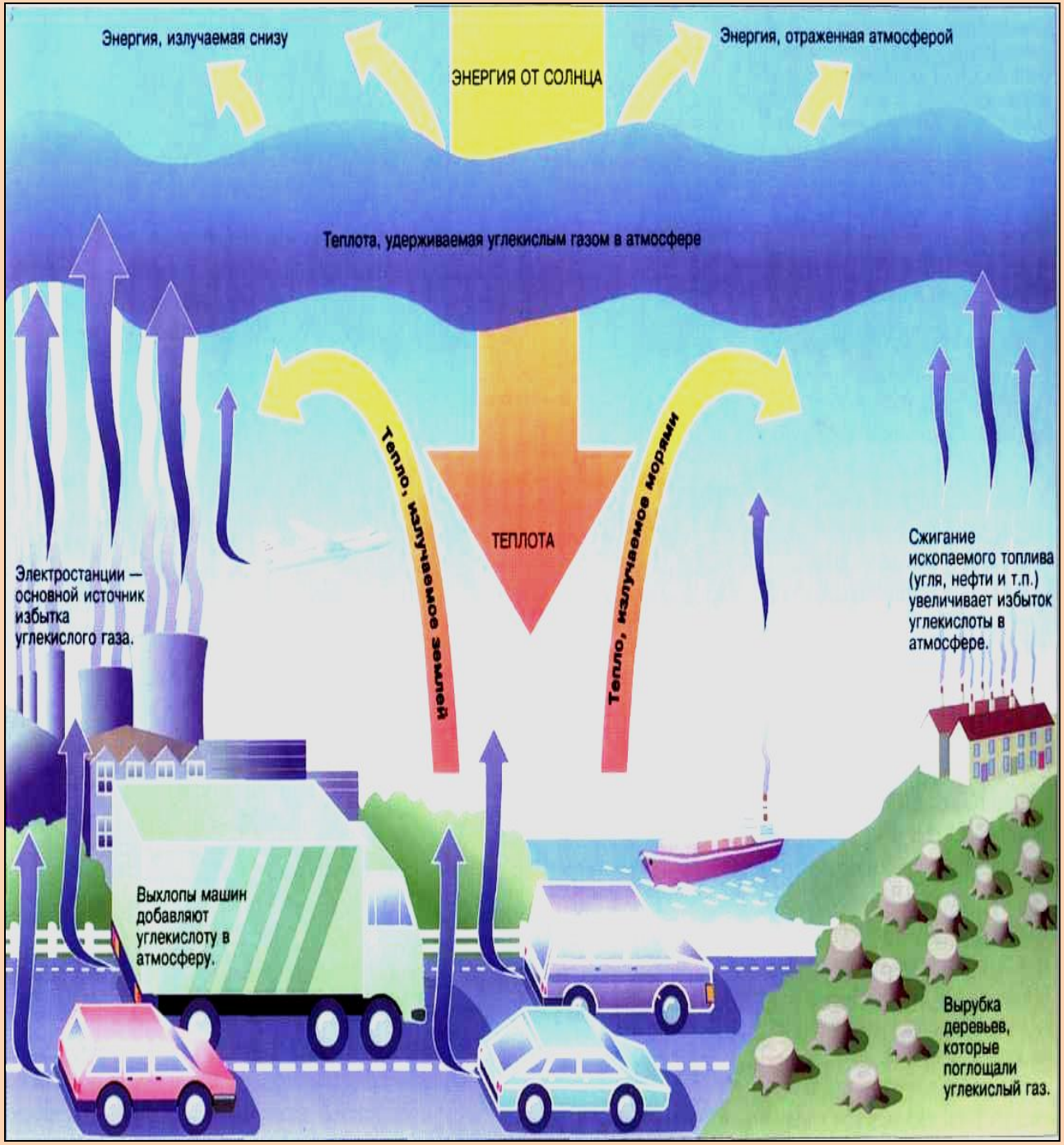


снег, туман) образуются при растворении в воде диоксидов серы и азота. Они вымывают из листьев растений белки, аминокислоты, сахар, калий, повреждают верхний защитный слой. Растворы кислот вымывают гумус, снижают количество жизненно важных солей кальция, калия и магния. Кислотные почвы бедны микроорганизмами, в них замедляется скорость деструкции опада и происходит значительное сокращение численности редуцентов. Кислотные дожди уничтожают громадные экосистемы, вызывают гибель растений и лесов, превращают озера и реки в безжизненные водоемы. В США за последние 100 лет кислотные дожди стали в 40 раз более кислыми, около 200 озер остались без рыбы, в Швеции 20% озер находятся в катастрофическом состоянии. Более 70% шведских кислых дождей вызвано выбросами других стран. Около 20% кислых дождей в Европе – следствие выбросов окислов серы в Северной

Эмиссии ряда техногенных загрязнителей считают причастными к нарушению ***озонового слоя*** атмосферы, поскольку попадающие в высокие слои атмосферы ***атомы хлора*** (в составе ***хлорфторуглеводородов***) и ***окислы азота*** мешают образованию озона, обладая повышенным сродством к атомарному кислороду:

$$Cl + 0_3 = ClO + 0_2$$
$$ClO + O = 0_2 + Cl$$
$$N0 + 0_3 = N0_2 + 0_2$$
$$N0_2 + O = N0 + 0_2$$

Не исключено, однако, что часть наблюдаемого ослабления озонового экрана Земли (образование «озоновых дыр») связана не с техногенными выбросами, а с колебаниями аэрохимических свойств атмосферы и независимыми изменениями климата



газы хорошо пропускают видимый свет и поглощают тепловое излучение планеты, вызывая общее потепление. Парниковый эффект на 50% обусловлен присутствием углекислого газа, 18% вносит метан и 14% – фреоны. В XX веке количество углекислого газа возросло в атмосфере на 25%, а метана – на 100%, что повысило среднюю температуру на 0,5 градусов. При сохранении такой тенденции в ближайшие 50 лет температура может подняться на 3–5 градусов. Расчеты показывают, что таяние полярных льдов приведет к повышению уровня Мирового океана на 0,5–1,5 м. В Египте будут затоплены 20–30% плодородных земель дельты Нила, под угрозой окажутся прибрежные селения и крупные города Китая, Индии, США. Общее количество осадков увеличится, но в центральных частях материков климат может стать более засушливым и пагубным для урожая, прежде всего – зерновых

Влияние состояния среды на здоровье людей

Связь показателей здоровья с загрязненностью окружающей среды. В сводке «Глобальная экологическая перспектива» (ГЭП-3, 2004) указывается, что неблагоприятные условия окружающей среды обусловливают от 25 до 33% заболеваний, регистрируемых в мире.

В 18% случаев причиной преждевременной смерти или заболевания жителей развивающихся стран становятся именно условия окружающей среды. Из них ***7%*** приходятся ***на проблемы с водоснабжением и канализацией***, ***4%*** — ***на загрязнения воздуха внутри помещений***, ***3%*** — ***на заболевания, вызванные переносчиками инфекций***, ***2%*** — ***на загрязнение воздуха в городах*** и ***1%*** — ***на воздействие отходов промышленности и сельского хозяйства***.

В масштабах всего мира около 7% всех случаев преждевременной смерти людей связаны с плохим качеством питьевой воды и проблемами санитарно-гигиенического обеспечения, а примерно 5% — с загрязнением воздуха. Ежегодно жертвами неблагоприятных факторов окружающей среды становятся 3 млн. детей, не достигших пятилетнего возраста. Согласно недавним подсчетам в 40-60% случаев причиной смерти являются острые респираторные инфекции, развившиеся на фоне неблагоприятных внешних условий, например, загрязнения воздуха взвешенными частицами. В США увеличение содержания взвесей в воздухе на 10 мкг/м^3 вызывает

В 66 городах России, где постоянно регистрировались значительные — в 10 раз и более — превышения ПДК вредных веществ в воздухе, уровень общей заболеваемости среди 40 млн. их жителей был выше среднего по городам страны в 1,6-2 раза.

При общем уровне онкологической заболеваемости в России в 1989 г. — 196 случаев на 100 тыс. заболеваемость раком всего городского населения составляла 268 случаев, а в экологически неблагополучных городах намного больше: в Нижнем Новгороде — 405, Архангельске — 414, Новочеркасске — 463, Норильске — 485, Екатеринбурге — 502, Кургане — 612 случаев. Заболеваемость раком легкого в промышленных центрах с наличием предприятий черной и цветной металлургии на 75% больше, чем в среднем по городам страны.

Жизнь четверти городского населения России протекает в экологически неблагополучной обстановке, связанной с загрязнением воздушного бассейна городов, а 3% городских жителей живут в условиях чрезвычайно опасного уровня загрязнения. Здесь следует лишь подчеркнуть, что ***постоянное 3-4-кратное превышение предела опасности, обусловленного ПДК важнейших поллютантов, приводит к переходу от эпизодической экопатологии к хронизации многих экогенных заболеваний и к проявлениям так***

Специфические техногенные экопатологии в отличие от острых отравлений развиваются в результате хронического воздействия малых, субкритических и обычно неощутимых доз техногенных загрязнителей. Вся биота экосферы, особенно той ее части, что преобразована человеком, — микроорганизмы, растения, животные, люди — в той или иной степени отравлена промышленными ядами.

Установлено, например, что скелет современного американца содержит свинца в 1000 раз больше, чем кости аборигенов Мексики в середине первого тысячелетия. В молоке женщин многих стран могут быть обнаружены следы ДДТ. Волосы, ногти и молочные зубы детей в промышленных районах Земли содержат свинец, кадмий, а иногда и следы стронция-90.

Однако все чаще возникают ситуации, когда обнаруживаются более или менее ясные симптомы специфических патологий, обусловленных хроническим действием малых концентраций техногенных поллютантов. Это действие тесно связано с переносом вредных веществ из внешней среды во внутреннюю среду организма с последующей более или менее длительной задержкой части этих веществ и их постепенным накоплением.

Биоаккумуляция какого-нибудь агента оценивается **коэффициентом накопления**:

$$К_{ав} = С_{орг}/С_{ср}$$

т.е. отношением стабилизированной концентрации вещества в организме ($С_{орг}$) к концентрации его в окружающей его среде ($С_{ср}$). Коэффициенты накопления связаны с *биофильностью* элементов или их соединений и сильно зависят от сходства или различий фазовых состояний внешней и

Тяжелые металлы (ТМ). Все ТМ в той или иной степени ядовиты. К ним относят обычно ***элементы с атомной массой более 50 и плотностью более 5 г/см^3***, хотя в число токсичных металлов входит и легкий бериллий.

По токсичности, присутствию в современной окружающей среде и вероятности попадания в живые организмы может быть выделена ***приоритетная группа ТМ***: ***свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, медь, цинк, хром, никель***.

Несколько меньшее значение имеют ***таллий, висмут, олово, ванадий, сурьма, марганец, кобальт, молибден*** и ***селен***. За исключением указанной выше небольшой группы «биофильных», все эти металлы токсичны, по крайней мере по отношению к высшим животным и человеку и представляют собой ***политропные яды***. Они попадают в организм с пищей, водой, при вдыхании загрязненного воздуха и в зависимости от химической формы их соединений с той или иной скоростью иногда довольно быстро выводятся из организма. Но незначительная их часть задерживается в органах и тканях, вступая в соединение с биогенными элементами и радикалами. Так как эти соединения не участвуют в нормальном обмене веществ и для большинства из них характерны длительные периоды полувыведения (от месяцев до десятков лет), происходит постепенное накопление ТМ, которое ведет к различным поражениям и тяжелым хроническим

Свинец при определенном уровне накопления способен поражать ***систему кроветворения, нервную систему, печень, почки***. Хронические отравления свинцом известны с глубокой древности в форме «сатурнизма» — слабости, малокровия, кишечных колик, нервных расстройств. Свинец может накапливаться в скелете, замещая кальций. Широкое распространение свинца в современной техносфере (промышленные эмиссии, выхлопы автомобилей, краски, изделия и т.п.) и невозможность вторичного использования его значительной части создают многочисленные свинцовые аномалии в селитебной среде. Поступая в организм с водой, вдыхаемым воздухом или пищей, свинец образует соединения с органическими веществами. Эти соединения *нейротропны* и способны вызывать энцефало- и нейропатии. Особенно опасны скрытые хронические отравления свинцом у детей, проявляющиеся в виде неврологических расстройств, нарушений психомоторики и деконцентрации внимания.

Ртуть из почвенных аномалий проходит по трофическим цепям и попадает в организм человека с пищей или другим путем. Больше всего ее накапливается в ***печени и почках***, приводя к ***нарушениям обмена веществ и выделительной функции***. Ртуть легко метилируется и связывается с сульфгидрильными группами белков. Эти соединения также нейротропны. Найдено, что повышенное содержание метилртути в теле беременных женщин приводит к явлениям церебрального паралича и задержке психомоторной активности у родившихся детей.

В середине 50-х годов у жителей рыбачьих поселков на берегу бухты Минамата в Японии возникло заболевание, выражавшееся в нарушениях органов чувств и поведения *(«**болезнь Минамата**»).* Более 60 человек умерли. Из деревень исчезли кошки. Позднее было установлено, что первичной причиной болезни была метилртуть, попадавшая в морскую воду со стоками химической фабрики. Соединение накапливалось в морских организмах и рыбе, потребляемых жителями. Лишь в 1997 г. был снят карантин с бухты

Кадмий по механизму внедрения в организм сходен с ртутью, но задерживается в органах намного дольше. Он ***вытесняет кальций и замещает цинк в составе биомолекул***, что приводит к нарушению важных энзиматических реакций. Токсичность кадмия снижается в присутствии ионов цинка. Накапливаясь ***в печени и почках***, кадмий вызывает почечную недостаточность и другие нарушения. Из организма кадмий выводится очень медленно.

В 40-60-х годах сильное техногенное загрязнение кадмием воды и почвы рисовых полей в одном из районов Японии вызвало массовое заболевание местных жителей, выражавшееся в сочетании острого нефрита с размягчением и деформациями костей (болезнь *«**итай-итай**»).* У детей хроническое отравление кадмием вызывает нейропатии и энцефалопатии, сопровождающиеся, в частности, нарушениями речи.

Мышьяк является ***сильным ингибитором ряда ферментов*** в организме и способен вызывать острые отравления. Совокупность симптомов, обусловленных постепенным отравлением людей соединениями мышьяка в коксохимическом производстве Италии, получила в 60-х годах название болезни *«**чизолла**».*

Хроническое действие малых доз соединений мышьяка способствует возникновению ***рака легких и кожи***, так как мышьяк сильно повышает чувствительность слизистых к другим канцерогенам, а кожных покровов — к ультрафиолетовым лучам.

Тератогенные эффекты мышьяка проявляются в расщеплении неба («***волчья пасть***»), микроофтальмии, недоразвитии мочеполовой системы.

На территории Бангладеш зафиксировано выщелачивание мышьяка из обогащенных этим элементом осадочных пород и поступление его в подземные воды. В результате более четверти из 4 млн. скважин в стране характеризуются опасными концентрациями мышьяка в воде. Без малого 75 млн. человек находятся под угрозой отравления мышьяком, следствиями которого могут стать рак кожи, дисфункция почек и печени, респираторные заболевания и преждевременная смерть. Около 24 млн. жителей

Техногенные органические ксенобиотики. В эту очень большую группу различных опасных веществ входят агенты, которые при локальном влиянии относительно высоких концентраций, связанном с авариями или военными действиями, могут вызывать острые отравления и гибель людей (***диоксины, полихлорбифенилы, некоторые фосфорорганические соединения***). Рассеянное присутствие их в среде в микроколичествах, как и других органических ксенобиотиков, вызывает при хроническом действии целый спектр экопатологий. Кроме указанных супертоксинов, в эту группу входят ***пестициды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорированные фенолы, ароматические амины, некоторые мономеры пластмасс, полимерные материалы*** и другие синтетические органические вещества. Большинство из них — это ***стабильные и высококумулятивные агенты***. Обладая большим сродством к органическим компонентам живых организмов, они ***легко передаются по трофическим цепям со значительными коэффициентами накопления***. Поскольку многие из них гидрофобны (плохо растворяются в воде), они накапливаются преимущественно в жировой ткани и фосфолипидах клеток, присоединяют активные радикалы, некоторые способны вторгаться в структуру ДНК. Этим обусловлены их

Пестициды. В 40-х годах прошлого столетия ***для уничтожения вредных (с точки зрения человека) организмов*** начали широко применять синтетические органические соединения — *пестициды*. В зависимости от объекта назначения их подразделяют на ***инсектициды, гербициды, фунгициды, дефолианты, десиканты*** и др. Ни один из этих химикатов не обладает абсолютной избирательностью и представляет угрозу для других групп организмов, в том числе для людей. Даже сравнительно мало токсичные пестициды не подвергаются ферментативному разложению. Никакие организмы не располагают соответствующими механизмами детоксикации.

Применение пестицидов вызывает целый ряд проблем:

1) приспосабливаемость и развитие устойчивости вредителей к применяемым препаратам;

2) восстановление и вторичные вспышки численности вредителей, повышение их агрессивности;

3) рост затрат на применение в возрастающих дозах все новых и более дорогих пестицидов;

4) отрицательное воздействие на природную среду и здоровье человека.

Несмотря на многомиллиардные затраты на производство и применение пестицидов, потери урожая от вредителей не уменьшились. Насекомые приспосабливаются к ядам гораздо быстрее, чем разрабатываются новые препараты. Устойчивость некоторых генетических модификаций вредителей в сотни раз выше, чем у исходных форм. Уже не существует эффективных средств против таких вредителей, как колорадский жук, совка, капустная моль. К настоящему времени зарегистрировано более 500 видов насекомых, у которых возникла невосприимчивость к пестицидам

В результате загрязнения почвы и заражения биосферы гибнут целые популяции полезных насекомых, рыб, птиц и других животных. По данным ВОЗ ***отравление пестицидами каждый год поражает в мире до 2 млн. человек и уносит до 40 тыс. человеческих жизней***.

В районах особенно широкого применения пестицидов (зоны массированной обработки агроценозов, в частности, районы хлопкосеяния в Латинской Америке, Индии, Средней Азии) в 60-70-х годах наблюдались эпидемические проявления. Гербициды и инсектициды, в структуру которых входят эпоксидные, фосфатные и диазорадикалы, вызывали многочисленные случаи эмбриотоксического действия — гибель эмбрионов на ранних стадиях, выкидыши, преждевременные роды, высокую смертность новорожденных и детей до года, уродства. По данным экспериментов на животных, многие пестициды обладают высокими ***индексами мутагенности***. На основании исследований ядер клеток человека с достаточной надежностью установлена мутагенность ряда пестицидов — линдана, хлортена, купрозана и др. Рост числа раковых заболеваний обычно не связывают с распространением и прямым действием пестицидов, но установлено, что некоторые пестициды в организме участвуют в образовании или способствуют образованию канцерогенных N-

Полициклические (конденсированные) ароматические углеводороды **(ПАУ)** — группа веществ, среди которых как раз есть сильные канцерогены прямого действия. В первую очередь это очень широко распространенный ***бенз(а)пирен***, а также ряд ***дибензпиренов***, некоторые ***бензфенантрены***, ***фураны*** и другие вещества, являющиеся побочными продуктами нефтехимии и производства синтетического каучука. Во многих исследованиях показана высокая корреляция между присутствием в среде бенз(а)пирена и ряда сходных соединений с заболеваемостью различными формами рака, в особенности рака легких.

Полихлорированные ароматические углеводороды — ПХБ, хлорированные бензофураны и др., попадавшие в следовых количествах в пищевое рисовое масло в Японии в 1968 г. и на Тайване в 1979 г. вызывали эндоэкологические эпидемии, сопровождавшиеся поражениями печени и почек («***болезнь Юшо***») и ростом злокачественных новообразований во внутренних органах.

Особо опасные токсиканты. С развитием нефтехимии, оргсинтеза, и особенно с производством и применением пестицидов связано появление в окружающей среде еще одной группы крайне ядовитых веществ — ***диоксинов***. Один из диокиснов — ***2,3,7,8-тетрахлорбензопарадиоксин*** (ТХДД) — занимает 5-е место в ряду самых сильных из известных ядов. Предполагается, что максимальная недействующая доза этого вещества для человека не превышает $10^{\sim 6}$ мкг/кг.

Известно около 200 сходных сверхтоксичных соединений, относящихся к классам полихлорированных дибензодиоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ). Диоксины очень стойки: в почве они сохраняются 10-20 лет; период полувыведения у человека — несколько месяцев. Известны случаи заболеваний и гибели людей, связанные с диоксинами.

Применение американской армией во Вьетнаме дефолианта «оранж», содержащего ТХДД, вызвало заболевания более 2 млн жителей в долине Меконга.

Диоксины могут образовываться при сжигании угля, мусора, особенно пластмасс, а также в двигателях

Ежегодно в мире производится около 500 млн. т опасных отходов. Ими загрязняются значительные земельные площади и водоемы. Опасные отходы называют «бомбой замедленного действия» в силу их кумулятивного воздействия на окружающую среду. При их складировании происходят многочисленные вторичные химические процессы, и в среду поступают не только известные токсиканты, но и совершенно новые, непредсказуемые по своему воздействию на человека и экосистемы вещества.

Установлено, например, что в шламах азотного производства при некоторых условиях образуется целый букет ***нитрозаминов*** — сильнейших мутагенов и канцерогенов. В промышленных зонах вблизи больших городов скопления отходов вместе с аэрогенными выпадениями образуют значительные *техногенные геохимические аномалии* многих металлов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), которыми загрязняются не только почвы, грунты, но и растительность и

Виновником чрезвычайно опасных загрязнений на территории России является *военно-промышленный комплекс* (ВПК). Производство и испытания оружия, многочисленные склады вооружений, в том числе химического оружия, и связанные с ними аварии, взрывы, утечки, случаи неправильного обращения позволили говорить о «Необъявленной химической войне в России».

Некоторые элементы ракетных топлив и боевые отравляющие вещества являются ***супертоксикантами***. Еще до войны 1941-1945 гг. были налажены разработка и производство ОВ; в предвоенные и военные годы существовало не менее 28 складов ОВ, которые во многих местах страны оставили стойкие «пятна» иприта. После войны, несмотря на полное отсутствие стратегической необходимости, производство ОВ значительно расширилось. По состоянию на 1994 г. существовало 12 мощных предприятий по производству ОВ и 7 крупных арсеналов хранения, на которых были многочисленные случаи нарушений техники безопасности, утечек, массового отравления, заболеваний и гибели людей, загрязнения земли и водоемов, образования химических пустошей. Большое количество устаревших ОВ «первого поколения» (иприт, люизит и др.) уничтожалось методом открытого сжигания или сливом в водоемы. Со времен первой и второй мировых войн *на дне Балтийского моря лежат тысячи химических снарядов*. До сих пор на огромных складах в снарядах, бомбах, боеголовках ракет лежат десятки тысяч тонн ОВ «второго поколения», преимущественно нервно-паралитического действия (зарин, зоман, V-газ и др.), также давно превысившие сроки безопасного хранения. Все базы расположены в непосредственной близости (0,5–1,5 км) от жилых поселков. Весь этот комплекс обладает колоссальным потенциалом отсроченной катастрофы.

Аллергены. Выбросы в атмосферу многих техногенных загрязнителей, в том числе и некоторых из перечисленных выше, а также микроэмиссии ряда полимерных и других материалов в быту могут вызывать массовые *аллергические заболевания,* часто переходящие в хронические формы астмы, бронхитов, ринитов, дерматитов. Особенно опасны выбросы предприятий микробиологической промышленности, содержащие белки, глюкопротеиды и другие высокомолекулярные органические соединения. Некоторые выбросы химических предприятий, даже если они не превышают допустимых норм, при длительном действии могут приводить к обострению патологий другого происхождения. Так, слабые загрязнения воздуха ***аммиаком*** и ***ароматическими углеводородами*** усиливают ***полинозы*** и ***микозы*** — аллергические заболевания, вызываемые пыльцой растений или микроскопическими грибками.

Из других патогенных агентов следует назвать ***нитраты и нитриты.*** Существенным фактором загрязнения среды является химизация сельского хозяйства. Даже минеральные удобрения при неправильном их применении способны наносить экологический ущерб при сомнительном экономическом эффекте. Высокие дозы азотных удобрений являются одной из причин накопления в растениях нитратов. Сами по себе они не очень токсичны. Но при употреблении растительных продуктов в пищу содержащиеся в них нитраты под действием микрофлоры кишечника восстанавливаются в нитриты, которые во много раз токсичнее.

Повышенная концентрация сильного окислителя нитрит-иона вызывает *метгемоглобинемию,* сопровождающуюся нарушением кислородотранспортной функции крови и особенно опасную в детском возрасте. Кроме этого соединение нитритов с некоторыми лекарственными аминами и производными мочевины может приводить к образованию ***N-нитрозаминов*** — сильных канцерогенов и мутагенов.

Профессиональные заболевания химической этиологии очень разнообразны. Кроме высокой вероятности заболеваний на предприятиях оргсинтеза, биологической и фармацевтической промышленности, следует выделить ***пневмокониозы*** — группу хронических профессиональных заболеваний легких, обусловленных длительным вдыханием производственной пыли минеральной природы. Такое вдыхание ***оксидов железа*** у работников металлургии вызывает ***сидероз***, вдыхание ***угольной пыли*** шахтерами часто приводит к ***антракозу***, ***вдыхание пыли, содержащей силикаты***, вызывает ряд ***силикатозов***: ***силикоз*** при воздействии кремнезема, ***талькоз*** при воздействии талька, ***асбестоз*** при воздействии асбеста и др. ***Асбест***, широко применяемый в строительстве и технических изделиях, вошел также в число опасных канцерогенов, хотя связанные с его присутствием в воздухе заболевания раком легких регистрируются в основном в сфере

Радиационное загрязнение антропосферы обусловлено появлением в XX в. ***искусственных источников радиации***, представляющих большую потенциальную опасность. Этот потенциал на много порядков больше ***естественного радиационного фона***, к которому адаптирована вся живая природа. Фон создается рассеянной радиоактивностью земной коры, проникающим космическим излучением. В недавнем прошлом он составлял 8–9 микрорентген в час (мкР/ч), что соответствует ***среднегодовой эффективной эквивалентной дозе*** (ЭЭД = H_D) для жителя Земли в 2 миллизиверта (мЗв). Рассеянная радиоактивность обусловлена наличием в среде следовых количеств природных радиоизотопов с периодом полураспада более 10^5 лет (в основном урана и тория), а также ^{40}K, ^{14}C, ^{226}Ra и ^{222}Rn. Радон в среднем дает до 50% естественного фона облучения наземной биоты. Указанный уровень фона был характерен для доиндустриальной эпохи и в настоящее время несколько повышен техногенными источниками радиоактивности — в среднем до 11–12 мкР/ч при среднегодовой ЭЭД в 2,5 мЗв.

Эту «прибавку» обусловили:

- технические источники проникающей радиации (медицинская, диагностическая и терапевтическая рентгеновская аппаратура, радиационная дефектоскопия, источники сигнальной индикации и т.п.);
- извлекаемые из недр минералы, топливо и вода;

С 1945 по 1996 г. США, СССР, Англия, Франция и Китай произвели в надземном пространстве более 400 ядерных взрывов. В атмосферу поступила большая масса сотен различных радионуклидов, которые постепенно выпали на всей поверхности планеты. Их глобальное количество почти удвоили ядерные катастрофы, произошедшие на территории СССР.

Долгоживущие радиоизотопы (особенно *цезий-137* и *стронций-90*) и сегодня продолжают излучать, создавая приблизительно 2%-ную добавку к фону радиации. Последствия атомных бомбардировок, ядерных испытаний и аварий еще долго будут сказываться на здоровье облученных людей и их потомков. Суммарная ожидаемая коллективная (глобальная) ЭЭД от всех ядерных взрывов и аварий составляет в настоящее время 28 млн. чел.-Зв. К 2000 г. человечество получило лишь 20% этой дозы. Остальную часть оно будет получать еще тысячи лет.

Радиационные загрязнения, связанные с технологически нормальным ядерным топливным циклом, имеют локальный характер и доступны для контроля, изоляции и предотвращения эмиссий. Эксплуатация объектов атомной энергетики сопровождается незначительным радиационным воздействием. Оно гораздо меньше, чем, например, радиационные эмиссии обогатительных предприятий угольной и металлургической промышленности. Нераспространение, а затем и ликвидация ядерного оружия и достижение высокого уровня радиационного

Радиационные поражения вызываются внешним ионизирующим облучением и попаданием радионуклидов внутрь организма.

В зависимости от величины и состава поглощенной дозы обучения различают степени радиационного поражения, тяжести лучевой болезни и отдаленных последствий облучения. При больших дозах кратковременного облучения порядка 800 Р и выше наблюдается крайне тяжелая форма острого лучевого поражения, приводящая к летальному исходу (Хиросима и Нагасаки; испытания ядерного оружия с участием людей, находившихся в зоне поражения; группа персонала и пожарников в первые часы аварии на ЧАЭС).

Тяжелые формы лучевой болезни при сублетальных дозах имеют следующие проявления:

- поражается кроветворная система костного мозга, в крови снижается количество нейтрофилов и тромбоцитов;
- развивается геморрагический синдром, обусловленный ломкостью капилляров и пониженной свертываемостью крови;
- нарушение процессов всасывания и кровоизлияния слизистой резко ухудшают работу кишечника;
- развивается радиационная геморрагическая пневмония, расстраивается дыхание и работа сердца;
- при попадании в организм радиоактивного йода нарушается

Пострадиационные эффекты включают различные некротические явления, нарушения иммунитета, гормональных и репродуктивных функций. Возникают эндогенные радиотоксины, вызывающие развитие аутоаллергических реакций. Практически все эти симптомы в той или иной степени сопровождают и более легкие формы радиационного поражения, включая хронические. Их последствия часто выступают как медленно текущие вторичные патологии, связанные с развитием лейкозов, злокачественных опухолей, бесплодия, нервными и психическими расстройствами и повышенной смертностью от совокупности этих нарушений.

Поражения, обусловленные физическим загрязнением.

Действие ***вибрации*** на организм человека зависит от ее физических параметров, дозы, места приложения, а также от биомеханических свойств человеческого тела как колебательной системы. Особенно опасны вибрации, резонансные с отдельными частями или органами тела. Общая вибрация оказывает неблагоприятное действие на ***нервную и сердечно-сосудистую системы, нарушает обмен веществ, вызывает изменения в вестибулярном аппарате***. Длительное влияние интенсивных вибраций в сочетании с сопутствующими неблагоприятными факторами (охлаждение, шум, большие мышечные нагрузки и нервно-эмоциональное напряжение) может приводить к стойким патологическим нарушениям в организме человека и развитию опасного, трудно излечимого заболевания — ***виброболезни***.

Воздействие ***шума*** носит комплексный характер. Шум ***угнетает центральную нервную систему, повышает утомляемость и снижает умственную активность, приводит к психологическим стрессам, неврозам, возникновению гипертонии, ослаблению иммунитета, ухудшению зрения***. Обследование детей младшего школьного возраста, проведенное в районах аэропортов, выявило ухудшение умственной работоспособности на 10-46%, увеличение заболеваемости органов дыхания на 6-13%, нервной системы — на 26-27%.

Инфразвуковые колебания также оказывают неблагоприятное действие на организм. При частотах порядка 6-10 Гц и при уровнях звукового давления от ПО до 150 дБ наблюдаются как неприметные субъективные ощущения, так и реактивные ***изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах***. Известно влияние инфразвука на вестибулярный анализатор и снижение слуховой чувствительности. Кроме того, возникает утомление, снижаются внимание и работоспособность, отмечаются жалобы на сонливость, головные боли и головокружение; может появиться чувство растерянности и страха.

Все большие контингента населения охватываются неблагоприятными воздействиями ***электромагнитных полей***.

Особенно сильные изменения в электромагнитной среде человека, получившие название «***микроволнового смога***», связаны с мощными источниками радиоизлучений сверхвысокочастотного диапазона — радиолокационными и радиорелейными станциями.

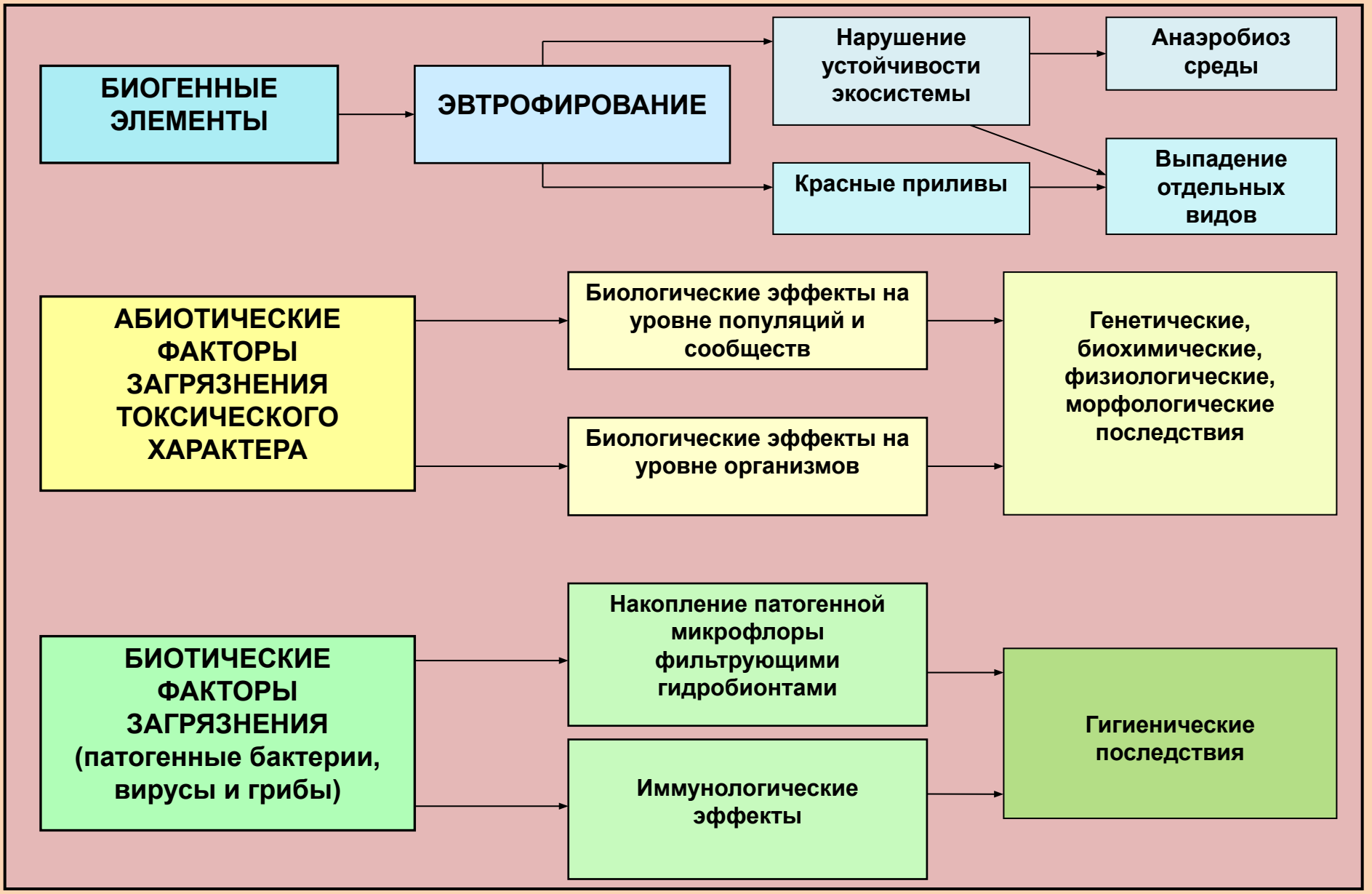
Кратковременное воздействие на организмы ЭМП радиочастотного диапазона связано в основном с их тепловым и аритмическим эффектом. Тепловой эффект возникает вследствие поглощения энергии ЭМП. В случае превышения *теплового порога* (при ППЭ > > 10 мВт/см^2) организм не справляется с отводом избыточной теплоты, и температура тела повышается.

Хроническое действие ЭМП небольшой интенсивности (ППЭ < 1 мВт/см^2), не дающее явного теплового эффекта, приводит к различным ***нервным и сердечно-сосудистым расстройствам*** (головная боль, быстрая утомляемость, ухудшение самочувствия, изменение пульса и кровяного давления).

На ранних стадиях нарушения здоровья носят, как правило, обратимый характер. Однако ***многолетнее постоянное воздействие высокочастотного ЭМП вызывает серьезные хронические заболевания с поражениями нервной, сердечно-сосудистой и кроветворной систем***. Изменения со стороны центральной нервной системы в одних случаях квалифицируют как астеновегетативный синдром, в других — как гипоталамические расстройства в виде диэнцефального синдрома. В сердечно-сосудистой системе изменения часто имеют характер нейроциркуляторной дистонии гипертонического типа с прогрессирующей коронарной недостаточностью. В картине

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ИНГРЕДИЕНТНОЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ
БИОЦЕНОТИЧЕСКОЕ
СТАЦИАЛЬНО-ДЕСТРУКЦИОННОЕ
МИНЕРАЛЬНОЕ
ОРГАНИЧЕСКОЕ
Продукты сгорания ископаемо-го топлива
Продукты сгорания в ДВС
Бытовые стоки и мусор
Отходы химических произ-водств
Пестициды и агро-химикаты
Микро-биологические препараты
Аварийные сбросы в акватории
Отходы пищевой промышлен-ности
Шахтные отвалы и терриконы
Нефтедобыча и нефте-разработка
Отходы животно-водства
Отходы металлур-гии
Прочие
Прочие
Комплексный фактор беспокойства
Нарушение баланса популяций
Случайная и направленная интродукция и акклиматизация видов
Нерегулируемый сбор, отлов, отстрел, браконьерство
Вырубки лесов
Эрозия почв
Зарегулирова-ние водотоков
Осушение земель
Карьерная разработка ископаемых
Урбанизаци я
Дорожное строительство
Пожары (лесные, степные)
Прочие формы, связанные с разрушением и преобразованием экосистем
Перепромысел
Тепловое
Шумовое
Световое
Радиационное
Электромагнитное
Информационное

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

НЕГАТИВНЫЕ

- Затопление значительных площадей плодородных земель
- Изменение режима подземных вод (засоление, заболачивание и др.)
- Переработка берегов водохранилища (активизация оползней, карста и др.)
- Активизация сейсмической деятельности
- Подтопление прилегающей территории

ПОЗИТИВНЫЕ

- Увеличение устойчивости речного стока
- Снижение разрушительных последствий паводков
- Аккумулирование стока воды для целей мелиорации
- Снижение процессов зарастания озер, лиманов и заливов в устьях рек

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗРАБОТКИ НЕДР

ЛИТОСФЕРА	Изменение рельефа местности (карьеры, терриконы, отвалы и др.)
	Активизация опасных геологических процессов (карст, оползни) оседание и сдвижение горных пород
	Изменение физических полей, особенно в районах вечной мерзлоты
	Химическое загрязнение почв, механическое нарушение почв
ГИДРОСФЕРА	Истощение водоносных горизонтов и ухудшение качества подземных и поверхностных вод
	Снижение расходов малых рек, чрезмерное осушение болот, почв и горных пород
АТМОСФЕРА	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами метана, серы, оксидов углерода из горных выработок
	Газовыделение и горение отвалов, терриконов (выделение оксидов азота, серы, углерода) газовые и нефтяные пожары
	Выбросы пыли при взрывах в карьерах, обогащение пыли рудными элементами
ЖИВОТНЫЙ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР	Вырождение растительности, гибель рыбы из-за ухудшения качества поверхностных вод при водоотливах и сбросе сточных вод
	Нарушение растительного покрова при строительстве карьеров, захоронение травяного покрова под отвалами, терриконами и пр.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ И ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ ОПУСТЫНИВАНИЯ

ПРИРОДНЫЕ

- Неблагоприятные метеоусловия (длительные засухи)
- Засоление почв
- Преобладание легких (супесчано-суглинистых) почв
- Снижение уровня подземных вод (опускание базиса эрозии)
- Ветровая и водная эрозия

АНТРОПОГЕННЫЕ

- Сведение лесов (вырубка деревьев, кустарников)
- Чрезмерная нагрузка на пастбища (перевыпас)
- Интенсивная распашка, ускоренная дефляция (выдувание) и засоление почв
- Нерациональное водопользование, падение уровня грунтовых вод
- Выжигание прошлогодней сухой травы

Экологические кризисы в развитии биосферы и цивилизаций
(по Н.Ф. Реймерсу, 1992 с изменениями)

Название кризиса	Время	Причины кризиса	Пути выхода из кризиса
Предантропогенный	3 млн. лет назад	Наступление засушливого периода (аридизация климата)	Возникновение прямоходящих антропоидов
Обеднения ресурсов собирательства и промысла для человека	30–50 тыс. лет назад	Недостаток доступных первобытному человеку ресурсов	Простейшие биотехнические мероприятия типа выжигания растительности для обновления экосистем
Перепромысла крупных Животных (кризис консументов)	10–50 тыс. лет назад	Уничтожение доступных крупных животных человеком-охотником	Переход к примитивному земледелию, скотоводству (неолитическая революция)
Примитивного поливного земледелия	1,5–2 тыс. лет назад	Примитивный полив и сопутствующие ему истощение и засоление почв	Переход к неполивному (богарному) земледелию
Недостатка растительных ресурсов и продовольствия (кризис продуцентов)	150–250 тыс. лет назад	Истощительное землепользование, отсталые технологии	Промышленная революция, новые технологии в сельском хозяйстве
Глобального загрязнения среды и угрозы истощения ресурсов (кризис редуцентов)	30–50 тыс. лет назад и по настоящее время	Истощительное природопользование, многоотходные технологии	Энергосберегающие технологии, безотходное производство, поиск экологически приемлемых решений
Глобальный термодинамический (теплового загрязнения)	Начался и прогнозируется	Выделение в среду большого количества тепла, особенно из внутренних источников, парниковый эффект	Ограничение использования энергии, предотвращение парникового эффекта, поиск решений
Глобального исчерпания надежности экологических систем	Первые признаки и прогноз	Нарушение экологического равновесия в масштабах планеты	Приоритет экологических ценностей перед всеми другими, поиск решений

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

АКТИВНЫЕ

- Малоотходные ресурсосберегающие технологии
- Повышение замкнутости техногенных ресурсных циклов (оборотные, циркуляционные системы)
- Снижение интенсивности вредных факторов в источниках возникновения
- Экологизация производства и формирование сбалансированных ПТС

ПАССИВНЫЕ

- Рациональное размещение источников загрязнения
- Локализация источников загрязнения
- Защита от вредных факторов на пути их распространения
- Очистка техногенных эмиссий в биосферу
  - Очистка выбросов в атмосферу
  - Очистка сточных вод
  - Утилизация и обезвреживание твердых отходов

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ БИОСФЕРЫ

Организационно-технические мероприятия

- Соблюдение технологического регламента
- Очистка газов и сточных вод
- Контроль и обеспечение исправности оборудования
- Переход на непрерывные процессы
- Укрупненные производства
- Рекуперация и регенерация ценных продуктов и отходов
- Замена техпроцесса и оборудования
- Применение контрольно-измерительных приборов

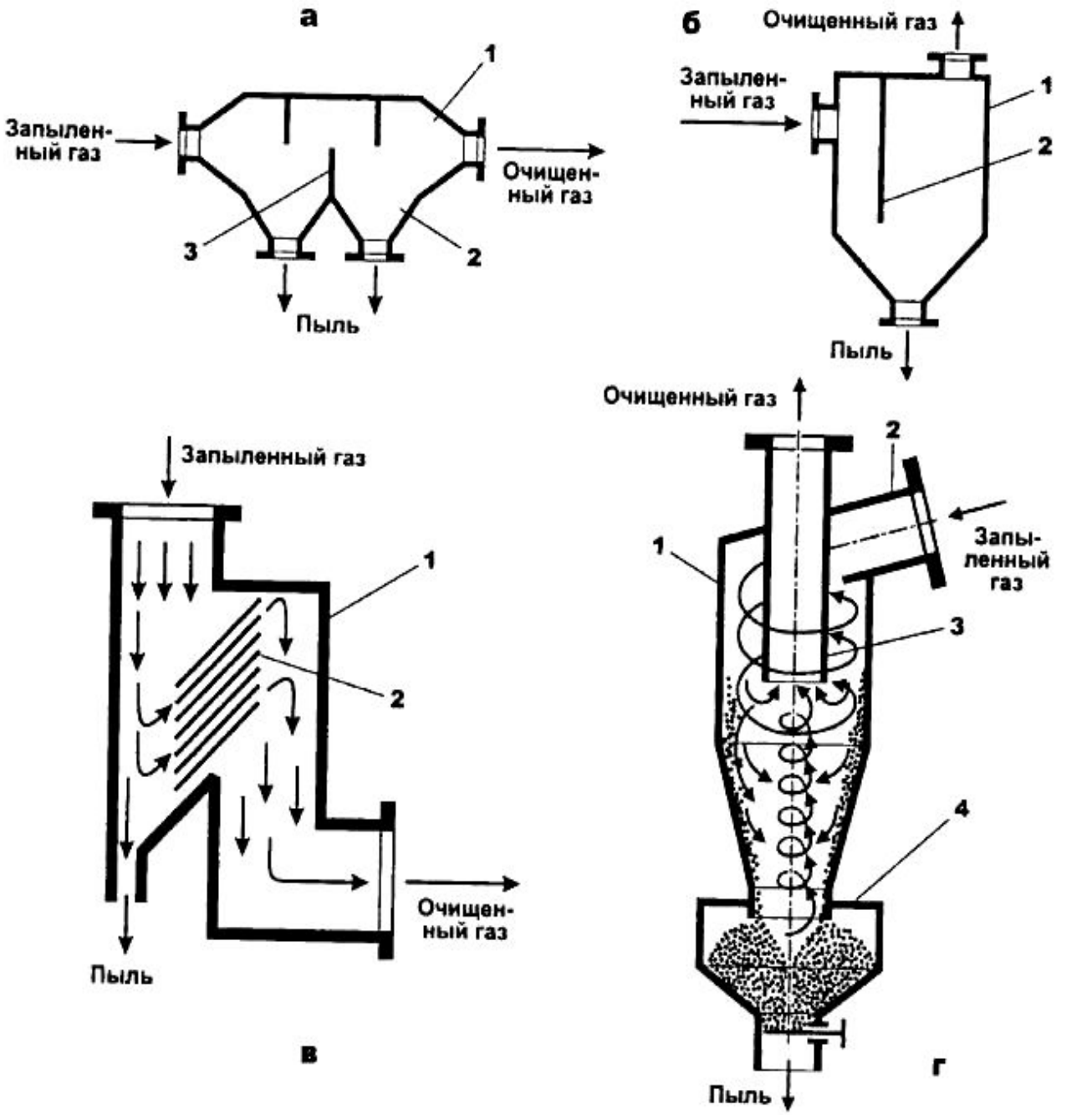
Технологические мероприятия – управление параметрами технологических процессов

- физическими характеристиками
- временем протекания процессов
- скоростью процесса
- температурой ведения процесса
- давлением в аппаратах
- влажностью материалов
- площадью поверхности материалов

- управление химическими процессами
- применение нетоксичных реагентов
- обеспечение полноты протекания химических реакций
- перевод химикатов в более стойкие формы

ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- **Аппараты сухой очистки**
  - Циклоны
  - Пылеосадительные камеры
  - Жалюзийные пылеулавливатели
  - Ротационные пылеулавливатели
  - Дымососы и золоулавители
- **Аппараты мокрой очистки**
  - Полые скрубберы
  - Скрубберы Вентури
  - Насадочные скрубберы
  - Барбатажные и пенные скрубберы
  - Ударно-инерционные аппараты
  - Центробежные скрубберы
  - Скоростные скрубберы
- **Аппараты фильтрационной очистки**
  - Волокнистые фильтры
  - Мокрые фильтры туманоулавители
  - Воздушные фильтры
  - Тканевые фильтры
  - Зернистые фильтры
- **Аппараты электро-фильтрационной очистки**
  - Сухие электрофильтры
  - Мокрые электрофильтры
  - однозонные
  - двухзонные
  - горизонтальные
  - вертикальные
  - пластинчатые
  - трубчатые
  - однопольные
  - многопольные



Пылеулавливающие аппараты сухой очистки

(по Т. А. Акимовой, А. П. Кузьмину, В. В. Хаскину, 2007)

а – пылеосадительная камера:

1 – корпус;
2 – бункер;
3 – перегородка;

б – инерционный пылеуловитель:

1 – корпус;
2 – перегородка;

в – жалюзийный пылеуловитель:

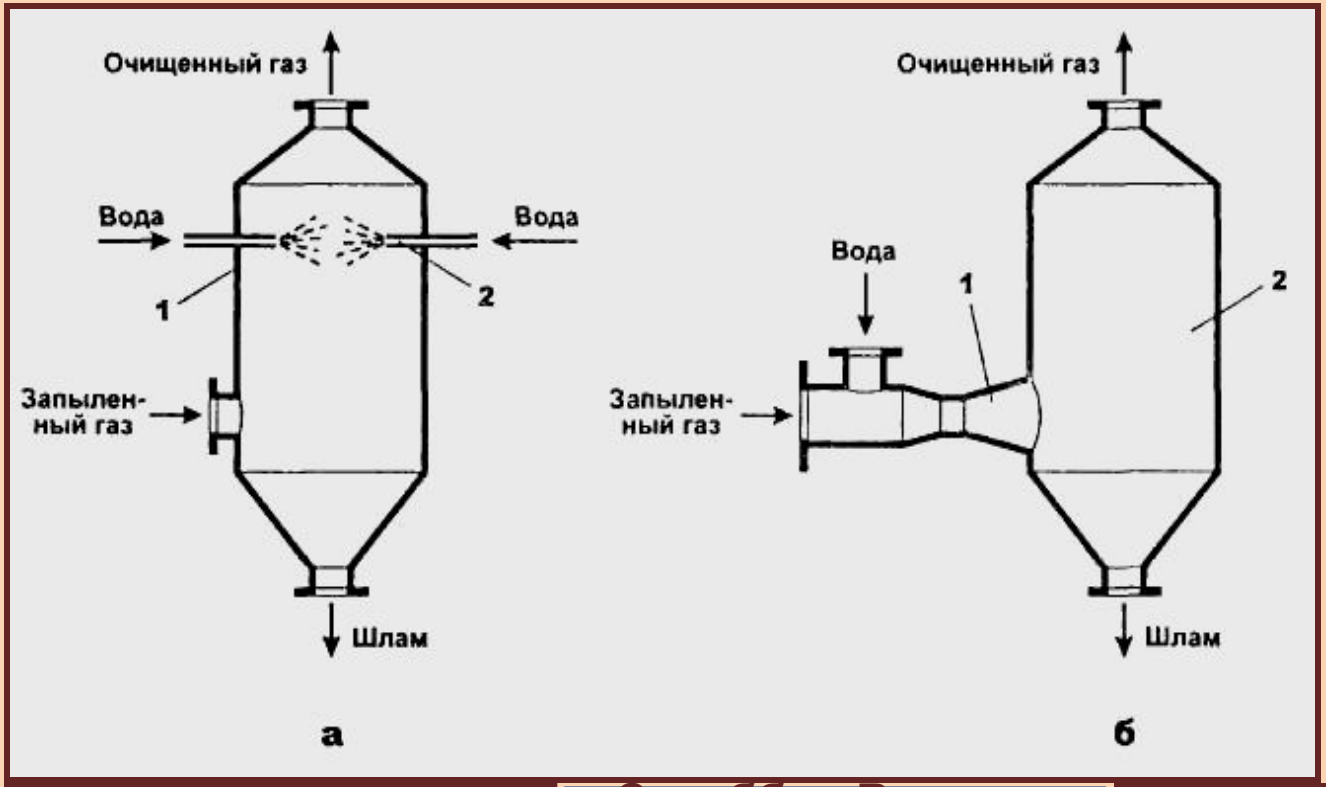
1 – корпус;
2 – решетка;

г – циклон:

1 – корпус;
2 – входной патрубок; 3 – выходная труба;
4 – бункер

Пылеулавливающие аппараты мокрой очистки

(по Т. А. Акимовой, А. П. Кузьмину, В. В. Хаскину, 2007)



а – полый форсуночный газопромыватель:

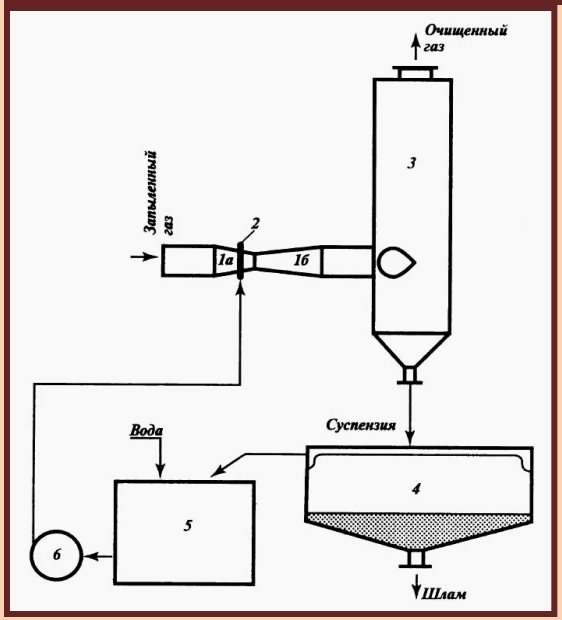
1 – корпус;

2 – форсунки;

б – скруббер Вентури:

1 – труба-распылитель;

2 – циклон-



Скруббер Вентури

(по А.Н. Голицыну, 2007)

1 – труба Вентури (*1а* – диффузор; *1б* – конфузор);

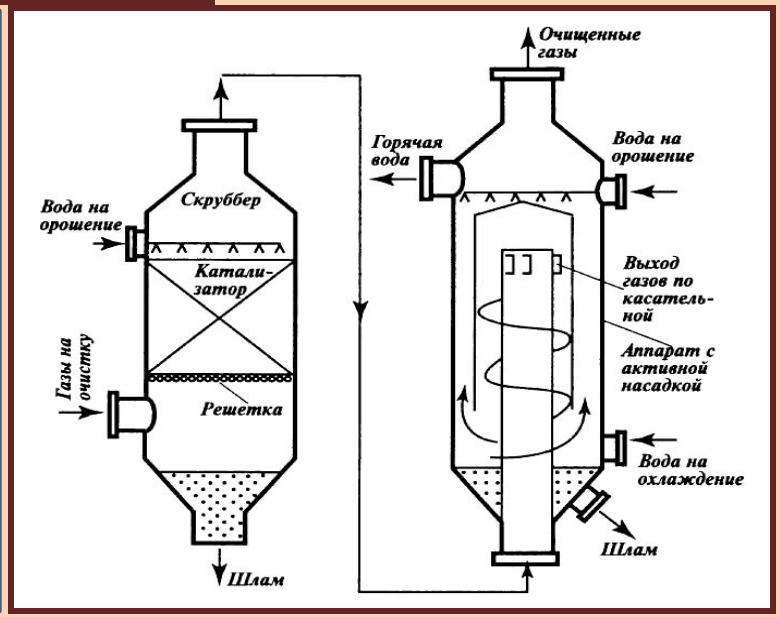
2 – распределительное устройство для подачи воды;

3 – циклонный сепаратор;

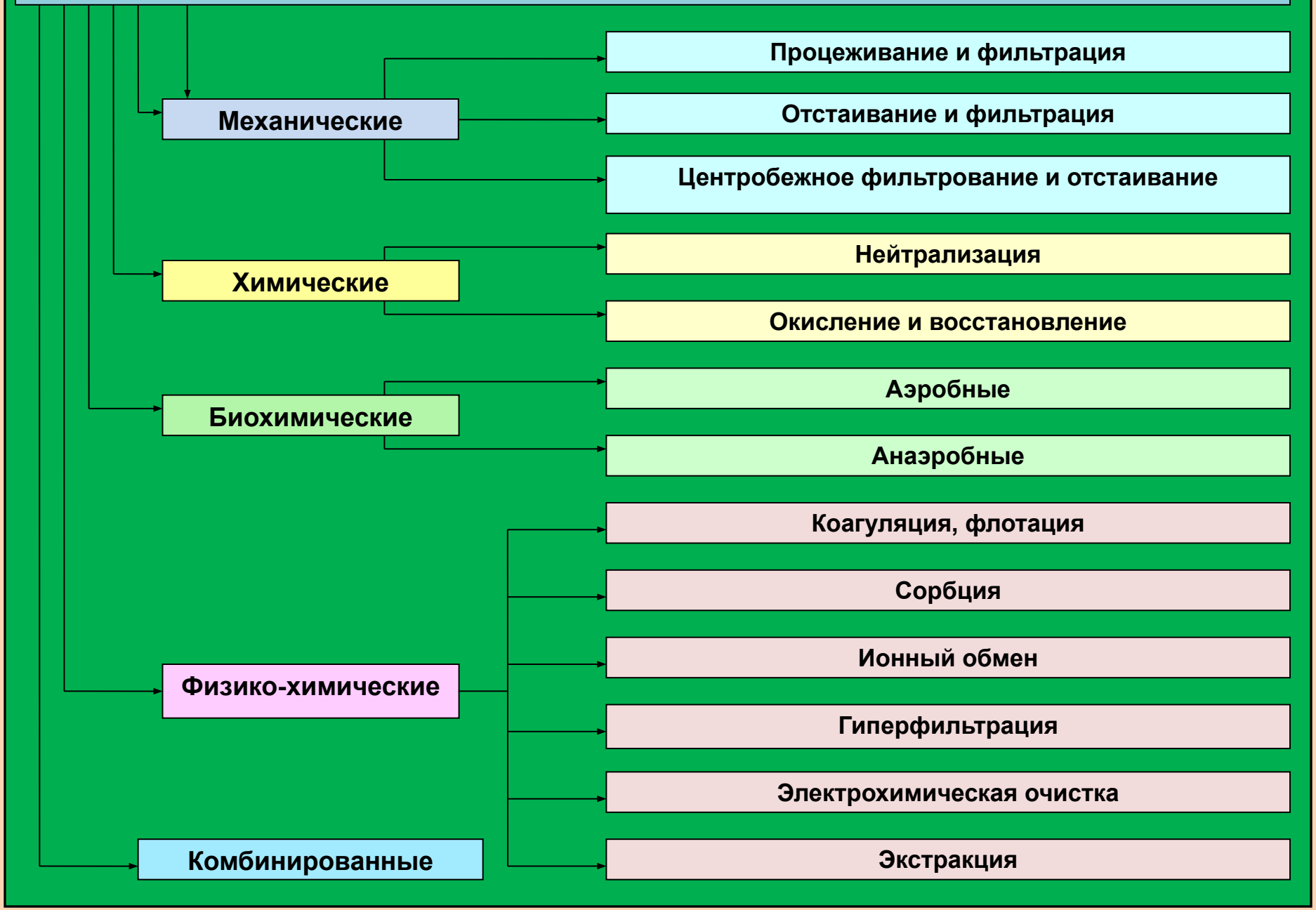
4 – отстойник для суспензии;

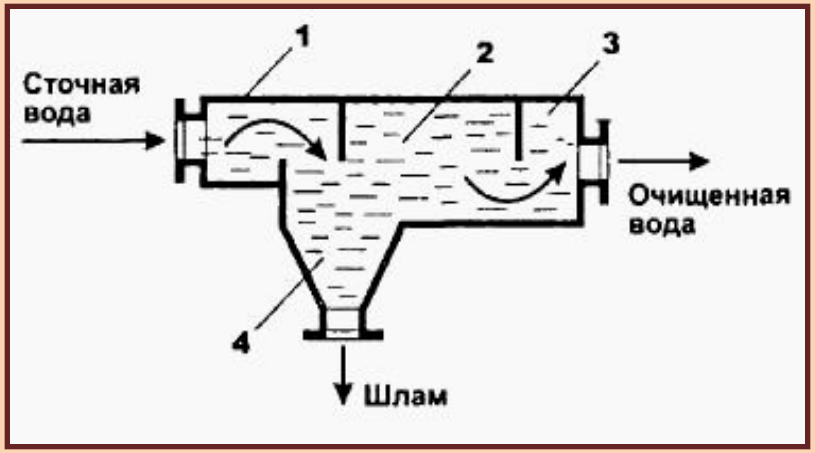
5 – промежуточная емкость;

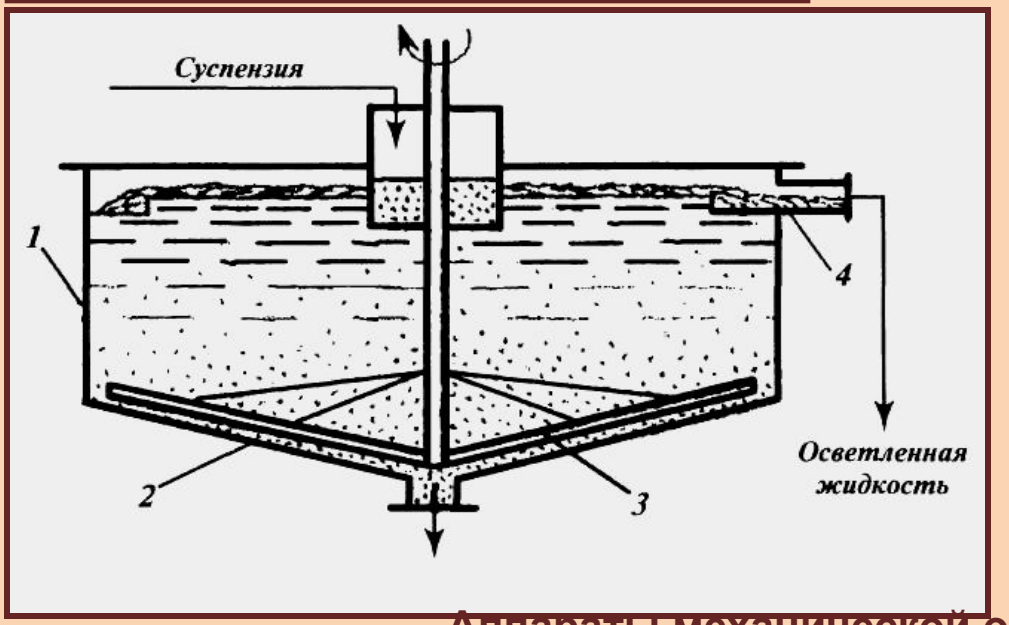
6 – насос

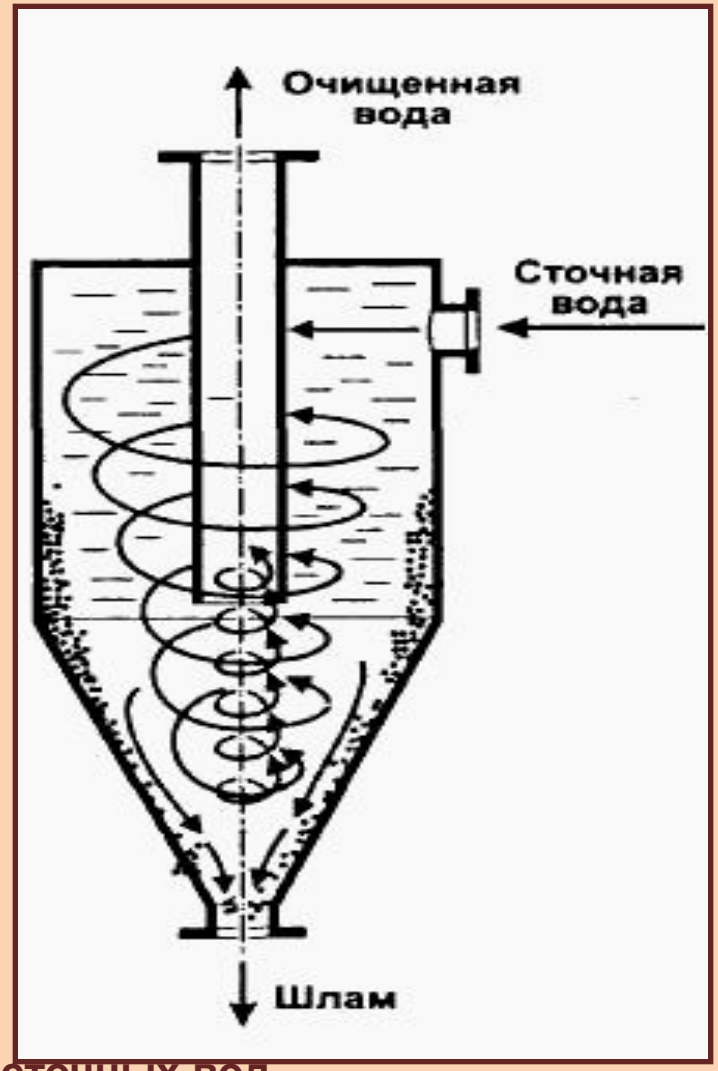


МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД









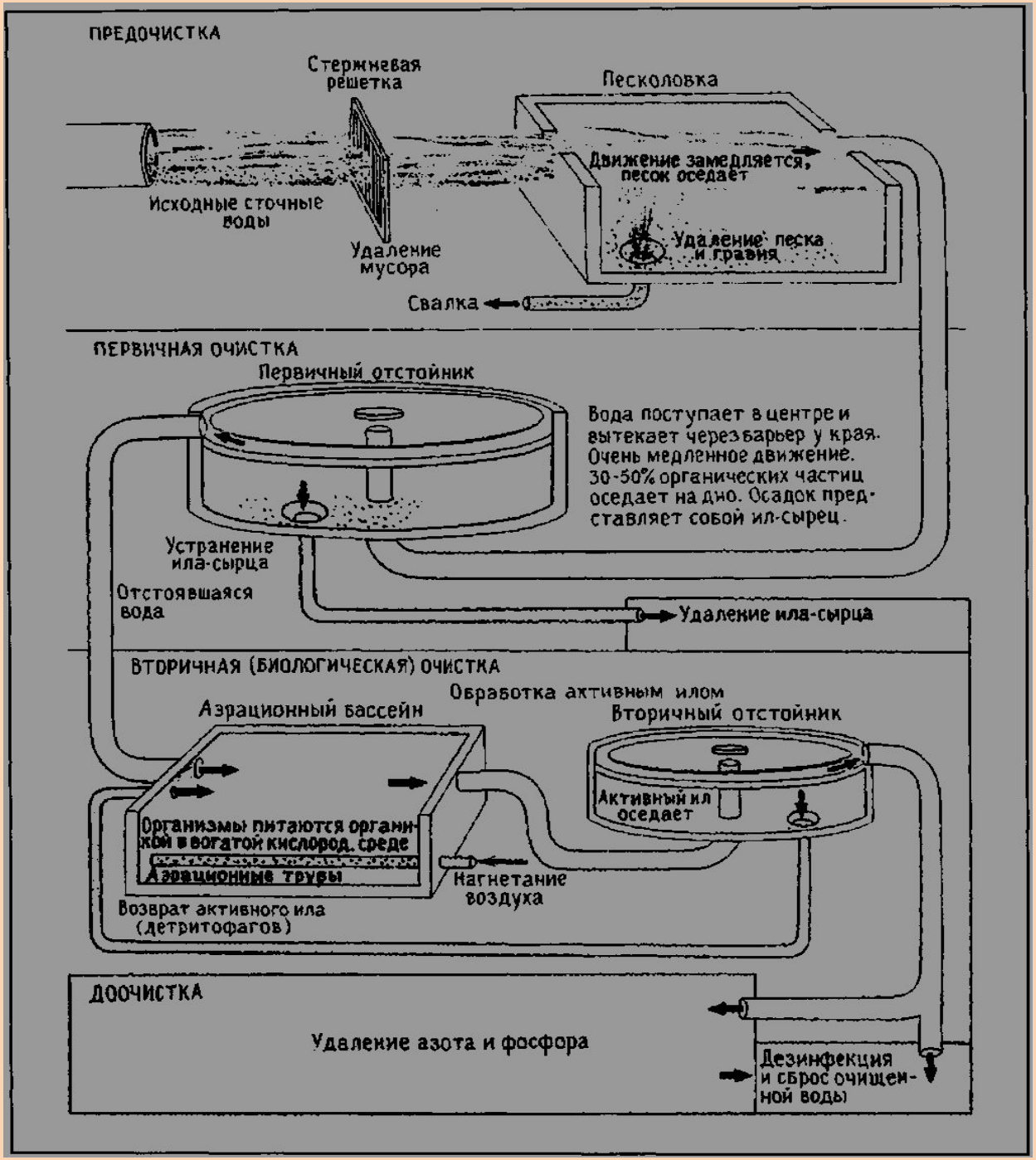
Аппараты механической очистки сточных вод

(по Т. А. Акимовой, А. П. Кузьмину, В. В. Хаскину, 2007; А.Н. Голицыну, 2007):

слева вверху: **горизонтальный отстойник** (1 – входной поток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной поток;
4 – приемник);

слева внизу: **отстойник для суспензий** (1 – цилиндрический корпус; 2 – днище; 3 – гребковая мешалка;
4 – кольцевой желоб для сбора осветленной жидкости);

справа: **напорный гидроциклон**



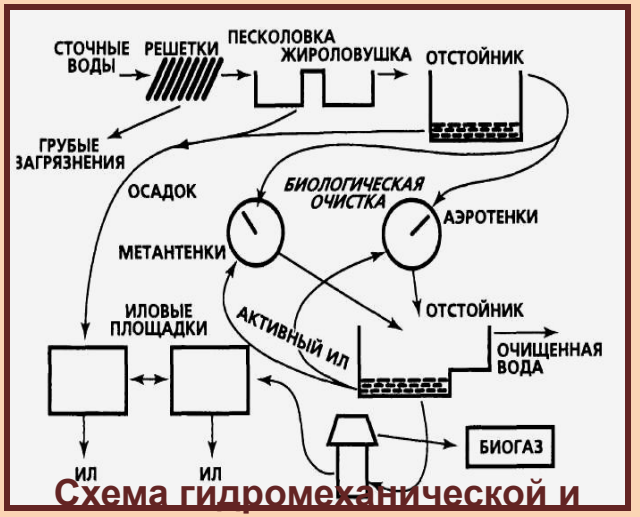


Схема гидромеханической и биологической очистки воды

Биологические методы очистки сточных вод основаны на способности некоторых микроорганизмов использовать вещества, содержащиеся в воде, для своего питания и других процессов жизнедеятельности. Контактируя с вредными веществами и включая их в свой метаболизм, микроорганизмы частично разрушают их, превращая в воду, диоксид углерода, сульфат-, нитрит-ионы и др. Такая биохимическая очистка может осуществляться в природных условиях (поля орошения, биологические пруды) или в искусственных сооружениях (метатенках, аэротенках, биофильтрах).

Общая схема обработки сточных вод до этапа вторичной очистки

(по Б. Небелу, 1993)

Экологическая безопасность человека

Для измерения степени экологической безопасности человека может быть использована ***функция здоровья H***, являющаяся векторной величиной вида:

$$H = \{ mi(t), T, T(t), Fm(t), nj(k), \ldots \}$$

где ***mi(t)*** – возрастные коэффициенты заболеваемости и смертности;

T – средняя продолжительность жизни;

T(t) – ожидаемая продолжительность жизни в возрасте ***t*** ;

Fm(t) – коэффициент рождаемости в возрасте ***t*** (различаемый по полу *m*);

nj(k) – частоты генетически обусловленных болезней (***j*** - категория болезни) по поколениям ***k*** и другие показатели, характеризующие здоровье.

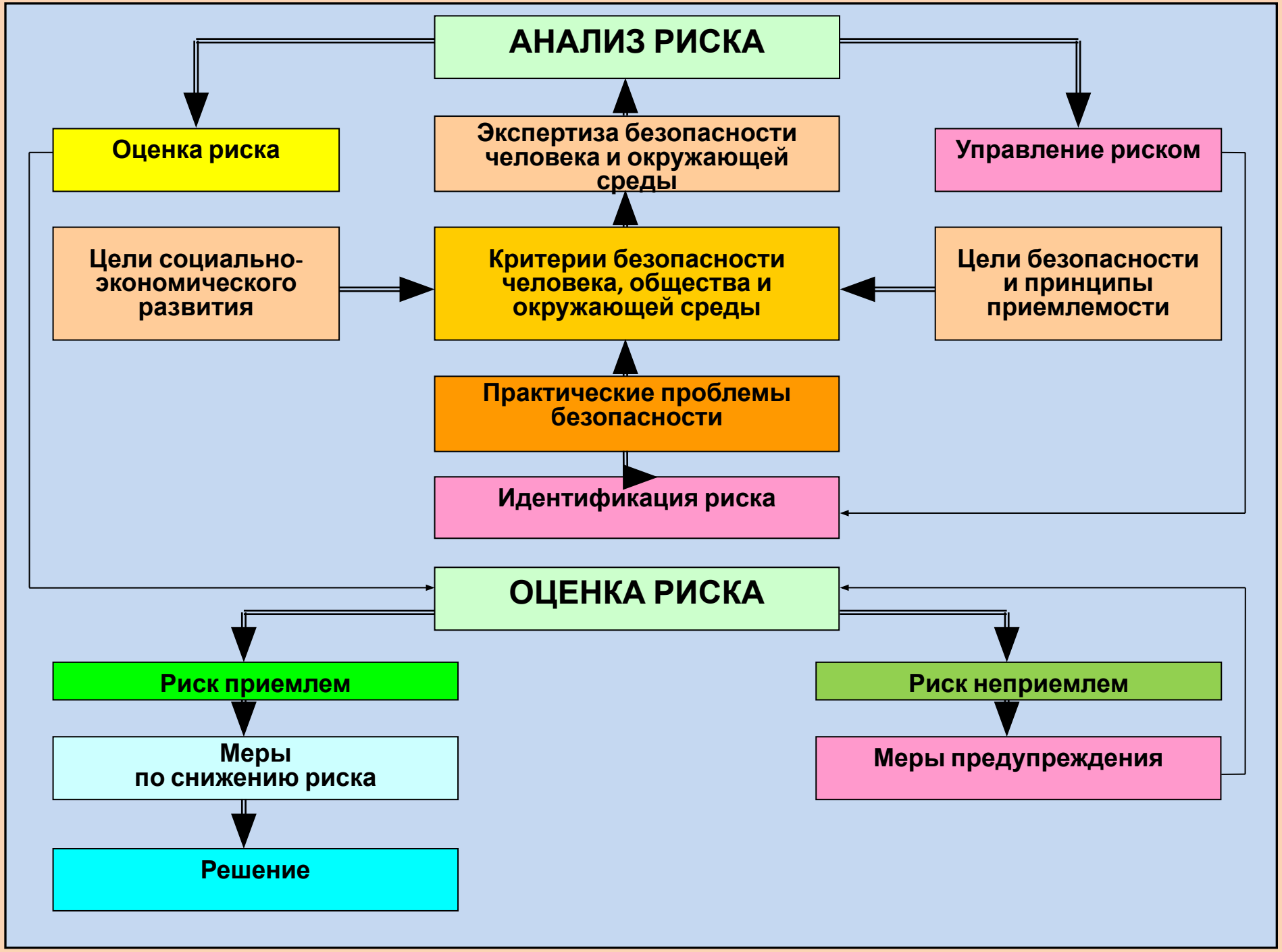
Степень ухудшения качества среды, доходящая до критических значений, в основном ***оценивается по нормированной сумме кратностей превышения нормативных лимитов загрязненности воздуха, воды и продуктов питания химическими веществами и радионуклидами.***

Минимальное значение не может быть меньше 1. Практика показывает, что за исключением аварийных выбросов особо опасных веществ в атмосферу при неблагоприятных метеоусловиях, ***наибольший вклад в формирование отрицательных последствий загрязнения среды для населения приходится на питьевую воду и продукты питания.***

При $K > 1$ загрязненность данной среды считается критической. В

Для анализа риска, установления его допустимых пределов в связи с требованиями безопасности и принятия управляющих решений необходимы:

- ***наличие информационной системы***, позволяющей оперативно контролировать существующие источники опасности и состояние объектов возможного поражения, в частности, статистический материал по экологической эпидемиологии;
- ***сведения о предполагаемых направлениях хозяйственной деятельности***, проектах и технических решениях, которые могут влиять на уровень экологической безопасности, а также программы для вероятностной оценки связанного с ними риска;
- ***экспертиза безопасности*** и сопоставление альтернативных проектов и технологий, являющихся источниками риска;
- ***разработка технико-экономической стратегии*** увеличения безопасности и определения оптимальной структуры затрат для управления величиной риска и ее снижения до приемлемого уровня с социальной, экономической и экологической точек зрения;
- ***составление рискологических прогнозов*** и аналитическое определение уровня риска, при котором прекращается рост числа экологических поражений;
- ***формирование организационных стру***ктур, экспертных систем и нормативных документов, предназначенных для выполнения указанных функций и процедуры принятия решений;
- ***воздействие на общественное мнение*** и пропаганда научных данных об


АНАЛИЗ РИСКА
Оценка риска
Экспертиза безопасности человека и окружающей среды
Управление риском
Цели социально-экономического развития
Критерии безопасности человека, общества и окружающей среды
Цели безопасности и принципы приемлемости
Практические проблемы безопасности
Идентификация риска
ОЦЕНКА РИСКА
Риск приемлем
Риск неприемлем
Меры по снижению риска
Меры предупреждения
Решение

Универсальные территориальные экологические нормативы, предназначенными для регламентации хозяйственной деятельности

Экологическое нормирование *– совокупность проблем, связанных с определением нормы экосистем, изучением их антропогенных трансформаций и нахождением предельных величин нагрузок.*

Экологическая техноемкость (ЭТТ) *– количественно соответствует максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экосистем без нарушения их структурно-функциональных свойств.*

Предельно допустимая техногенная нагрузка (ПДТН) *– величина максимального нарушения естественной среды территории в результате изъятия природных ресурсов и загрязнения среды, не выходящая за пределы ЭТТ.*

***ПДК** – это та наибольшая концентрация вещества в среде и источниках биологического потребления (воздухе, воде, почве, пище), которая при более или менее длительном действии на организм – контакте, вдыхании, приеме внутрь – не оказывает влияния на здоровье и не вызывает отставленных эффектов (не*

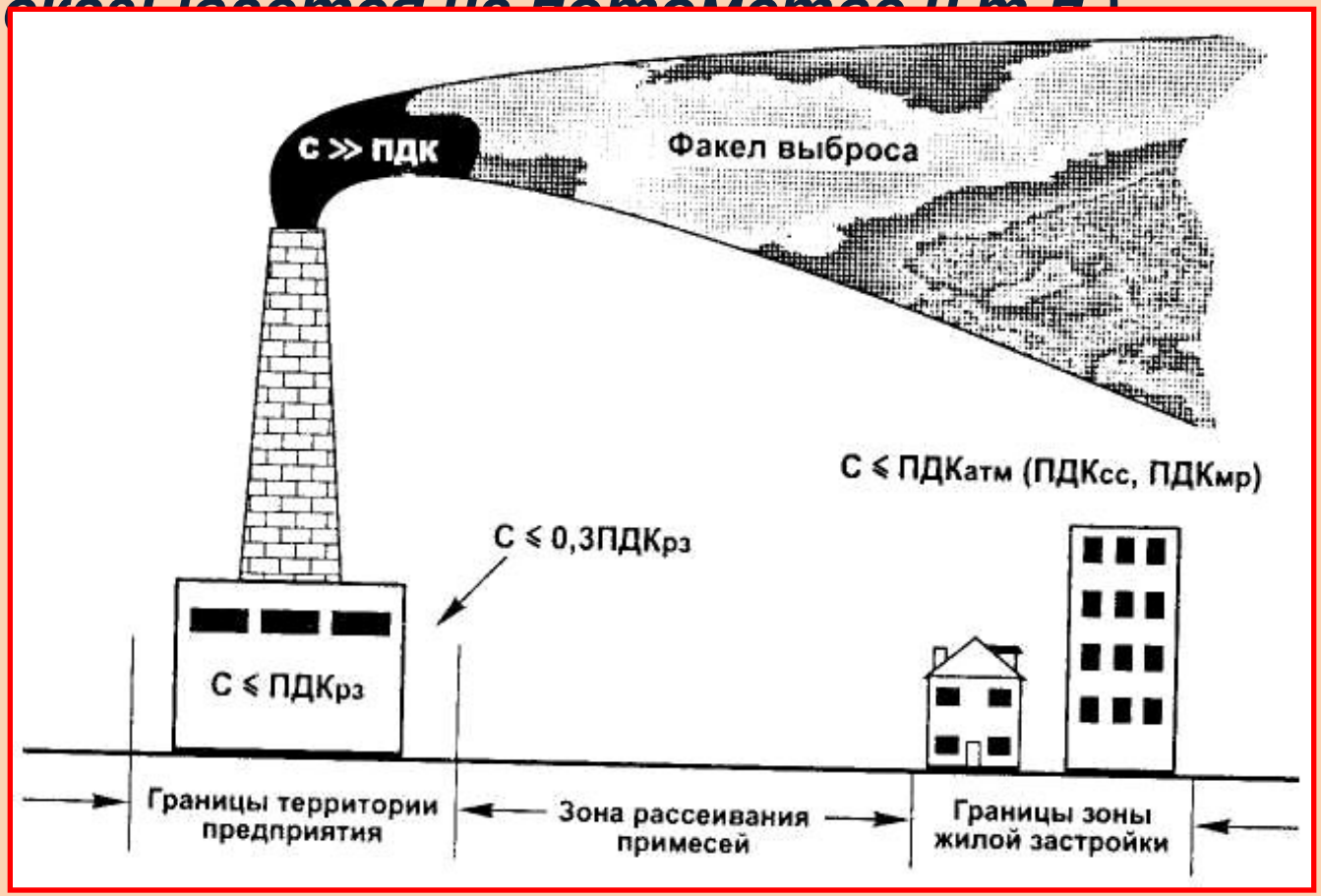


Схема распространения аэрополлютантов и требования к нормированию вредных примесей в воздухе

$$C_1/ПДК_1+C_2/ПДК_2+ \ldots+C_n/ПДК_n \leq 1 \qquad (1.1)$$

C_1, C_2, …, C_n – концентрации вредных веществ, обладающих *эффектом суммации*;

$ПДК_1$, $ПДК_2$…, $ПДК_n$ – соответствующие им предельно допустимые концентрации.

Задание 1. Будет ли выполняться это условие, если

в 1 куб.м атмосферного воздуха концентрация некоторых веществ однонаправленного действия

составляет:

SO_2 – 0,2 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,5 мг/куб.м)

NO_2 – 0,06 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,085 мг/куб.м)

NH_3 – 0,01 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,045 мг/куб.м)

Для водных объектов одновременно с ПДК используется другой ограничительный норматив – ***лимитирующий показатель вредности (ЛПВ)***, который не имеет количественной характеристики, а *отражает приоритетность требований к качеству воды*. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод выделяют *три вида ЛПВ:*

- ***санитарно-токсикологический*** – характеризует токсическое действие вещества на организм человека и водных животных;
- ***общесанитарный*** – характеризует влияние, оказываемое веществом на общесанитарное состояние водного объекта, в частности, на скорость протекания процессов самоочищения;
- ***органолептический*** – характеризует способность вещества менять органолептические, т.е. оцениваемые органами чувств человека свойства воды (запах, вкус, цвет, появление пены).

Суть ЛПВ заключается в том, что загрязняющие вещества

На основании величин ПДК вычисляются значения предельно допустимых эмиссий – *предельно допустимые выбросы в атмосферу* (ПДВ), *предельно допустимые сбросы в водоемы* (ПДС) тех или иных веществ. При этом учитываются характеристики источников и условия распространения эмиссий. Например, для того, чтобы в ближайшем к заводским трубам жилом квартале города при наименее благоприятных условиях рассеивания не превышались ПДК аэрополлютантов, нужно ограничить выброс этих веществ постоянной предельной величиной – ПДВ.

ПДВ и ПДС уже непосредственно регламентируют интенсивность и качество технологических процессов, являющихся источниками загрязнения. и приобретают свойство экологических нормативов. Сверхнормативные эмиссии влекут за собой экономические и административные санкции.

Часто бывает, однако, что предприятие по техническим причинам не может соблюдать предписанные ему ПДВ, санкции безрезультативны, а сокращение или остановка

В таких случаях применяется практика *временного согласования выбросов и стоков*, причем чаще всего на уровне фактических эмиссий. «Временно согласованные» выбросы и стоки (ВСВ и ВСС) по существу являются свидетельством отказа от нормирования и приводят к ухудшению экологической обстановки. Но и соблюдаемые ПДВ и ПДС не удовлетворяют многим требованиям экологического нормирования, так как существуют серьезные сомнения в пригодности ПДК в качестве основы нормативов.

Вообще частно-нормативный подход не соответствует потребностям решения экологических проблем:

1) далеко не для всех реальных загрязнителей установлены ПДК;

2) нет ПДК для множества разнообразных сочетаний различных агентов; возможные взаимодействия между ними, образование вторичных продуктов и совмещенные эффекты не позволяют рассчитать «комплексы» ПДВ;

3) ПДК одного и того же вещества для ценных растений и животных могут быть существенно меньше, чем для человека;

4) большинство ПДВ рассчитываются на основании

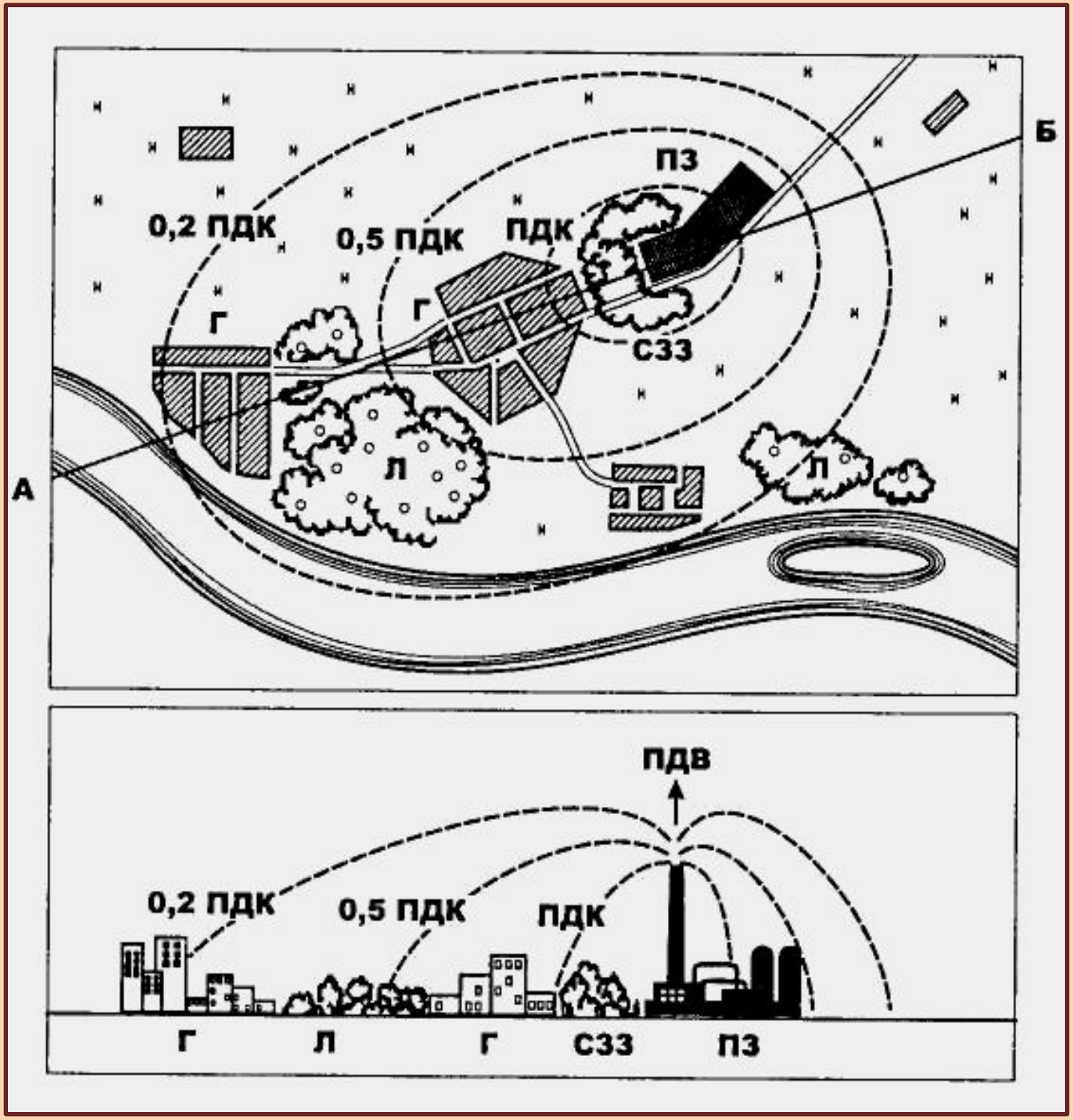


Схема зоны загрязнения в районе мощного промышленного выброса:

Верхняя часть – план-схема территории, нижняя часть – профиль территории по линии **АБ**;

ПЗ – промышленная зона с источником выброса;

Г – районы города;

Л – лесопарковые насаждения;

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

Пунктиром обозначены профили рассеяния выбросов и соответствующие изолинии концентрации загрязнителей в приземном слое воздуха.

Отображена ситуация, когда благодаря соблюдению ПДВ в жилой зоне города не превышается ПДК

основе. Если все же использовать ПДК, то для целей экологического нормирования и расчета ПДВ, в отличие от существующих норм, следовало бы отказаться от исходного соотношения, основанного на максимальном разовом ПДК:

$$С_{спред.} + С_{фон.} \leq а ПДК_{мр} \quad (1.2)$$

Спред. **– нормативно предельная концентрация, используемая для расчета ПДВ;**

Сфон. **– фоновая концентрация**

а **– безразмерный коэффициент (для расчета ПДВ принимается равным единице, а для ВСВ – допускается большим единице).**

Вместо него правильнее было бы применять другое соотношение:

$$С_{спред.} + С_{фон.} \leq (-\lg B)\, ПДК_{сс}, \quad (1.3)$$

где ***B*** **– безразмерный, лежащий между 0 и 1 интегральный показатель опасности вещества, устанавливаемый по нескольким основным параметрам**

единицу времени от данного источника или совокупности источников загрязнения атмосферы города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, создающая приземную концентрацию, не превышающую ПДК для населения, растительного и животного мира.

***ПДС** – это масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе.* **ПДС определяется с учетом ПДК вредных веществ в местах водопользования, их фоновой концентрации, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых**

Расчет ПДВ. **Величина ПДВ по каждому загрязняющему веществу устанавливается из условия (*1.2*), а при наличии нескольких веществ однонаправленного действия должно соблюдаться условие (*1.1*).**

Валовые выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения атмосферы в большинстве случаев можно рассчитать по следующим формулам:

$$m_i = m_y П k(1 - n) \qquad (1.4)$$

$$m_i = m^*_y T k(1 - n) \qquad (1.5)$$

где m_i **– масса выброса *i*-го загрязняющего вещества;**

m_y **– удельное выделение *i*-го загрязняющего вещества на единицу продукции;**

$П$ **– расчетная производительность технологического процесса (оборудования, агрегата);**

m^*_y **– удельное выделение *i*-го загрязняющего вещества в единицу времени;**

T **– фактический фонд времени работы оборудования;**

k **– поправочный коэффициент для учета особенностей технологического процесса;**

n **– эффективность средств очистки выбросов в долях единицы (при отсутствии средств очистки** $n = 0$**).**

Для предприятий в целом ПДВ находят путем суммирования значений ПДВ для отдельных источников загрязнения атмосферы при условии соблюдения соотношения:

$$\sum_{i=1}^{N} C_{mi} \leq \text{ПДК} - C_{фон.} \qquad (1.6)$$

C_{mi} – наибольшая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населенного пункта от *i*-го источника;

N – число источников

Задание 2. Два источника эмиссий выбрасывают в атмосферу каждый в равном соотношении смесь диоксида серы (C_m = 0,05 мг/куб.м) и диоксида азота (C_m = 0,035 мг/куб.м). Будут ли эти выбросы соответствовать предельно допустимым, если фоновая концентрация диоксида серы составляет 0,01

атмосферу следующие поллютанты:

Источник А: **диоксид серы: *Cm* = 0.06 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,5 мг/куб.м);**

диоксид азота: *Cm* = 0.031 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,085 мг/куб.м);

пыль неорганическая: *Cm* = 0,02 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,3 мг/куб.м);

***Источник Б*: оксид углерода: *Cm* = 0,7 мг/куб.м (*ПДКмр* = 5 мг/куб.м);**

диоксид серы: *Cm* = 0,09 мг/куб.м;

аммиак: *Cm* = 0,01 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,2 мг/куб.м);

Источник С: **диоксид азота: *Cm* = 0,008 мг/куб.м;**

фенол: *Cm* = 0,003 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,01 мг/куб.м);

Источник Д: **сажа: *Cm* = 0,1 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,15 мг/куб.м);**

свинец: *Cm* = 0,0003 мг/куб.м (*ПДКмр* = 0,001 мг/куб.м).

Известны значения фоновых концентраций (*Сфон.*) некоторых веществ:

пыль неорганическая – 0,001 мг/куб.м;

аммиак – 0,02 мг/куб.м

оксид углерода – 0,2 мг/куб.м

Представьте исходные данные в виде таблицы, рассчитайте суммарные выбросы от всех источников эмиссий и установите, превышают ли они предельно допустимые выбросы? Обратите внимание на то, что диоксид серы и диоксид азота имеют

Расчет ПДС. **В качестве примера рассмотрим расчет ПДС для отдельного одиночного выпуска сточных вод в проточный водоем (водоток). Величина ПДС определяется как произведение наибольшего расхода сточных вод *q* (куб. м/ч) и максимально допустимой концентрации вредного вещества в сточных водах $C_{ст.доп}$ (г/куб. м):**

$$ПДС = q\ C_{ст.доп} \qquad (1.7)$$

Объемный расход сточных вод *q* обычно величина известная. Допустимая концентрация примесей в сточных водах определяется выражением:

$$C_{ст.доп\ i} = n\ (C_{mi} - C_{вi}) + C_{вi} \qquad (1.8)$$

***n* – кратность разбавления сточных вод;**

***Cm* – максимально допустимая концентрация того же вещества в воде водного объекта с учетом максимальных концентраций и ПДК всех веществ, относящихся к одной группе ЛПВ;**

***Cвi* – концентрация *i*-го вещества в водном объекте до сброса в него сточных вод.**

природный водный объект происходят их смешение и разбавление. Кратность разбавления сточных вод определяется по формуле:

$$N = (g\,Q + q) / q \qquad (1.9)$$

Q – объемный расход воды в водотоке;

q – объемный расход воды в сточных водах;

g – коэффициент смешения, учитывающий долю расхода воды водотока, участвующей в процессе

Нормативы качества окружающей природной среды

Санитарно-гигиенические

- ПДК вредных химических веществ
- ПДК вредных физических воздействий
- ПДК вредных биологических воздействий
- ПДУ радиации
- ПДК химических веществ в продуктах питания
- Нормативы санитарных и защитных зон

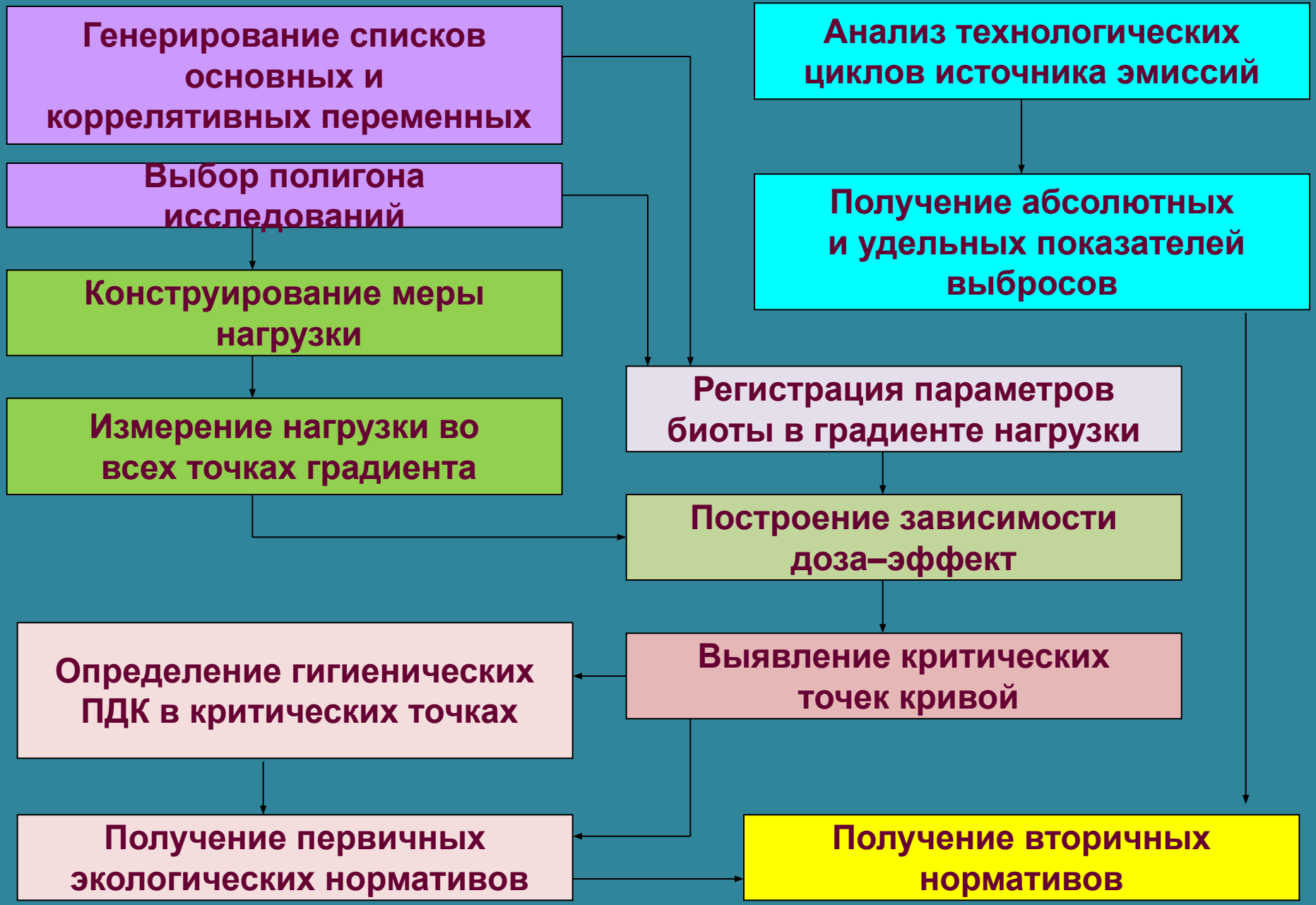
Производственно-хозяйственные

- Нормативы выбросов и сбросов
- Нормативы шума и вибрации
- Нормативы биологических загрязнений
- Нормативы радиации
- Нормативы использования химических веществ в хозяйстве
- Строительные, градостроительные правила

Вспомогательные

- Нормативы терминологии
- Организационные нормативы
- Правовые нормативы

Схема последовательности экологического нормирования



Критерии оценки степени загрязнения атмосферного воздуха по максимально-разовым концентрациям

Класс опасности загрязняющих веществ	Экологическое бедствие (ст. 59 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды»)		Чрезвычайная экологическая ситуация (ст. 58 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды»)	
	«К»	% измерений выше ПДК	«К»	% измерений выше ПДК
I	>5	>30	>3–5	>30
II	>7,5	>30	>5–7,5	>30
III	12,5	>50	>8–12,5	>50
IV	20,0	>50	12,5–20	>50

Критерии оценки степени загрязнения атмосферного воздуха по среднесуточным концентрациям

Класс опасности загрязняющих веществ	Экологическое бедствие (ст. 59 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды»)		Чрезвычайная экологическая ситуация (ст. 58 Закона РФ «Об охране окружающей природной среды»)	
	«К»	% измерений выше ПДК	«К»	% измерений выше ПДК
I	>3	>20 или >7 дней подряд	2–3	>20 или >7 дней подряд
II	>5	>20 или >7 дней подряд	3–5	>20 или >7 дней подряд
III	>7.5	>30 или >7 дней подряд	5–7.5	>30 или >7 дней подряд
IV	>12	>30 или >7 дней подряд	8–12	>30 или >7 дней

Эколого-экономическая система *– это ограниченная определенной территорией часть техносферы, в которой природные, социальные и производственные структуры и процессы связаны взаимоподдерживающими потоками вещества, энергии и информации* (Акимова, Хаскин, 1999–2000).

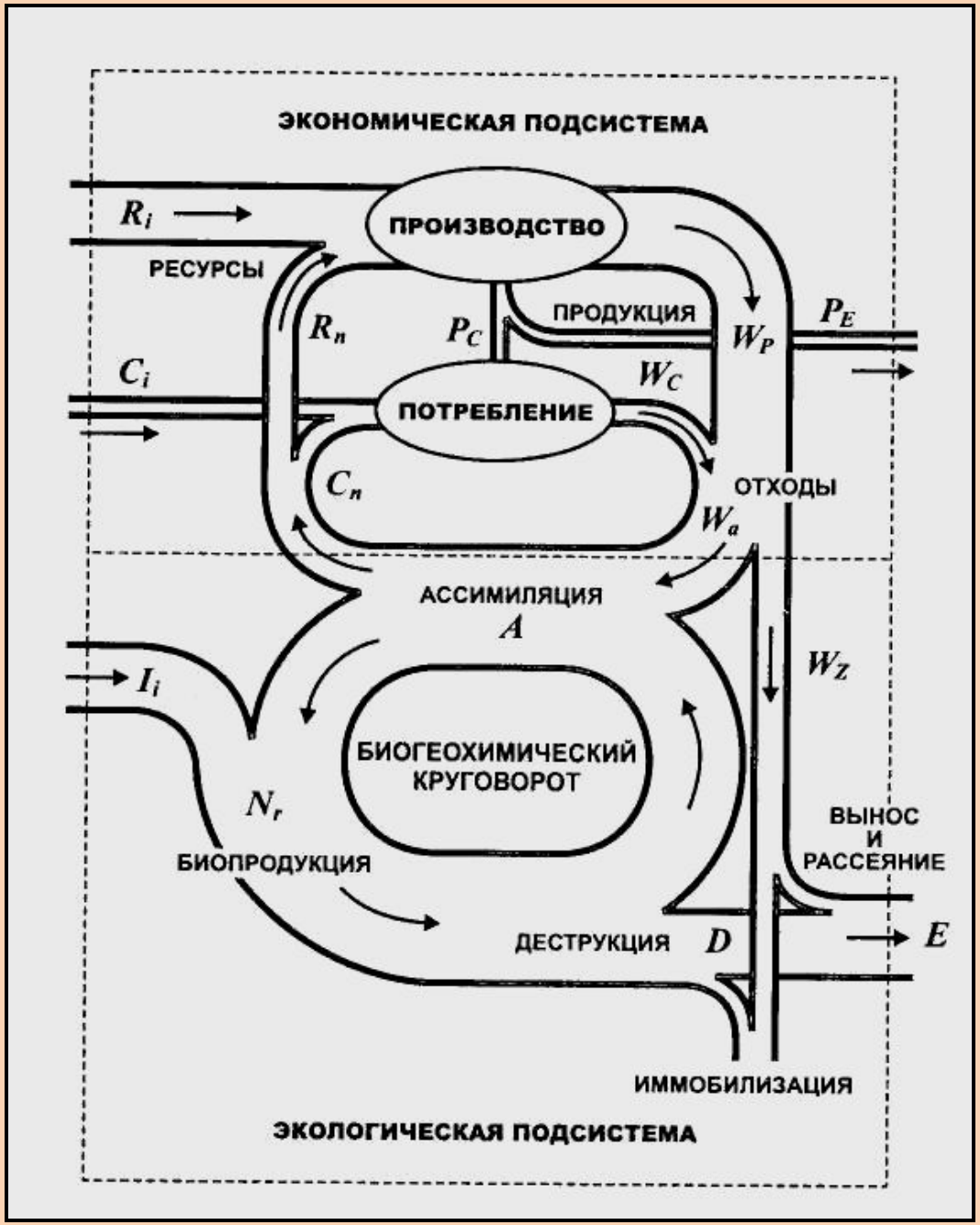
В инженерной экологии довольно широко употребляется понятие «*природно-техногенный комплекс*» (*ПТК*), или «*природно-техническая система*» (*ПТС*), под которой понимают ***совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшуюся на какой-то территории в результате строительства и эксплуатации промышленных комплексов, инженерных сооружений и технических средств, взаимодействующих с компонентами природной и социальной среды*** (Стадницкий, Родионов, 1997).

ЭЭС **представляют собой** ***сочетание совместно функционирующих экологической и экономической систем, обладающих эмерджентными свойствами.***

Экосистема *– это совокупность живых организмов, так взаимодействующих со средой обитания, что поток энергии создает устойчивую структуру и круговорот веществ между живой и неживой частями системы.*

Экономическая система *– это организованная совокупность производительных сил, которая преобразует входные материально-энергетические потоки природных и производственных ресурсов в выходные потоки предметов потребления и отходов производства. Таким образом, часть материальных элементов экологической системы, в том числе и элементов среды обитания человека, используется как ресурс*

Схема основных материальных потоков в ЭЭС



Вход производства	$R_p = R_i + R_n$
Продукция	$P = P_C + P_E$
Эффективность производства	$\frac{P}{R_P} = \frac{(P_C + P_E)}{R}$
Потребление	$C = P_C + C_i + C_n$
Поток изъятия ресурсов	$U_n = C_n + R_n$
Сумма отходов экономической подсистемы	$W = W_h + W_c$
Общая отходность производства	$\frac{(P_p - P)}{R_P} = \frac{W_p}{R_p}$
Ущерб от загрязнения	$U_m = LM$

Сумма $U = U_n + U_m$ представляет собой *общий убыток экологической подсистемы, обусловленный ее взаимодействием с экономической подсистемой.*

Соотношение между промежуточными и конечными потоками загрязнений и их совокупный ущерб зависят не только от их массы и химического состава, но и от видового состава, биомассы, плотности реципиентов, продуктивности и устойчивости экосистемы, в частности, по отношению к техногенным воздействиям. Эти качества в наибольшей мере зависят от *входного потока обновления биогеохимического круговорота* I_i, его *продуктивной емкости* N_r и *масштаба деструкции* D.

Круговороты обеих подсистем *ЭЭС* образуют вместе своего рода *технобиогеохимический круговорот*, а всю *ЭЭС* можно обозначить как *технобиогеоценоз*. Потокам вещества в *ЭЭС* могут быть приписаны константы равновесия и скорости, что позволяет осуществить кинетический анализ системы и выявить условия ее уравновешивания и стабильности. Так, аппроксимация принципа сбалансированности в терминах рассмотренной системы имеет вид:

$$R_n + C_n + LKW = U \leq I_i + W_a - D$$

Это означает, что *в сбалансированной эколого-экономической системе совокупная антропогенная нагрузка не должна превышать самовосстановительного потенциала природных систем.*

более или менее крупных территориальных природных комплексов, включая и административные образования, *основным критерием экологической безопасности может служить уровень эколого-экономического, или природно-производственного паритета, т.е. степени соответствия общей техногенной нагрузки на территорию ее экологической техноемкости - предельной выносливости по отношению к повреждающим техногенным воздействиям.*

Введем *основной критерий безопасности* и связанные с ним понятия:

$$U \leq T_э$$

U - природоемкость производственного комплекса территории, **т. е.** *совокупность объемов хозяйственного изъятия и поражения местных возобновимых ресурсов, включая загрязнение среды и другие формы техногенного угнетения реципиентов, в том числе и ухудшение здоровья людей*;

$T_э$ *- экологическая техноемкость территории (ЭТТ) - обобщенная характеристика территории, отражающая самовосстановительный потенциал природной системы и количественно равная максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность всех реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных*

Экологическая техноемкость территории является только частью *полной экологической емкости* территории. Последняя определяется:

а) объемами основных природных резервуаров - воздушного бассейна, совокупности водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны;

б) мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, - скоростью местного массо- и газообмена, пополнения объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивностью биоты.

Если трем компонентам среды обитания - воздуху, воде и земле (включая биоту экосистем и совокупность реципиентов) приписать соответственно индексы 1, 2 и 3, то ЭТТ может быть приближенно вычислена по формуле:

$$T_э = \sum_{i=1}^{3} E_i \cdot X_i \cdot \tau_i$$

где $T_э$ - оценка ЭТТ, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки (усл.т/год);

E_i - оценка экологической емкости i-ой среды (т/год);

X_i - коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде;

τ_i - коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей - усл.т/т).

Экологическая емкость каждого из трех компонентов среды рассчитывается по формуле:

$$E = VCF,$$

где *V* - экстенсивный параметр, определяемый размером территории, площадь или объем (км^2, км^3);

***C* - содержание главных экологически значимых субстанций в данной среде (т/км^2, т/км^3); например CO_2 в воздухе или плотность распределения биомассы на поверхности земли;**

***F* - скорость кратного обновления объема или массы среды (год$^{-1}$).**

Для отдельных экологических систем главными критериями безопасности выступают целостность, сохранность их видового состава, биоразнообразия и структуры внутренних взаимосвязей.

От этого зависит стабильность трофических связей, внутренних взаимодействий между структурными компонентами экосистемы и ее продуктивность.

***Критерием безопасности (устойчивости) отдельной популяции в составе экосистемы* может служить выражение:**

$$s_r \leq 2r,$$

где *r* - репродуктивный потенциал,

s_r - дисперсия его отклонений от среднего уровня.

При $s_r > 2r$ резко возрастает вероятность деградации и вымирания популяции.

Общая схема контроля загрязнения окружающей среды

1–5 – этапы воздействия и откликов; А – уровень процессов; Б – уровень контроля и коррекции; В – уровень оценок и принятия решений; Г – уровень нормативов.

Минимальный контур практического регулирования обозначен светлыми стрелками

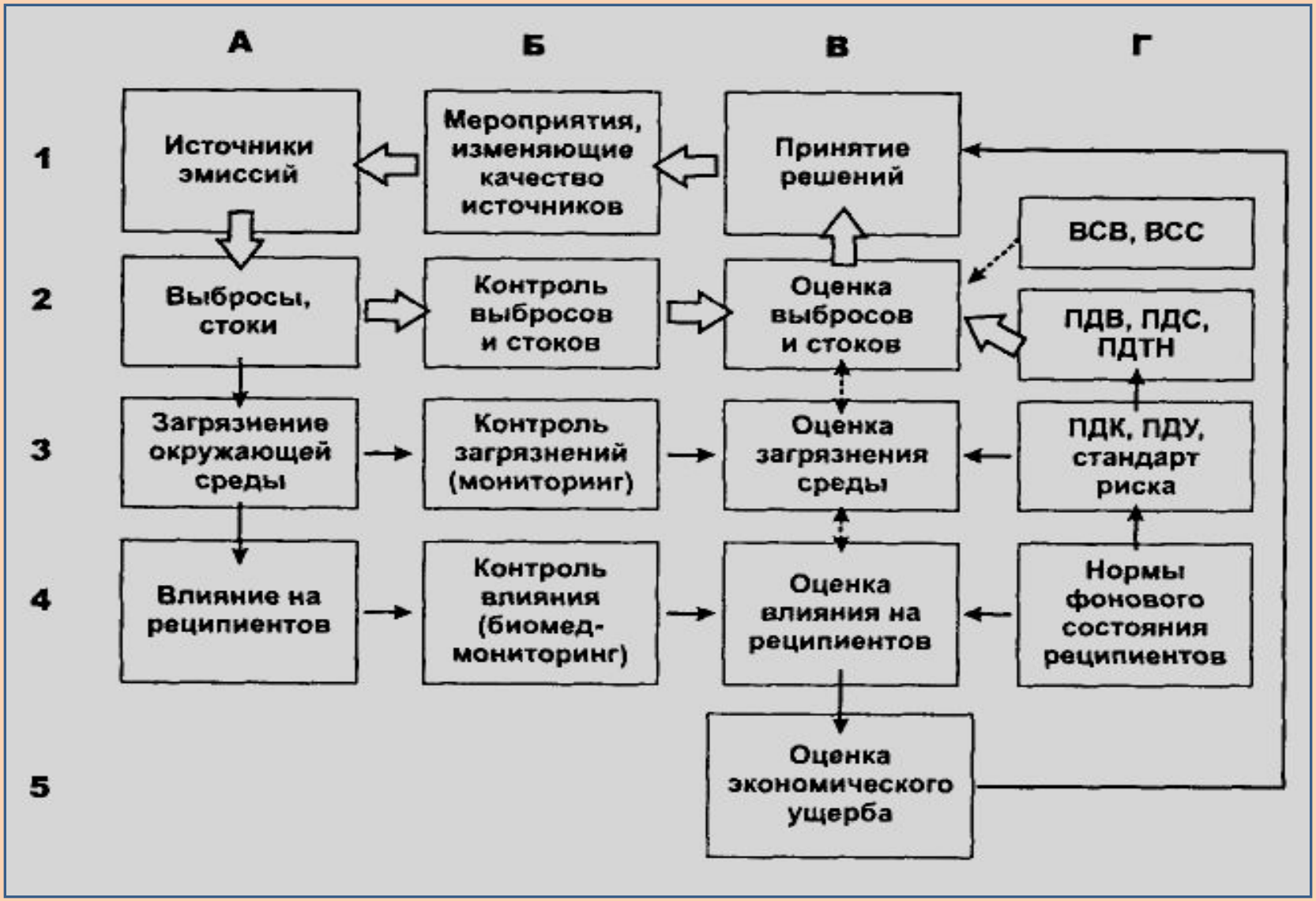
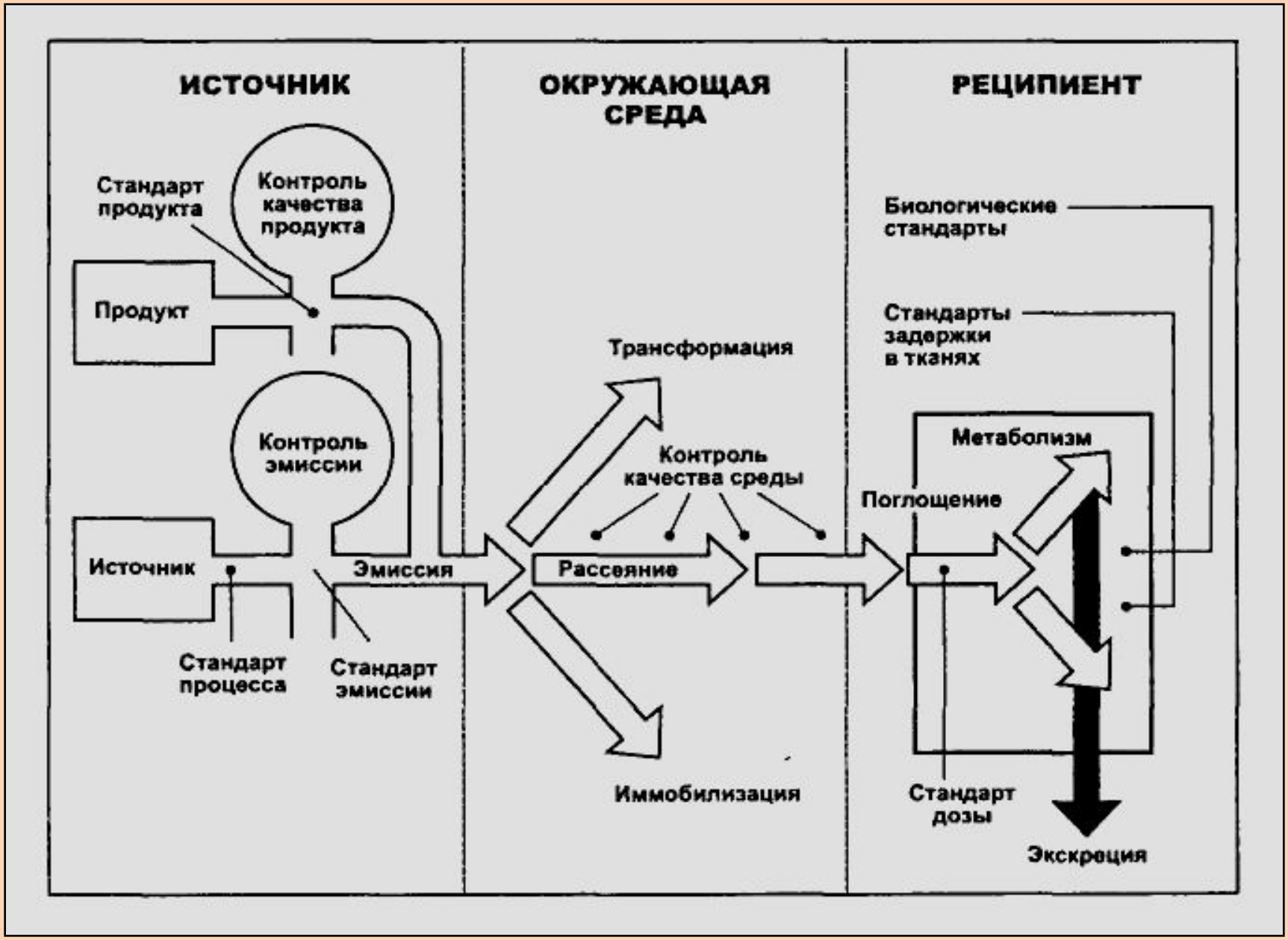


Схема пути загрязнителя с указанием пунктов стандартизации и контроля (по Т. А. Акимовой, А. П. Кузьмину, В. В. Хаскину, 2007)



Структура банка эколого-экономической информации в системе управления эколого-экономической системой

(по Т. А. Акимовой, А. П. Кузьмину, В. В. Хаскину, 2007)