

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Экономика и экономическая безопасность»

502(07)
Г953

В.Г. Гурлев, Ю.С. Дворяшина

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Под редакцией В.Г. Гурлева

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2008

*Одобрено
учебно-методической комиссией
факультета экономики и предпринимательства*

Рецензенты:

Г.П. Животовская, Л.А. Сидоренкова, О.С. Хомяков

Г953

Гурлев, В.Г.

Экология: учебное пособие / В.Г. Гурлев, Ю.С. Дворяшина; под ред. В.Г. Гурлева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 150 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 080502 – «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)», 080507 «Менеджмент организации» и включает в себя методы и способы экологической и экономической оценок инвестиционных вложений. В нем рассмотрены универсальные базовые принципы экологии, фундаментальные теории, формирующие представление об интегральной картине управления экологическими объектами как о науке, исходя из целостности и многообразия окружающей среды и социально-экономической оценки природопользования. Пособие предназначено помочь будущему специалисту овладеть основами общенаучных и специальных знаний в области экологического менеджмента и способствовать формированию мировоззрения передового человека, бережно относящегося к окружающей среде.

УДК 502.3(075.8)

© Издательство ЮУрГУ, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1. Экология. Основные понятия, термины, определения..... | 6 |
| 1.1. Структура и функционирование экологических систем..... | 9 |
| 1.2. Климат | 13 |
| 2. Атмосферное загрязнение | |
| 2.1. Выбросы в атмосферу | 27 |
| 2.2. Основные загрязнители воздуха..... | 31 |
| 3. Загрязнение воды (надземные и подземные воды) и поверхностных слоёв почвы..... | 36 |
| 4. Роль климатического фактора. Опасная скорость воздуха (ветра)..... | 42 |
| 4.1. Парниковый эффект | 43 |
| 4.2. Озоновые экраны и их влияние на природные факторы..... | 46 |
| 5. Экологическая экспертиза по платежам | |
| 5.1. Расчет платежей за воздействие на природную среду промышленными выбросами | 50 |
| 5.2. Пример расчёта платежей при экологической экспертизе воздуха населённых мест..... | 58 |
| 6. Моделирование в экологии | 71 |
| 6.1. Оценка экономической эффективности инвестиционных управленческих решений в области природопользования | 80 |
| 6.2. Пример оценки по управлению водных систем..... | 84 |
| 7. Защита от шума, инфразвука и вибрации (общие принципы) | |
| 7.1. Понятия и физические величины колебаний | 110 |
| 7.2. Область восприятия звуковых волн и их оценка по интенсивности | 113 |
| 7.3. Механические колебания | 117 |
| 8. Рост человеческой популяции. Масштабы и аспекты проблемы народонаселения..... | 120 |
| 8.1. Демографический «взрыв», его причины и возможное разрешение связанных с ним проблем..... | 127 |
| 8.2. Народонаселение, среда обитания и социальные факторы | 138 |
| 9. Пример прогнозирования численности народонаселения для различных стран мира..... | 146 |
| Библиографический список..... | 150 |

ВВЕДЕНИЕ

Успешное решение задач в области охраны природы возможно лишь при высоком уровне экологических знаний специалистов. Экологическое образование для специалистов в области экономики и менеджмента состоит в том, чтобы научить специалиста выделять в огромном потоке информации фундаментальные закономерности и универсальные принципы экологических проблем. Отсюда особое внимание к естественнонаучной подготовке специалиста в области экологического менеджмента, которая не только вооружает знаниями, но формирует тип рационального научного мышления, творческий метод познания природных и социальных явлений в их взаимосвязи и взаимодополнении.

«Экология и экологический менеджмент» относится к общей естественнонаучной дисциплине для подготовки дипломированных специалистов по специальности и направлению 080502 «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)» и 080507 «Менеджмент организации».

В соответствии с «Требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки» – выпускник – дипломированный специалист должен в результате изучения дисциплины:

иметь представление: о естественнонаучной культуре; о истории и научных методах, применяемых в экологических исследованиях, о тенденциях развития организации природопользования и охраны окружающей среды, её эволюции; о фундаментальном единстве естественных наук, о дискретности и непрерывности в природе, о соотношении порядка и беспорядка, упорядоченности строения объектов, переход в неупорядоченное состояние и наоборот;

знать: основные и специальные термины и понятия в области «экологии» и «экологического менеджмента», природных объектах, о динамических и статистических закономерностях, происходящих в них; о вероятности как объективной оценке природных систем; об изменениях и их специфичности в различных разделах естествознания, о фундаментальных понятиях экологии; о принципах симметрии и законах сохранения с учётом соотношения эмпирических и теоретических принципов окружающей среды; об основах физико-химических процессов в природе; особенности биологического уровня организации материи; о методах оценки величины ущерба окружающей среде от воздействия факторов жизнедеятельности человечества; о методах определения эффективности природоохранительных мероприятий; выполнения требований экологического законодательства;

уметь использовать: фундаментальные понятия «экология» и «экологический менеджмент», их классические модели и законы; методы теоретических и экспериментальных исследований, отечественный и зарубежный опыт использования экологических объектов, уметь оценивать числовые порядки величин и экономическую целесообразность эксплуатации объектов природы.

В обязательный минимум содержания образовательной программы подготовки специалистов по специальности 080500 «Экономика и управление на предприятии (по отраслям)» и 080507 «Менеджмент организации» входят: ***естественные и гуманитарные науки*** – научный метод; история экологических учений; тенден-

ция развития научных и практических мировоззрений; корпускулярная и континуальная концепции описания природы; порядок и беспорядок в природе; хаос, структурные уровни организации мира. Об экономических отношениях между субъектами «рынка», о методах расчёта экономической эффективности природоохранительных мероприятий, о методах оценки величины ущерба окружающей среде от хозяйственной деятельности предприятий, о выполнении требований экологического законодательства. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих курсов, входящих в учебный план: «Экономическая теория», «Экономика предприятий», «Статистика», «Безопасность жизнедеятельности», «Концепции современного естествознания» и является необходимой для осуществления производственно-хозяйственной деятельности специалистов по направлению и специальностям в области производственного менеджмента.

1. ЭКОЛОГИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Предмет экологии включает в себя три понятия:

1. *Аутэкология*, которая изучает взаимодействие отдельных организмов и видов со средой, и *синэкология*, которая изучает сообщество.
2. *Среды обитания*: воздух, суша, вода.
3. *Экология* растений, животных, человека, природных ресурсов, загрязнение среды обитания – таксономические ветви.

В 1968 году были получены фотографические снимки Земли с поверхности луны. Эти снимки яснее, чем когда-либо ранее, продемонстрировали, что планета Земля – это шар в пустынном космосе. Она напоминает одинокий космический корабль в бесконечном путешествии. Космический корабль «Земля» уникален среди планет солнечной системы. На нём в тонком слое, встречаются и взаимодействуют воздух, вода и земля. Этот слой населён организмами, взаимодействующими с воздухом (атмосферой), водой (гидро-сферой) и земной корой (литосферой), называется биосферой. Все живые существа зависят от сохранения целостности биосферы. Чтобы сохранить целостность биосферы, необходимо выяснить как она функционирует, изучить её структуру и определить основные понятия, табл. 1.

Таблица 1

Основные понятия, термины и определения

| Понятие, термины, определения | Определение |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Экология (от греч. «oikos» – дом и «logos» – наука) в буквальном смысле – наука о местообитании (немецкий биолог Э. Геккель, 1866 г.) | Совокупность или структура связей между организмами и средой. Это наука о взаимоотношениях организмов и их популяций друг с другом и со средой обитания |
| Экология (американский эколог Ю. Одум, 1986 г.) | Наука о «природном доме», охватывающая изучение всех живущих в нем организмов и всех функциональных процессов, делающих этот дом пригодным для жизни |
| Экология (Дарвин) | Биология окружающей среды, порождаемая условиями борьбы за существование |
| Экология | Сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и, прежде всего, – его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми оно прямо или косвенно вступает в контакт |

| Понятие, термины, определения | Определение |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Популяция (от лат. «Populus» – народ) | Совокупность особей одного вида, воспроизводящих себя в течение большого числа поколений, функционирующих и развивающихся в биоценозах (сообществах) |
| Экологическая ниша | Совокупность условий для существования популяции |
| Биоценоз – составная часть биогеоценоза (от био – жизнь; гео – земля) | Это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений, имеющих свою особую специфику взаимодействия слагаемых её компонентов |
| Биогеоценоз | Составная часть «экосистемы» |
| Экологическая система | Совокупность организмов и окружающей среды: фитотрон, террариум, аквариум, пилотируемый космический корабль. Основу взаимодействия явлений, предметов и процессов в природе составляет непрерывная миграция химических элементов литосферы, гидросферы, атмосферы и живой природы (рис. 1, 2, 3) |
| Окружающая природная среда | Естественная среда обитания и деятельности человека и других живых организмов, включающая литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу и околоземное космическое пространство |
| Экологические факторы | Факторы, которые оказывают непосредственное влияние на характер и интенсивность протекающих в экосистеме процессов |
| Внутренние экологические факторы | Факторы, которые соотносятся со свойствами самой экосистемы и входят в ее состав (численность и биомасса популяции, количество химических веществ, рН среды и т.д.) |
| Внешние экологические факторы | Факторы, которые действуют на экосистему, но сами не подвержены ее влиянию (солнечная радиация, атмосферное давление, скорость ветра и т.д.) |
| Биотические экологические факторы | Живые компоненты экологической системы |
| Абиотические экологические факторы | Неживые компоненты экологической системы |
| Антропогенные факторы | Факторы, которые вызваны человеком и противопоставляются природным |

Очень крупные наземные экосистемы называются биомами. Их географическое распределение приведено на рис. 1. Каждый биом включает в себя целый ряд

меньших по размерам, связанных друг с другом экосистем. Одни из них могут быть очень крупными – площадью в миллионы квадратных километров, другие представлять собой небольшие территории лесов, полей водоёмов и пр. Каждую группу экосистемы можно определить как более или менее специфическую группировку растений и животных, взаимодействующих друг с другом и с окружающей природной средой. Выделение в ландшафте различных экосистем производится произвольно. Чёткие границы между ними встречаются редко. Обычно между экосистемами и биотами находится переходная зона с видами и особенностями, свойственными обоим соседствующим системам (рис. 2). Иногда их контакт обуславливает специфические условия среды, определяющие существование здесь особых видов растений и животных, присущих только данной переходной зоне, которая сама по себе может рассматриваться как отдельная экологическая система.

Люди со своими культурными растениями и домашними животными также образуют группировку организмов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей природной средой. Это тоже экосистема – экосистема человека, взаимодействующая со всеми другими экологическими системами планеты. Таким образом, все экосистемы Земли взаимосвязаны и образуют в совокупности единое целое – биосферу.

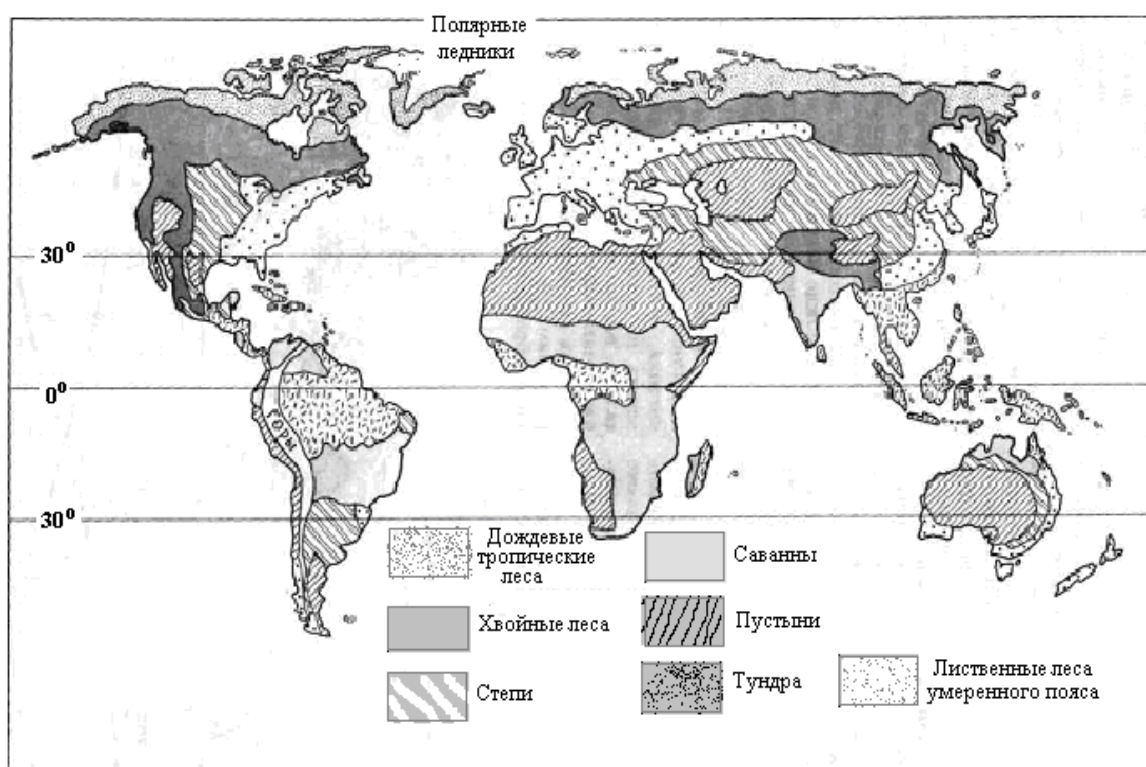


Рис. 1. Распространение основных типов биомов по поверхности земного шара

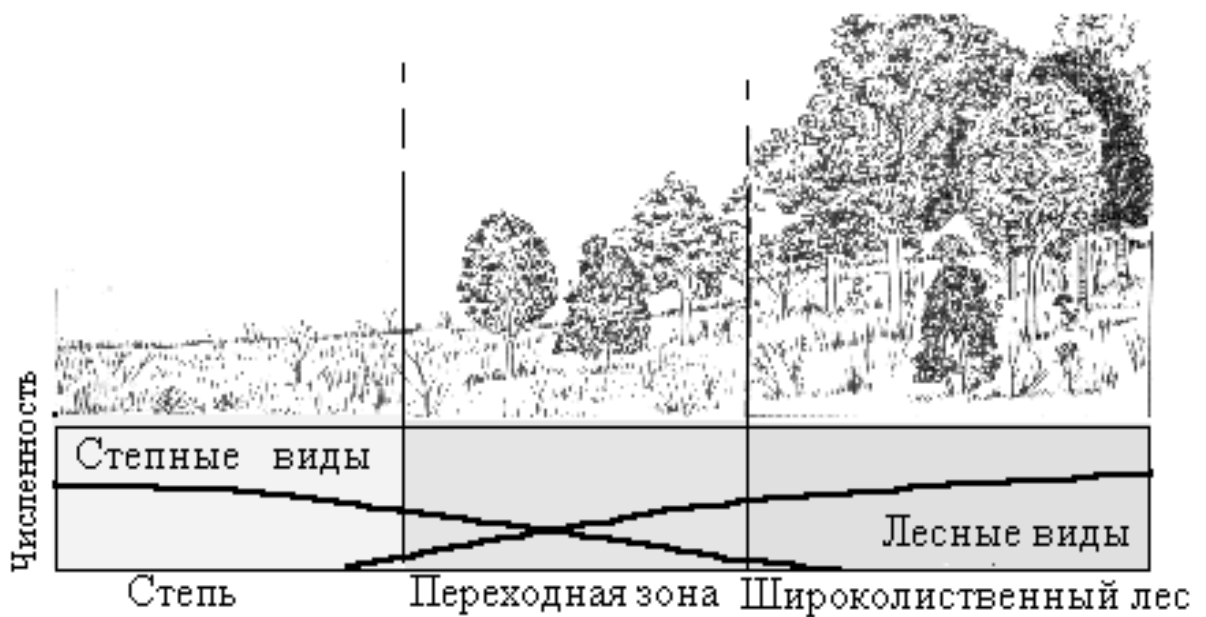


Рис. 2. Экосистемы

1.1. Структура и функционирование экологических систем

В каждой экосистеме два основных компонента: организмы, с одной стороны, и факторы окружающей среды – с другой. Всю эту совокупность организмов (растений, животных, микроорганизмов и т.п.) называют «*биотой*» экосистемы (от лат. «*bio*» – жизнь):

- т.е. **биотическая структура** – пути взаимодействия разных категорий организмов;
- **абиотическая структура** – физические и химические факторы окружающей среды.

Биотическая структура. Категории организмов. Всем экосистемам, несмотря на их разнообразие, свойственна примерно одинаковая **биотическая структура** – все они включают одни и те же основные категории организмов, взаимодействующих друг с другом однотипным образом. Это следующие категории: *продуценты, консументы, детритофаги и редуценты*.

Продуценты – это в основном зелёные растения, осуществляющие фотосинтез, т.е. процесс превращения на свету (световая солнечная энергия) воды и CO_2 газа в сахар с выделением побочного продукта кислорода. Из сахара и минеральных элементов питания (биогенов), получаемых из почвы или воды, растения синтезируют все сложные вещества, входящие в состав их организма (рис. 3).

Молекула, с помощью которой растения улавливают световую энергию, необходимую для фотосинтеза, – зелёный пигмент *хлорофилл*. Таким образом, *фотосинтезирующие* растения зелёного цвета. Это и одноклеточные *водоросли* и средние по величине *злаки* и *кактусы*, и гигантские *деревья*. Иногда зелёный цвет хлорофилла из-за преобладания других цветов (красного, синего или жёлтого).

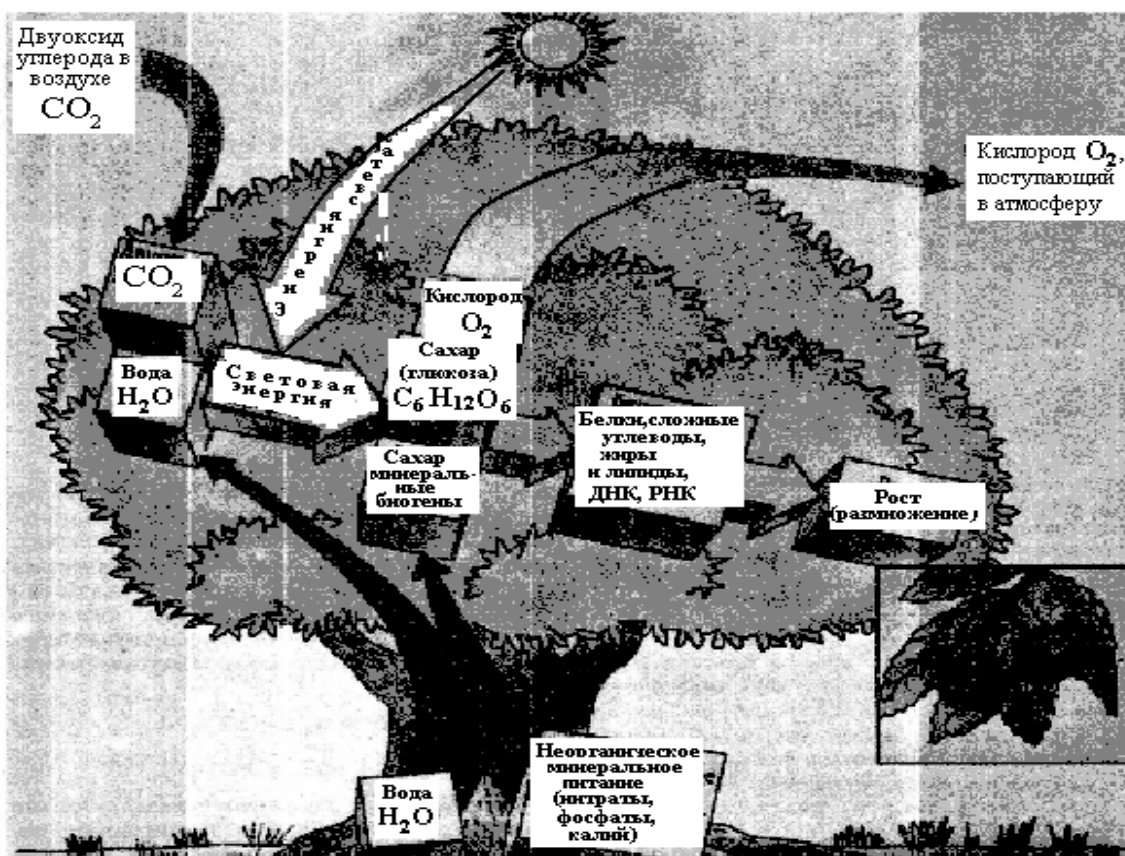


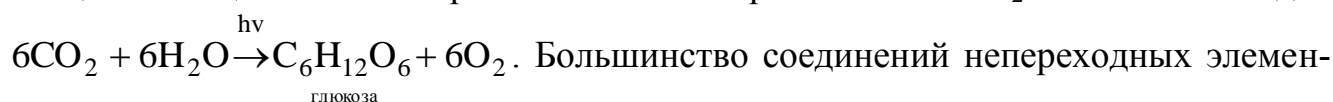
Рис. 3. Продуценты

Известно, что характерным свойством переходных металлов является наличие уровней, что позволяет им поглощать свет в видимой области спектра и придаёт им окраску. Хлорофилл в растениях поглощает фотоны видимого цвета и переходит в возбуждённое электронное (рис. 4) состояние.



Рис. 4. Спектр поглощения хлорофилла. Это вещество поглощает видимый свет во всех диапазонах, кроме области вблизи 500 нм (зелёный свет), и поэтому кажется зелёным

Эта энергия инициирует цепь физико-химических процессов, приводящих в конце концов к образованию сахаров из CO_2 -газа и воды:



Большинство соединений переходных элементов способны поглощать видимый свет, т.к. в них нет достаточно близко расположенных энергетических уровней.

В настоящее время *существует реальная гипотеза*, что зарождение жизни на Земле происходило в *восстановительной атмосфере*, которая состояла из *аммиака, метана, воды и CO_2 -газа и не содержала свободного кислорода*. Дело в том, что свободный кислород разрушал бы органические соединения очень быстро, т.е. гораздо быстрее, чем они смогли бы синтезироваться в результате естественно протекающих процессов (под воздействием электрического разряда, ультрафиолетового излучения, теплоты или радиоактивного излучения). В отсутствие свободного кислорода, органические соединения могли накапливаться в воде (реке, ручейке, океане и т.д.) в течение какой-то эры до тех пор, пока не появились комплексные, локальные образования химических соединений, которые уже можно было считать живыми организмами.

Но процесс *фотосинтеза*, к сожалению, сопровождается выделением кислорода, опасного побочного продукта. Кислород был не только бесполезен для ранних организмов, но и «уничтожал» их, прежде чем они могли бы быть *окислены в процессе метаболизма (процессы обмена веществ в клетках организма)*. Кислород есть гораздо более эффективный «*пожиратель*» энергоёмких соединений, чем живая материя. Ещё «хуже» было то, что слой озона, O_3 , который постепенно образовался из кислорода в верхней части атмосферы, преграждал доступ ультрафиолетовому излучению солнца и ещё больше замедлял естественный синтез новых органических соединений. *Т.е. со всех современных точек зрения, образование свободного кислорода в атмосфере, представляло угрозу для жизни.*

Но дальнейшее развитие жизни на Земле показало, что кислород может оказывать и благотворное действие. Отходами жизнедеятельности «первичных» простейших организмов были такие соединения, как *молочная кислота и этанол*. Эти вещества намного менее энергоёмки по сравнению с сахарами, и они способны высвобождать большое количество энергии при взаимодействии с кислородом. В этом случае образуются CO_2 -газ и вода. В результате возникли организмы, способные «*фиксировать*» кислород в виде воды и CO_2 -газа, а взамен получать энергию жизнедеятельности, то есть то, что раньше было отходами. *Так появился аэробный метаболизм. Это полное сгорание органических молекул-отходов.*

Консументы – разнообразные организмы от микроскопических бактерий до огромных синих китов (к ним относятся простейшие черви, рыбы, моллюски, насекомые и прочие членистоногие). С точки зрения экосистемы их можно подразделить на ряд подгрупп, где в основу классификации положен принцип источника пищи.

Животные, питающиеся непосредственно *продуцентами (от слонов до растительноядных крошечных клещей)* относятся к *первичными консументам*. Их

самих (*первичных консументов*) употребляют в пищу *вторичные консументы*. Например, кролик ест морковь – первичный консумент, а лиса, которая охотится за кроликом – *вторичный консумент*. Естественно, есть консументы третьего, четвёртого и более высокого порядка, причём некоторые виды животных соответствуют нескольким таким уровням. Например, человек (всеядный), который употребляет в пищу почти все порядки консументов.

- Первичный консумент – животные, питающиеся только растениями – *растительноядные или фитофаги*.

- Консументы второго или более высокого порядков – *плотоядные*.

- Консументы – *паразиты*, т.е. организмы, которые тесно связаны со своими жертвами и питаются ими в течение длительного времени, но, как правило, по крайней мере сразу не убивают (но причиняют им вред) своих жертв. Растения или животные, которые являются жертвами называют *хозяевами*, т.е. отношения хозяин–паразит. Например, глисты в организме животных. Основные пищевые связи между организмами представлены на рис. 5.

- *Детритофаги и редуценты*. Мёртвые растительные и животные остатки (опавшие листья, фекалии, засохшие побеги и т.д.). Организмы, которые питаются ими, относятся к *детритофагам* (*это раки, термиты, черви, муравьи, жуки и т.п.*).

Значительная часть детрита в экосистеме не поедается животными, а гниют в процессе питания грибков и бактерий. Большинство таких организмов не относятся к болезнетворным, а представляют собой безвредных детритофагов. Почему в разных регионах сформировались разные экосистемы?

1. Почему экосистемы в разных регионах неодинаковы?

2. Что препятствует замещению одной экосистемы другой?

Основная причина – своеобразие *абиотических* условий каждого отдельного региона. *Плотность популяций любого вида* – число особей на единицу площади будет наивысшей там, где все параметры окружающей среды будут для них наилучшими (см. рис. 5, рис. 6).

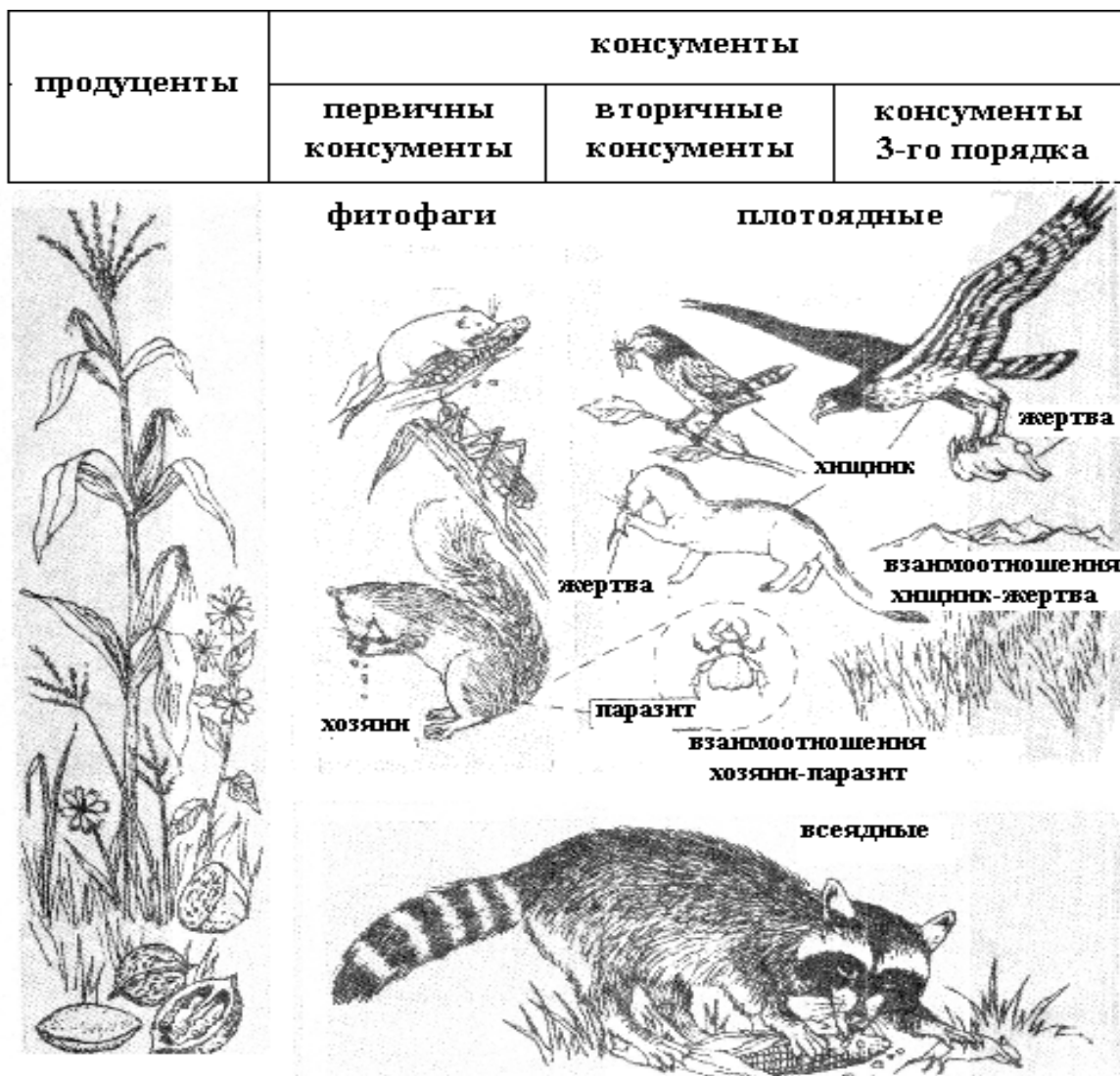


Рис. 5. Основные пищевые связи между организмами

1.2. Климат

Два *абиотических* фактора – *температура* и *количество осадков* определяют размещение по Земле основных наземных биомов. *Режим температуры и осадков* на какой-либо территории в течение относительно долгого времени и есть то, что называется *климатом*.

Например, *годовая сумма осадков* меняется практически от 0 до 2500 мм и более; при этом они выпадают равномерно (примерно одинаковое количество осадков по месяцам года) или в основном осадки приходятся на «*влажный*» сезон.

Среднегодовая температура также варьируется от отрицательных величин до +38 °С. Температуры бывают либо почти постоянными, близко от экватора, либо меняются по временам года (по сезонам). Режим сочетаний температуры и осадков может быть самым разнообразным.

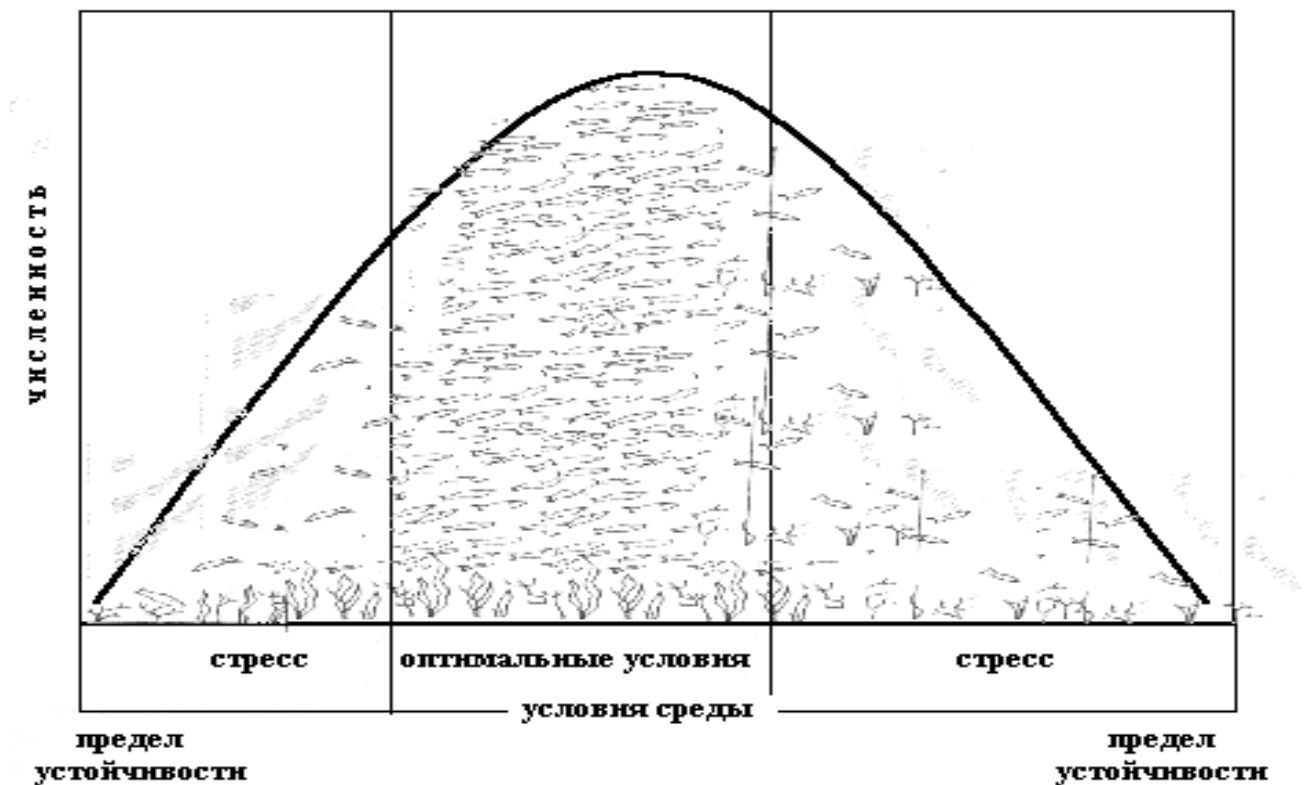


Рис. 6. Схема обитания: наибольшее обилие особей вида наблюдается в оптимальных для него условиях, меньше там, где условия менее благоприятны. За пределами устойчивости вида его представители не встречаются

Специфика климата в свою очередь определяет развитие того или иного биома.

Влага – основной фактор, определяющий разделение экосистем на:

- лесные;
- степные;
- пустынные.

Отличительные признаки следующие (рис. 7):

- годовая сумма осадков *ниже 1000 мм в год* соответствует *стрессовой* зоне для многих *видов деревьев*; предел устойчивости большинства из них составляет около 750 мм в год; в таких районах обычно развиваются леса;
- годовая сумма осадков *ниже 250 мм в год* соответствует злакам, а предел устойчивости для *кактусов и других* подобных растений соответствует 70–100 мм в год.

Температура – второй по значимости показатель климата (см. рис. 7). Влажность – главный фактор, определяющий тип *биома*. Температурный фактор остаётся главным только в очень холодных районах с вечной мерзлотой.

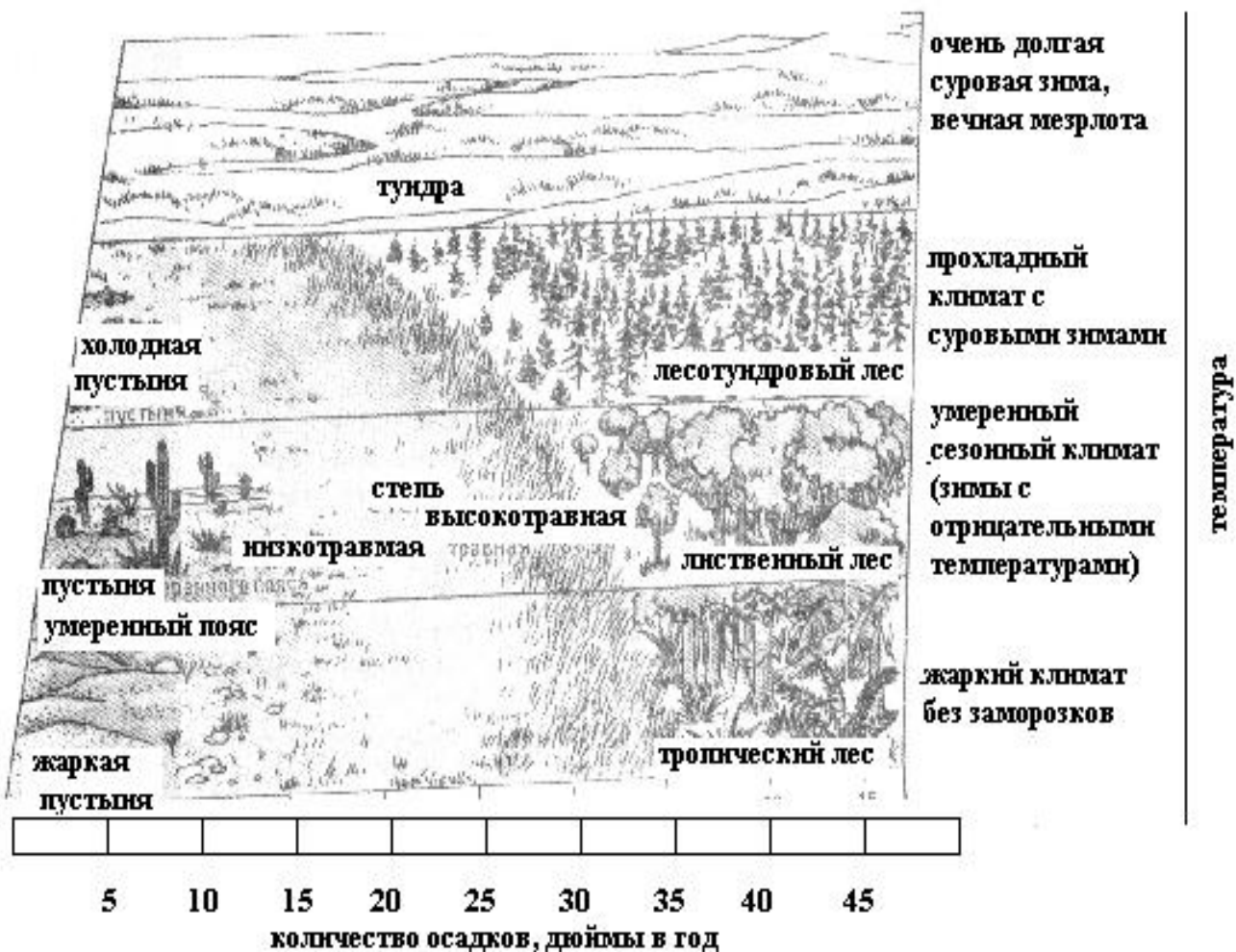


Рис. 7. Абиотические факторы и основные биомы

Жизнь, организация и энергия. Чтобы понять, как регулируются экологические системы (экосистемы), нужны знания некоторых основополагающих *физико-химических принципов*, касающихся строения материи и элементов термодинамики, ведущих к образованию сложных соединений и их деструкции. Множество естествоиспытателей, исследуя мир, старались отыскать (обнаружить) некую особую «*субстанцию – жизненную силу*», обуславливающую функционирование организмов. Однако ни самой «*субстанции*», ни каких-либо признаков, указывающих на то, что она существует, найти не удалось. Учёные выяснили, что организмы состоят из тех же химических элементов, что и воздух, вода, горы, земля и т.п. Из всех существующих в природе элементов в организмах обнаружено, только 20 (табл. 2).

Наиболее важные и распространённые из них являются *углерод* (химический символ – C), *водород* (химический символ - H), *кислород* (O), *азот* (N), *фосфор* (P) и *сера* (S). Их легко запомнить при помощи акронима N.CHOPS. Отличительная особенность *живого от неживого* – это сложность соединений. Структура *живого* основана на сложных молекулах – белки, углеводы, жиры, липиды и нуклеиновые кислоты (ДНК – генетический материал организма) (рис. 8).

Элементы, содержащиеся в *живых организмах*,
и их присутствие в *окружающей среде*

| Элемент | Символ элемента | Биологически важные молекулы или ионы, включающие данный элемент ¹ | | Присутствие в окружающей среде | | |
|---------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|
| | | название | формула | воздух | водный раствор | горные и почвенные минералы |
| Углерод | C | Углекислый газ | CO ₂ | * | * | |
| Водород Кислород | H O | Вода | H ₂ O | * | | |
| | | Газообразный кислород | O ₂ | * | * | |
| Азот | N | Газообразный азот | N ₂ | * | * | |
| | | Аммоний-ион | NH ₄ ⁺ | | * | * |
| | | Нитрат-ион | NO ₃ ⁻ | | * | * |
| Сера | S | Сульфат-ион | SO ₄ ²⁻ | | * | * |
| Фосфор | P | Фосфат-ион | PO ₄ ³⁻ | | * | * |
| Калий | K | Ион калия | K ⁺ | | * | * |
| Кальций | Ca | Ион кальция | Ca ²⁺ | | * | * |
| Магний | Mg | Ион магния | Mg ²⁺ | | * | * |
| Микроэлементы | | | | | | |
| Железо | Fe | Ион железа | Fe ²⁺ Fe ³⁺ | | * | * |
| Марганец | Mn | Ион марганца | Mn ²⁺ | | * | * |
| Бор | B | Ион бора | B ²⁺ | | * | * |
| Цинк | Zn | Ион цинка | Zn ²⁺ | | * | * |
| Медь | Cu | Ион меди | Cu ²⁺ | | * | * |
| Молибден | Mo | Ион молибдена | Mo ²⁺ | | * | * |
| Хлор | Cl | Хлор-ион | Cl ⁻ | | * | * |

Примечание. Перечисленные элементы входят в состав живых организмов, растений, животных, микробов.

1. Молекула – соединение двух или более числа атомов. Ион – положительно или отрицательно заряженная частица из одного или нескольких, связанных между собой атомов.

2. Элементы необходимые организмам в очень небольших количествах

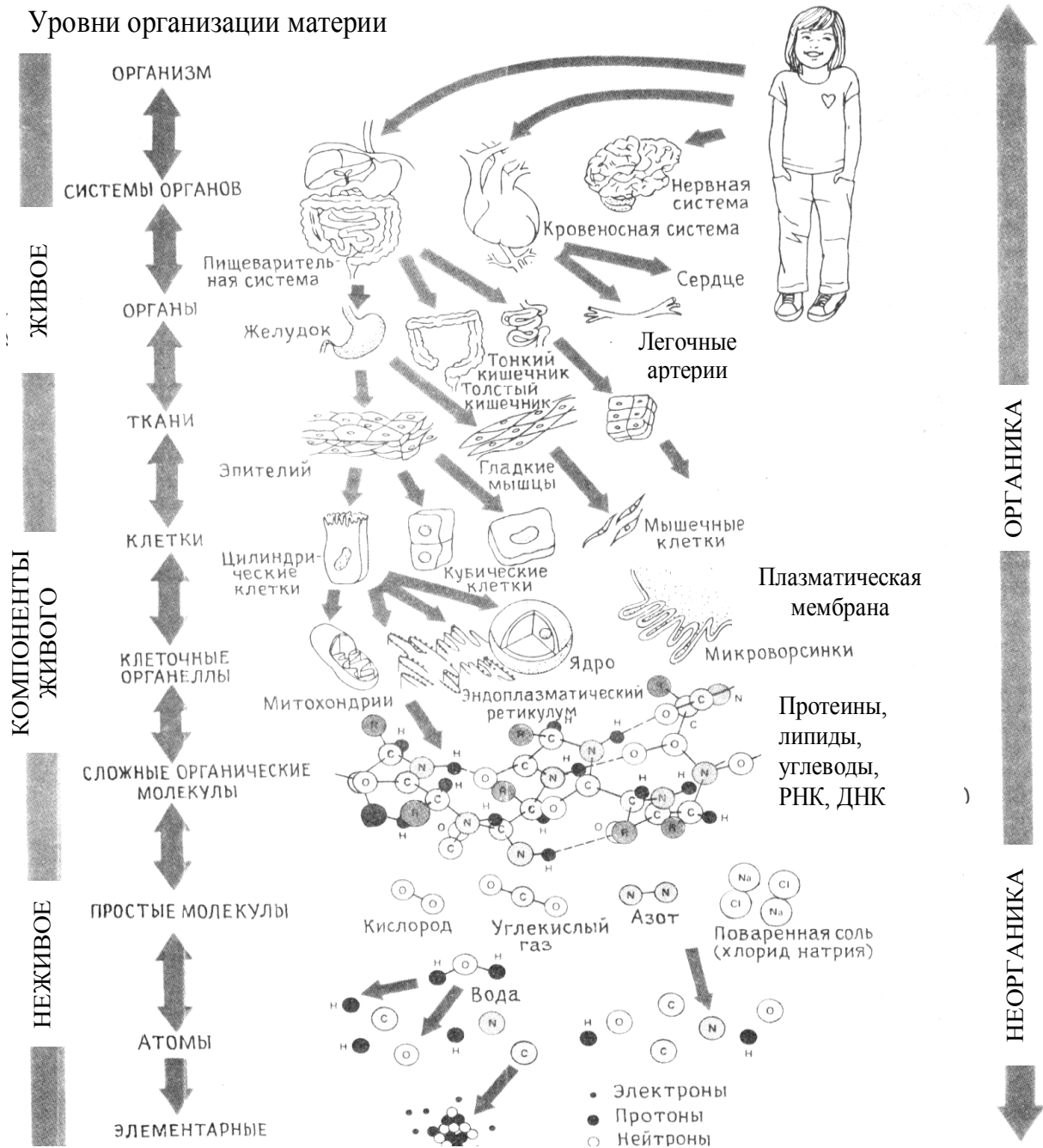


Рис. 8. Организационно-иерархическая схема жизни на Земле

Структура *неживого* основана на *наименьшей единице любого вещества*, обладающего всеми его свойствами. Например, воздух это кислород, азот, углекислый газ и т.п. (рис. 9 и 10), где в нём присутствуют другие газы, как правило, не играющие существенной биологической активности.

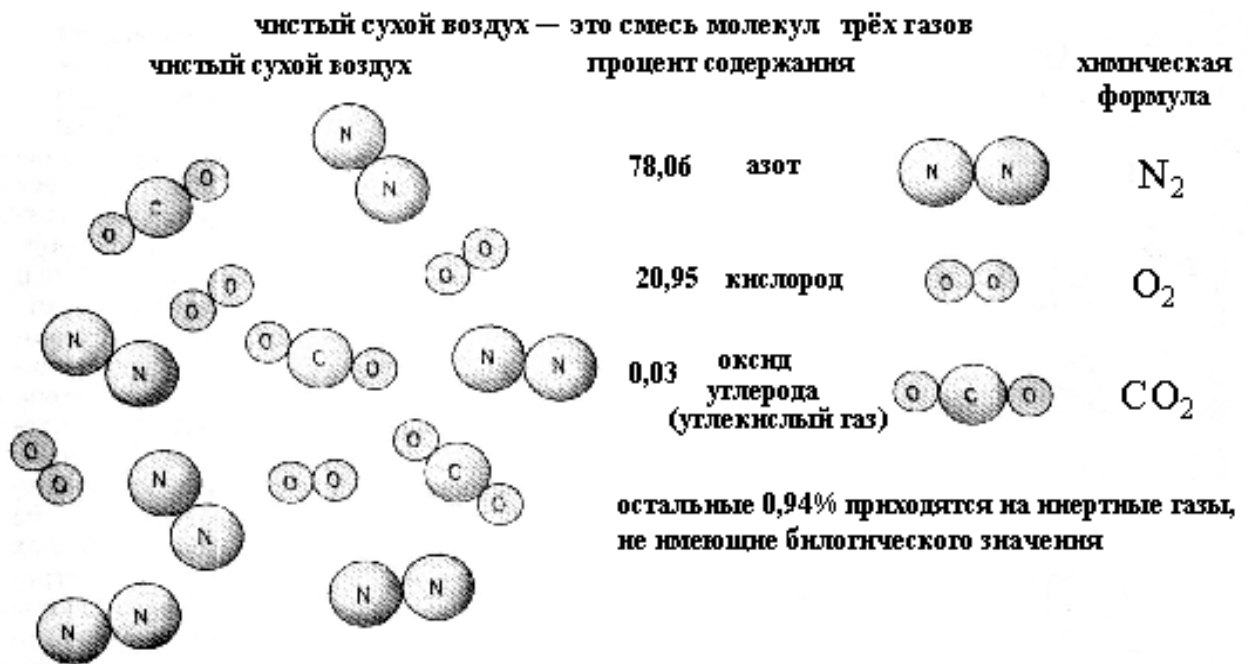


Рис. 9. Состав воздуха: чистый сухой воздух это смесь трёх основных газов. Обычно в нём всегда содержится водяной пар и пыль (не считая загрязнения другими веществами, эти вещества не соединяются между собой)

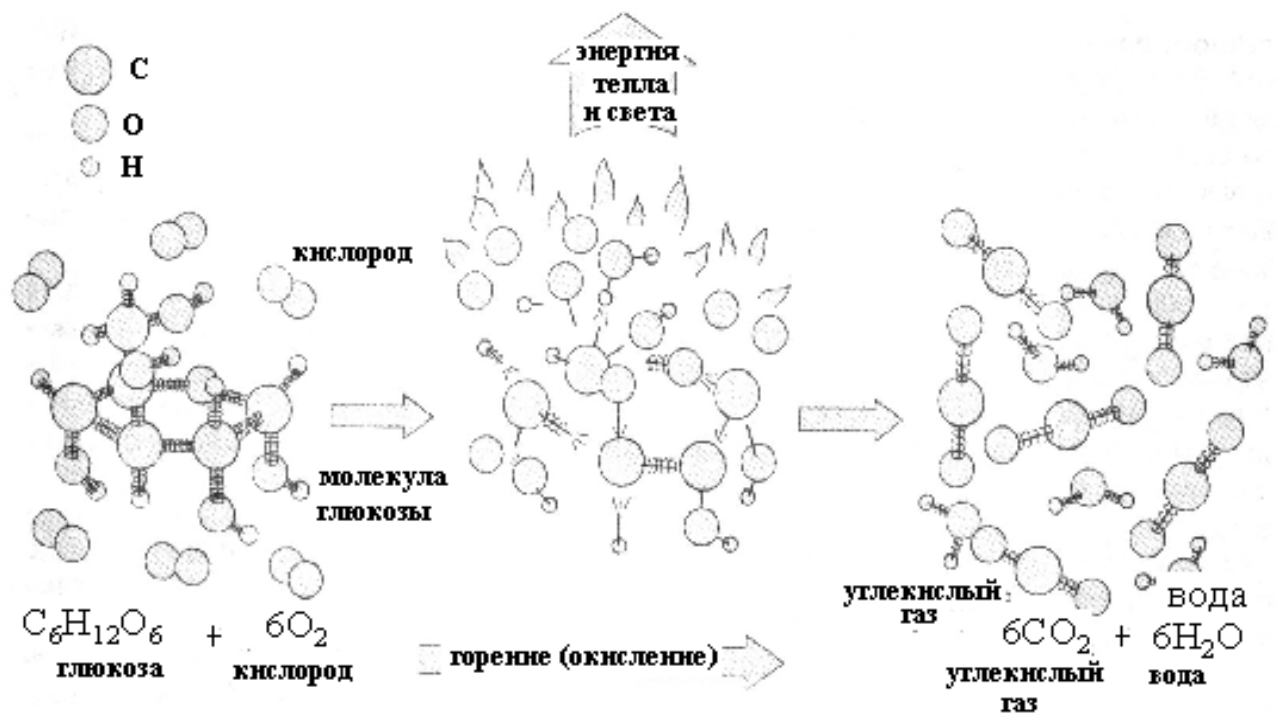


Рис. 10. Сгорание (окисление) глюкозы

Сложные органические соединения разрушают, и происходит их перегруппировка в простые молекулы. Процесс требует присутствие кислорода, а конечные продукты CO_2 – газ и вода. Обратите внимание, что атомы при этом не образуются и не исчезают, а происходит их перегруппировка. Важно и то, что происходит высвобождение энергии, заключённой в связях молекулы глюкозы.

Все *консументы, включая человека*, получают энергию для своей жизнедеятельности путём окисления органических молекул (в том числе глюкозы) в ходе «клеточного дыхания».

Энергия. Химические и физические превращения это не просто перегруппировка атомов: одновременно происходит поглощение или выделение энергии (см. первый и второй закон термодинамики и рис. 11, 12.).

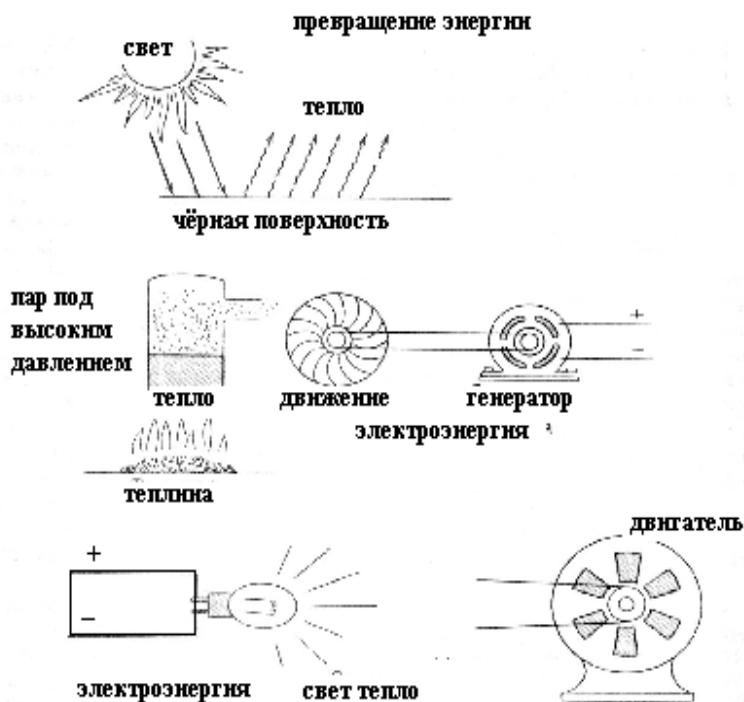


Рис. 11. Первое начало термодинамики.

Энергия не появляется и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую



Рис. 12. Второе начало термодинамики

При любых превращениях энергии часть её теряется в виде тепла. Часто такие потери достигают 50 и более процентов. Во многих из них КПД составляет всего 1–10 %. Например, генератор всегда вырабатывает меньше энергии, чем потребляет, так как часть её теряется в виде тепла. Поэтому для функционирования любой системы требуется приток энергии извне.

Многообразие связей между компонентами биосферы, взаимозависимость элементов биогеоценозов, развитие и совершенствование природы отражено в четырёх законах экологии сформулированных американским естествоисследователем **Барри Коммонером (1971 год)**.

Закон первый: всё связано со всем. Этот закон отражает существование сети связей в биосфере между живыми организмами и природным окружением. Любое качественное изменение природной (окружающей) среды влияет на **развитие биогеоценозов.**

Закон второй: всё должно куда-то деваться. Ничего не исчезает бесследно. Вещества в природе переходят из одной молекулярной формы в другую, влияя при этом на жизненные процессы живых организмов. **Этот закон объясняет главные причины кризиса окружающей среды.**

Закон третий: ничего не даётся даром. Глобальная экологическая система, т. е. биосфера представляет собой единое целое, в рамках которого один выигрыш сопряжён с потерями, но часто в другом месте. Экосистема, потерявшая часть своих элементов, не может вернуться в первоначальное состояние.

Закон четвёртый: природа знает лучше. Этот закон базируется на результатах возникновения и развития жизни на «земле», на естественной эволюции жизни. Ни один процесс не будет иметь место, если для этого нет условий и средств, не имеется абсолютно достоверной информации о механизмах и функциях природы, то человеческая деятельность может ей навредить, пытаясь улучшить. Вещество, энергия, информация и качество отдельных природных систем взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих факторов вызывает функциональные, структурные, качественные и количественные перемены всех систем в их иерархии.

Происхождение жизни. В древности цивилизации Вавилона, Египта и Китая полагали, что жизнь возникла из неживой материи. Например, казалось, что вполне очевидно как черви развиваются из гниющих органических отходов, а мухи появляются на оставленном на солнцепёке куске мяса. В представлениях Аристотеля живые существа появлялись или самопроизвольно, или от «родителей». Согласно его представлениям, новый организм мог возникнуть из соединения двух «начал»: пассивного начала – вещества и активного начала – формы. В западной Европе теория Аристотеля была принята и одобрена религиозными властями и считалась бесспорной вплоть до XVII века, когда **Франческо Реди (1626–1698 гг.)** представил новую доктрину. Согласно Реди, началом всех существующих живых организмов (микробы, растения, животные и т.д.) положил бог. То есть жизнь, по Реди, могла зародиться только из предшествующей жизни. Он утверждал свои идеи с помощью следующего опыта. В открытом кувшине,

содержащем гниющую рыбу, через некоторое время появились мухи; в то же время в соседнем закрытом кувшине, мух не появилось, то есть он оставался как бы стерильным. Этот опыт свидетельствует о том, что насекомые (в данном случае мухи) появляются из яиц, а не зарождаются самопроизвольно в гнилом мясе или рыбе.

Спустя десятилетия после опытов **Реди Антуан Ван Левенгук (1632–1723 гг.)** изобрёл микроскоп и открыл новый вид жизни: мир мельчайших различных размеров и формы существ (по Левенгуку, «мельчайших живых зверьков»). Например, в долго стоящем бульоне обнаруживались бактерии. Открытие микроорганизмов возродило веру в самопроизвольное зарождение жизни. И в последнем столетии биологи разделились на два лагеря: сторонники самопроизвольного зарождения и те, кто утверждал, что жизнь возникает только из жизни. Этот спор разрешил **Луи Пастер (1862 г.)**, который убедительно показал, что все живые организмы берут своё начало от других живых существ. Он показал, что микроорганизмы обитают в окружающей среде и являются причиной «загрязнения» культурной стерильной среды. Он доказывал, что в стерильной, изолированной от загрязнения, среде (воздух, жидкость и т. д.) не могут самопроизвольно появиться никакие микроорганизмы. Микроорганизмы, также как и другие живые виды, имеют только родительские начала. Поэтому живые организмы по своей природе очень своеобразны, отличаются от всего прочего, и кажется, будто нет ничего общего между теми веществами, из которых они состоят, и неорганическими веществами, окружающими их. В 1859 г. в самый разгар полемики между сторонниками самопроизвольного зарождения жизни и их противниками **Чарльз Дарвин** опубликовал свою монографию «Происхождение видов», это было одно из самых выдающихся достижений научной мысли. Дарвин отмечал изменчивость, свойственную любому данному виду, он обнаружил в ископаемых остатках растений и животных различия с современными видами и, таким образом, пришёл к выводу, что все виды происходят от общего предка.

Современная экосистема образовалась в результате длительного эволюционного процесса, который занял несколько миллиардов лет. Дарвинская теория эволюции основана на трёх основных понятиях:

- число особей данного вида быстро увеличиваются путём *размножения*;
- в ходе эволюционного процесса наблюдается изменчивость этих особей;
- поскольку среди живых организмов происходит конкуренция за доступные источники поддержания жизни (пропитание, местообитание и т.п.), выживают только наиболее приспособленные, что и есть естественный отбор.

В этом процессе происходит локальная дивергенция популяций, обусловленная накоплением «удачных» изменений, что приводит к возникновению новых видов.

Эта схема означает, что «общий предок» всего живого мира был простым одноклеточным организмом или бактерией

Научные данные из разных источников, которыми располагает человечество на сегодняшний день, подтверждают теорию Дарвина и могут быть представлены

в виде генеалогического дерева – «дерево жизни» (рис. 13). До конца XIX и начала XX в. человечество не могло дать убедительный ответ на вопрос, откуда же взялось «семя», из которого выросло дарвиновское генеалогическое дерево.

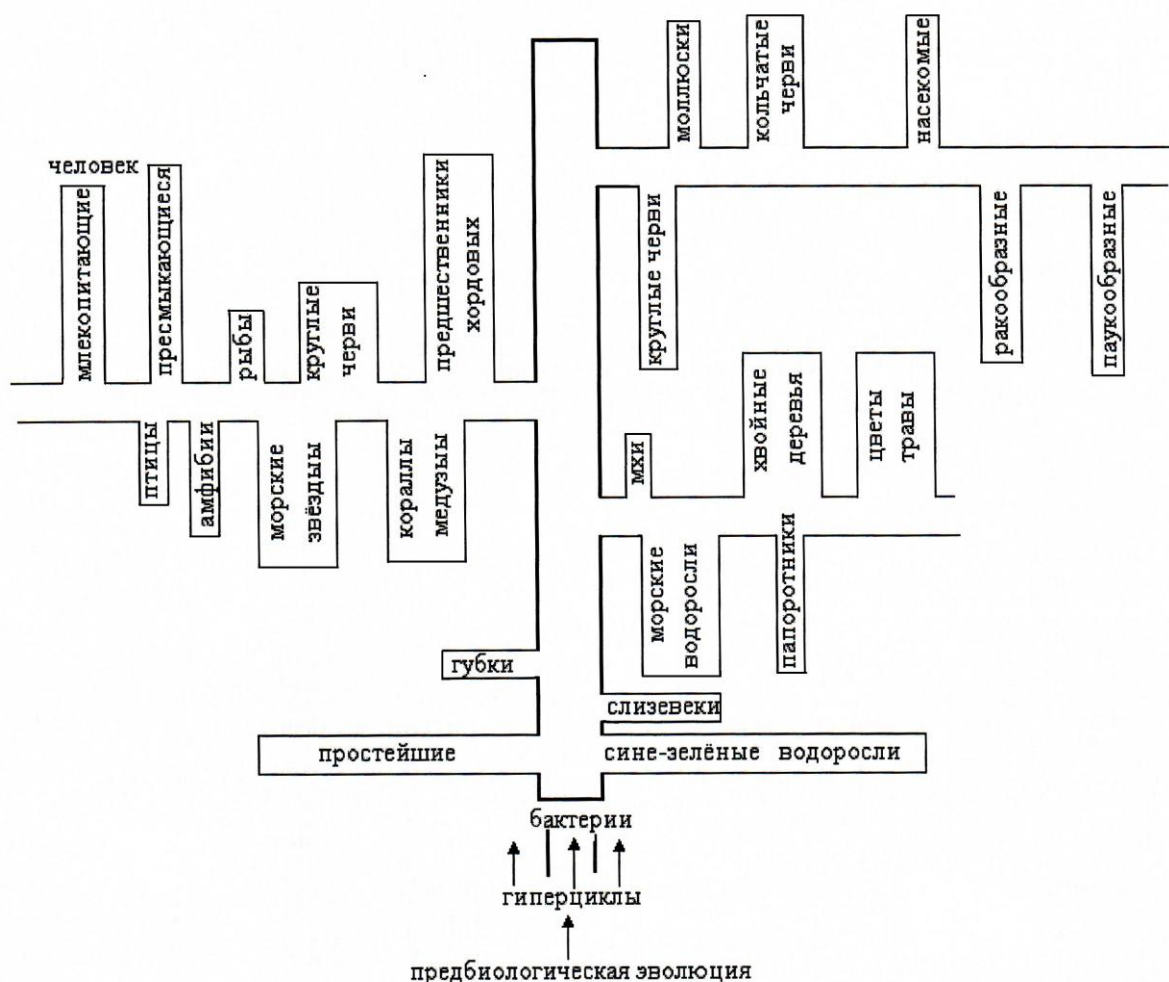
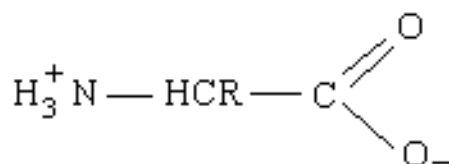


Рис. 13. Схема преемственности биологической и предбиологической эволюции: корни генеалогического дерева живых организмов берут начало в предбиологической среде

Если одноклеточные организмы не могут самопроизвольно зарождаются, тогда можно предположить, что они, вероятно, появляются в процессе медленной эволюции простых молекул до сложных биологических структур. Придерживаясь этой гипотезы, при обсуждении проблемы происхождения жизни на земле в 1913 г. **Мур** впервые использовал термин *химическая эволюция*. За период 1920–1930 гг. наукой накоплено множество данных, послуживших основой для новых представлений о возникновении живой клетки из неживой материи. **Шарден (1881–1955 гг.)** выдвинул гипотезу, согласно которой живая и неживая материя постепенно самоорганизовалась, беря начало от простых элементов и развиваясь во всё более сложные организмы. Таким образом, дарвиновскому «дереву» пришлось пустить корни в неживой мир элементов, представленный периодической системой **Д.И. Менделеева**. Первая живая клетка возникла именно из этих элементов.

В этой связи «пионерские атомы и молекулы жизни» имеют исключительную судьбу. Они могут взаимодействовать друг с другом, включая атомы углерода, кислорода, азота и рядом других атомов с образованием длинных цепей углеводов или пятичленных и шестичленных колец. В природе такие углеводородные соединения найдены только в живых или ископаемых организмах, и поэтому они были названы *органическими веществами*. К началу XIX в. из биологического материала были экстрагированы многие органические вещества. Молекулы жизни могут быть разделены на четыре основных класса: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды.

Белки – образуются из большого числа аминокислот, которые связаны между собой пептидной связью. Аминокислоты – это относительно большие молекулы с



общей формулой, которая характеризуется одновременным присутствием группы NH_3^+ и COO^- (R – углеводородная цепь; может иметь разное строение). От бактерии до человека все известные белки содержат только 24 аминокислоты.

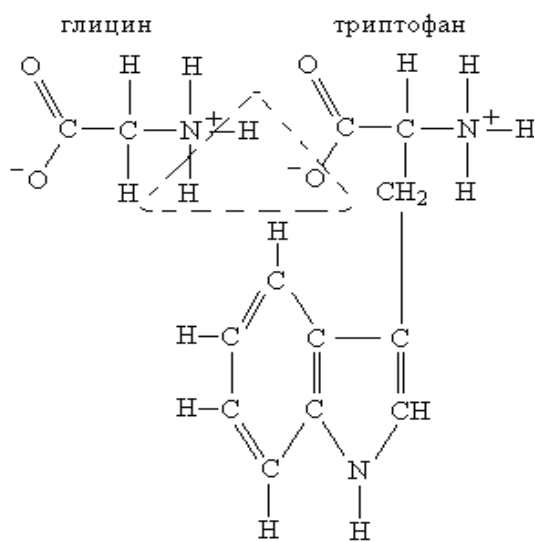


Рис. 14. Пептидная связь образуется между двумя аминокислотами путём отщепления одной молекулы воды

Самый простейший из биологических аминокислот является глицерин $\text{R} = \text{H}$, в то время как в наиболее сложной аминокислоте триптофане R содержит две циклические структуры. Пептидные связи образуются между двумя молекулами аминокислот путём отщепления одной молекулы воды (рис. 14).

Каждый белок имеет уникальную аминокислотную последовательность, называемую первичной структурой, которая определяется наследственными факторами. Типичный белок может содержать вплоть до 200 аминокислот. Длинная полимерная цепь свёртывается в пространстве в трёхмерную структуру, которая определяется как *конформация белка*. Каталитическая активность молекулы белка существенно зависит от её конформации. Две аминокислоты одинакового состава могут отличаться друг от друга так же, как левая и правая руки, и в этом случае их структуры не совмещаются.

Две аминокислоты одинакового состава могут отличаться друг от друга так же, как левая и правая руки, и в этом случае их структуры не совмещаются.

Нуклеиновые кислоты. Организмы содержат ещё один тип гигантских макромолекул, называемых *рибонуклеиновой (РНК) и (ДНК) дезоксирибонуклеиновой* кислотами. Молекулы ДНК заключают в себе всю информацию и «правила», необходимые для синтеза совершенно любого биологического материала. «Язык»

молекул ДНК – «алфавит жизни» включает в себя четыре молекулы, которые относятся к двум классам химических веществ: *пуринам* и *пиримидинам*. Два пурина *аденин* и *гуанин* и два пиримидина *цитозин* и *тимин-основания*, где так же имеется *урацил-основание*, которое характерно только для структуры РНК (рис. 15).

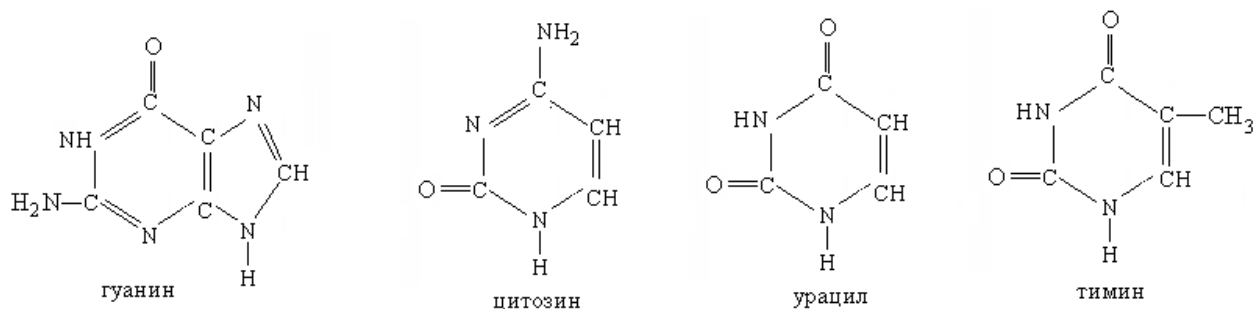


Рис. 15. Пять оснований, входящих в структуру ДНК и РНК: А – аденин, Г – гуанин, Ц – цитозин, У – урацил, Т – тимин (символы, которые были использованы древними вавилонянами)

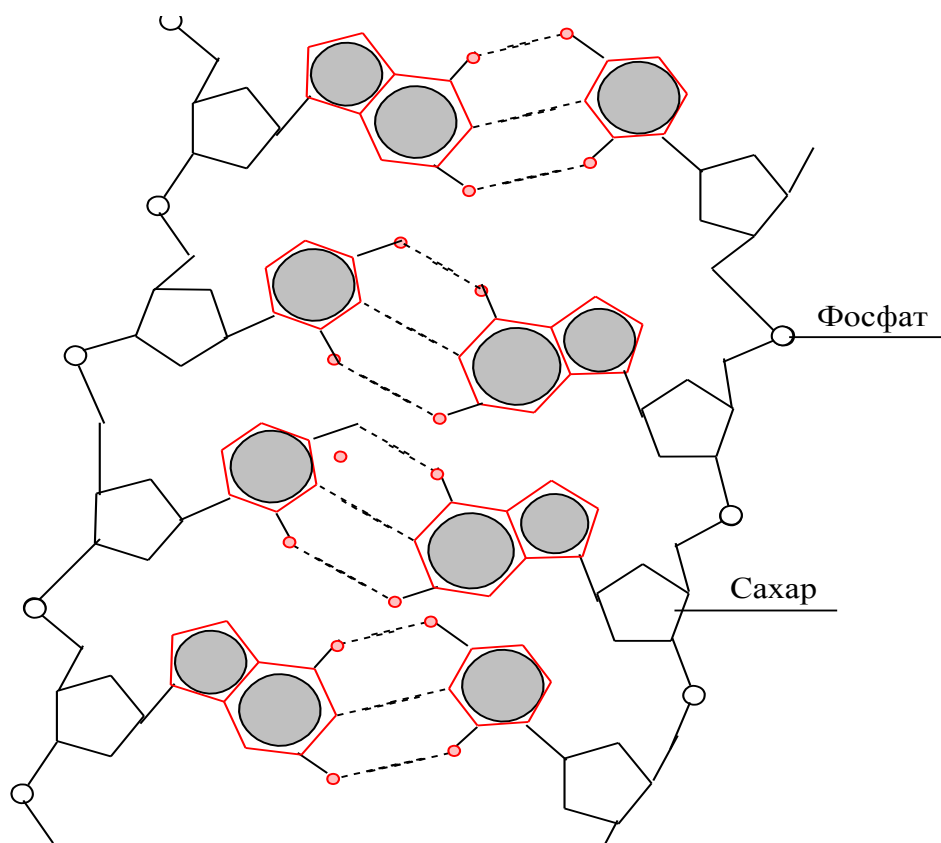


Рис. 16. Генетическая информация заключена в двухтяжевой молекуле ДНК: водородными связями основание каждого тяжа связываются друг с другом в соответствии с правилом комплементарности Уотсона – Крика (аденин связывается с тимином, гуанин – с цитозином)

Матрицы живых организмов состоят из длинной последовательности фосфатных и углеводных молекул, образующих остов, к которому прикреплены четыре основания. На Рис. 16 изображена такая гигантская молекула ДНК, первая копия которой была, вероятно, 2,5 млрд лет назад.

На языке ДНК все слова, или коды, написаны тремя буквами и они указывают на «старт», «остановку» или кодирование одной из 24 аминокислот. Полное предложение или *ген*, кодирует специфический белок. Понятие «язык ДНК», или *генетический код*, очень часто являются синонимами. Например, оба триплета оснований ЦАУ и ЦАЦ кодируют аминокислоту гистидин. Молекула ДНК данного организма является законченной «книгой сказаний» этого организма. То есть, вся древняя история и будущее развитие организма отпечатаны на матрице ДНК.

Если матрица не используется, она должна быть заключена в оболочку для защиты от вредного окружения. Организмы совершают это путём обёртывания идентичных молекул полинуклеотидных спиралей вокруг друг друга, так что образуется двойная спираль молекулы ДНК. Все основания, несущие информацию, в целях их лучшей сохранности обращены внутрь двойной спирали. Эти две цепи имеют противоположное направление, так что пирамиды образуют водородные связи с пуринами *комплементарного тяжа*. В процессе репликации ДНК двойная спираль делится на две цепи, и новая комплементарная цепь синтезируется на каждой из этих цепей (рис. 17). Возникающие при этом «ошибки-мутации» происходят в результате различных замещений, делений, вставок или любого другого дефекта в механизме копирования. Ошибочно построенная молекула ДНК называется *мутантом* исходной молекулы.

В «живых» системах генетический код идентичен для трёх с половиной миллионов видов известных растений и одного миллиона видов животных. Фрагменты ДНК, содержащие один остаток сахара, один основания и один или более фосфата, называются *нуклеотидами*. Они являются предшественниками ДНК или кофакторы ферментов. Один из этих нуклеотидов, аденозинтрифосфат (АТФ), является «энергетической валютой» всех живых организмов.

Живые организмы имеют в своём составе также рибонуклеиновую кислоту (РНК), которая по сравнению с ДНК имеет три особенности: сахар дезоксирибоза заменён другим сахаром рибозой; основание тимин заменено урацилом; структуры молекулы РНК является однотяжевой (односпиральной). Тяж РНК способен к самоскручиванию, чтобы было обеспечено максимальное внутримолекулярное спаривание комплементарных оснований в результате образования водородных связей, стабилизирующих молекулу. Различные виды РНК служат посредниками для переноса генетической информации с ДНК на белки. Поэтому естественно предположить, что РНК – первая информационная биомолекула, возникшая в предбиологической среде.

Отсчёт времени появления первых биомолекул – происхождение жизни на земле, принято считать с того дня, когда планета Земля была уже сформирована и несколько простых молекул удерживались в её окружении гравитационными силами. Высказано предположение (А.И. Опарин и Дж. Б.С. Холдейн), что первобытная атмосфера состояла из смеси молекул водорода, горючего газа метана CH_4 паров воды и аммиака. В настоящее время есть все основания думать, что данная гипотеза была правильной, так как может быть представлено экспериментально, что в присутствии избытка H_2 газа углерод, водород и азот не могут оставаться в свободном состоянии и образуют молекулы H_2O , NH_3 , CH_4 .

Предбиологическая атмосфера постоянно подвергалась интенсивной солнечной радиации, что создавало условия синтеза большого количества органических молекул. Эти молекулы накапливались в океанах, вызывая образование «первичного бульона». Из этого бульона путём длительного эволюционного процесса и произошла жизнь.

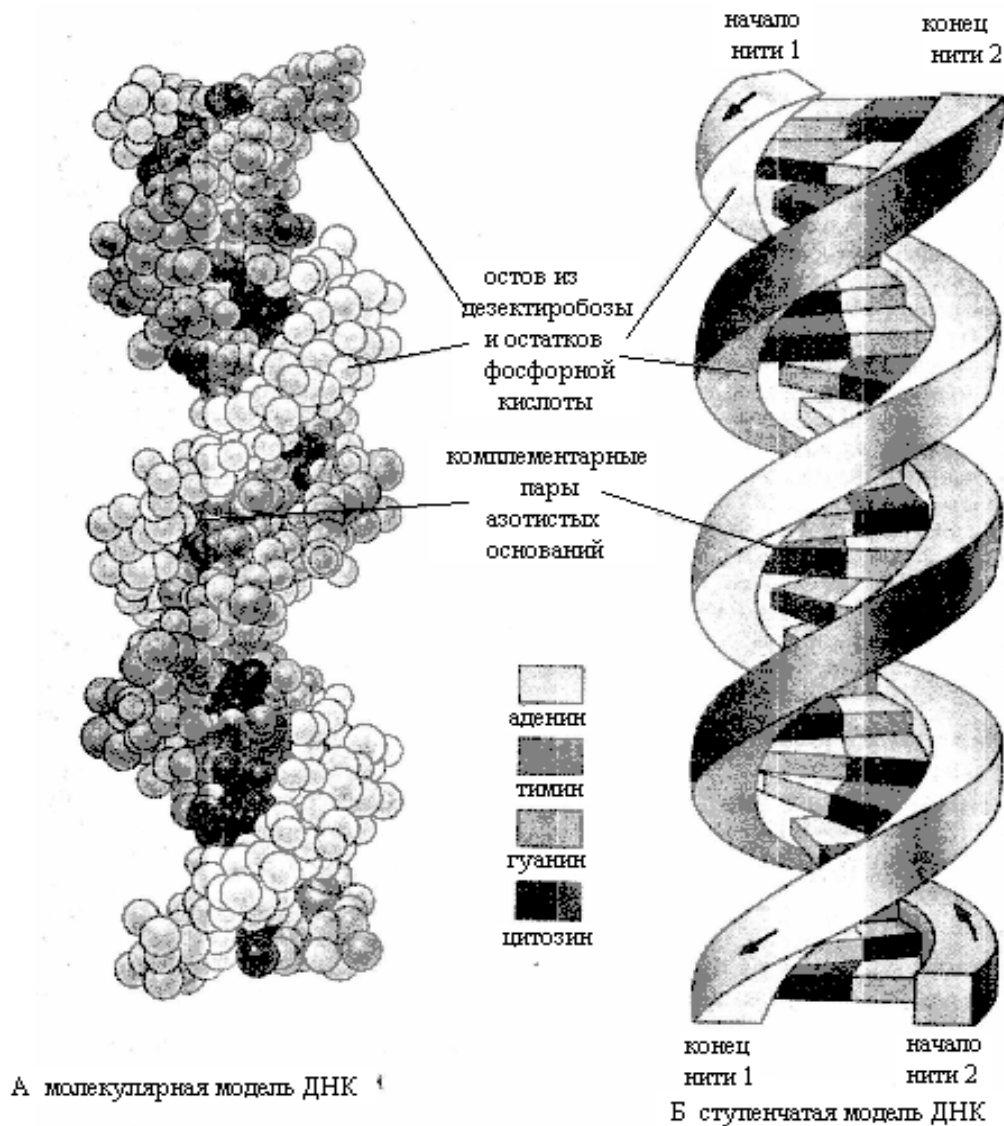


Рис. 17. Раскручивание двухцепочечной модели ДНК и синтез двух дочерних молекул на каждой цепочке

В начале 50 годов XX столетия **С. Миллер** поставил опыт для того, чтобы проверить справедливость гипотезы Опарина-Холдейна. Заполнив сосуд газами, составляющими примитивную атмосферу и облучив разрядом в 160 000 В, С. Миллер тщательно проанализировал реакционную смесь. Миллер обнаружил все аминокислоты, которые являются «строительными блоками», входящими в состав биологического материала. Он также обнаружил ряд органических соединений, не используемых природой для сооружения живого.

Кроме того, **М. Кельвин** использовал ядерную энергию, которая могла заключаться в радиоактивных минералах или поступать из космоса в виде ионизирующей радиации, бомбардировал смесь газов, составляющих примитивную атмосферу, получил аминокислоты, сахар, мочевины, жирные кислоты и другие органические соединения.

Открытие ДНК и установление двуспиральной структуры Уотсоном и Криком в 1956 г. – есть выдающееся достижение XX века.

2. АТМОСФЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

2.1. Выбросы в атмосферу

Исторические проблемы загрязнения воздуха. Известно, что организмы способны без вреда для себя переносить присутствие определённых количеств загрязняющих веществ. Содержание их, ниже которого болезненные признаки не наблюдаются, называют *пороговым уровнем*. При больших количествах появляются последствия отклонения в состоянии здоровья. Последствия зависят как от концентрации веществ, так и от длительности их воздействия (экспозиции). При короткой экспозиции переносимы более высокие уровни загрязнителей. Т.е. пороговые для них значения могут быть выше при коротком воздействии и понижаться при более длительном (рис. 18). Поэтому следует понимать, что важно не само присутствие или отсутствие загрязняющих веществ, а получаемая доза живыми организмами.



Рис. 18. Изменение порогового уровня воздействия загрязнения от времени воздействия

Существует несколько исключений. У соединений способных вызывать биоаккумуляцию, пороговые уровни очень низки, а у радиоактивных веществ пороговый уровень равен нулю. Это означает, что любое, даже самое краткосрочное их воздействие может причинить вред.

Уровень загрязнения характеризуется тремя факторами:

- поступлением загрязнителей в воздух (выброс);
- объём пространства, в котором они рассеиваются;
- механизм удаления загрязнителей из воздуха.

Миллионы лет в результате извержений вулканов, природных пожаров и пыльных бурь, в атмосферу поступали различные вещества в жидком, твёрдом и газообразном состояниях. Но биосфера способна удалять, растворять и рециклировать эти естественные загрязнители. Они рассеиваются в атмосфере, затем оседают или выпадают с осадками на поверхность Земли, а почвенные микроорганизмы преобразуют ядовитые вещества в безвредные соединения (рис. 19).

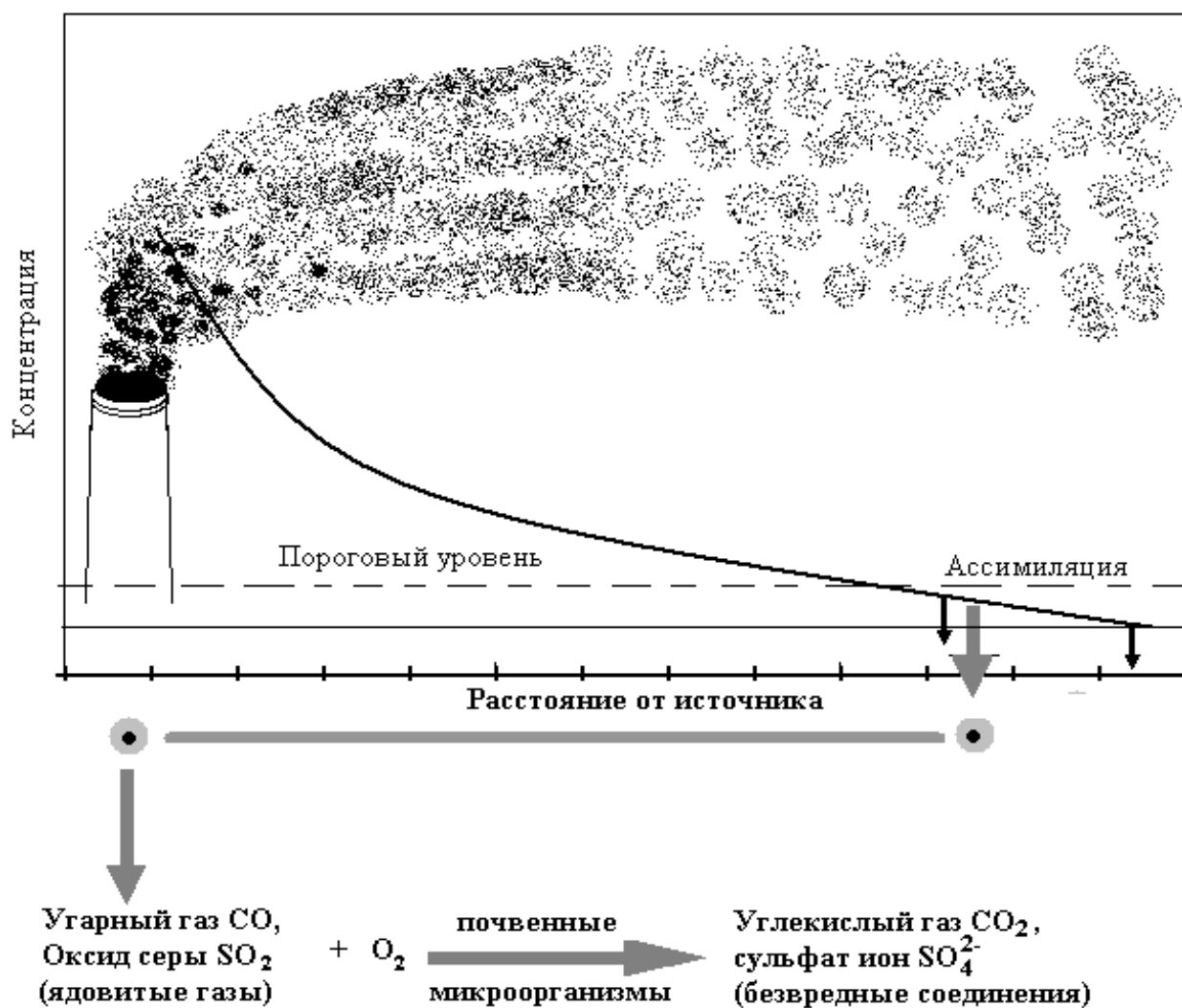


Рис. 19. Схема рассеивания и ассимиляции загрязняющих веществ

Например, угарный газ CO и сернистый SO_2 -газ преобразуются в углекислый CO_2 -газ и сульфат ион (SO_4^{2-}), усвояемый растениями. Таким образом, концентрация естественных загрязняющих веществ может поддерживаться ниже порогового уровня.

С тех пор как человечество около 10 000 лет назад научились пользоваться огнём, к природным источникам загрязнения прибавились искусственные. С тех пор, общепринятой практикой стал выброс в атмосферу продуктов сгорания и т.п. Предполагалось, что природная среда справляется с тем, что добавлялось в атмосферу и такое мнение оставалось преобладающим до середины XX в. Там, где вокруг промышленных центров воздух становился загрязнённым, проблему видели лишь в его циркуляции, а тем, кому это не нравилось, предлагали переехать в другое место. В таком подходе было рациональное зерно, так как даже на небольшом расстоянии от источников загрязнения воздух оставался чистым.

Однако уже в 50-е годы, в связи с развитием автомобильного транспорта, все крупные города окутала коричневая дымка в виде фотохимического смога, который образуется от автомобильных выхлопов в присутствии солнечного света (рис. 20).

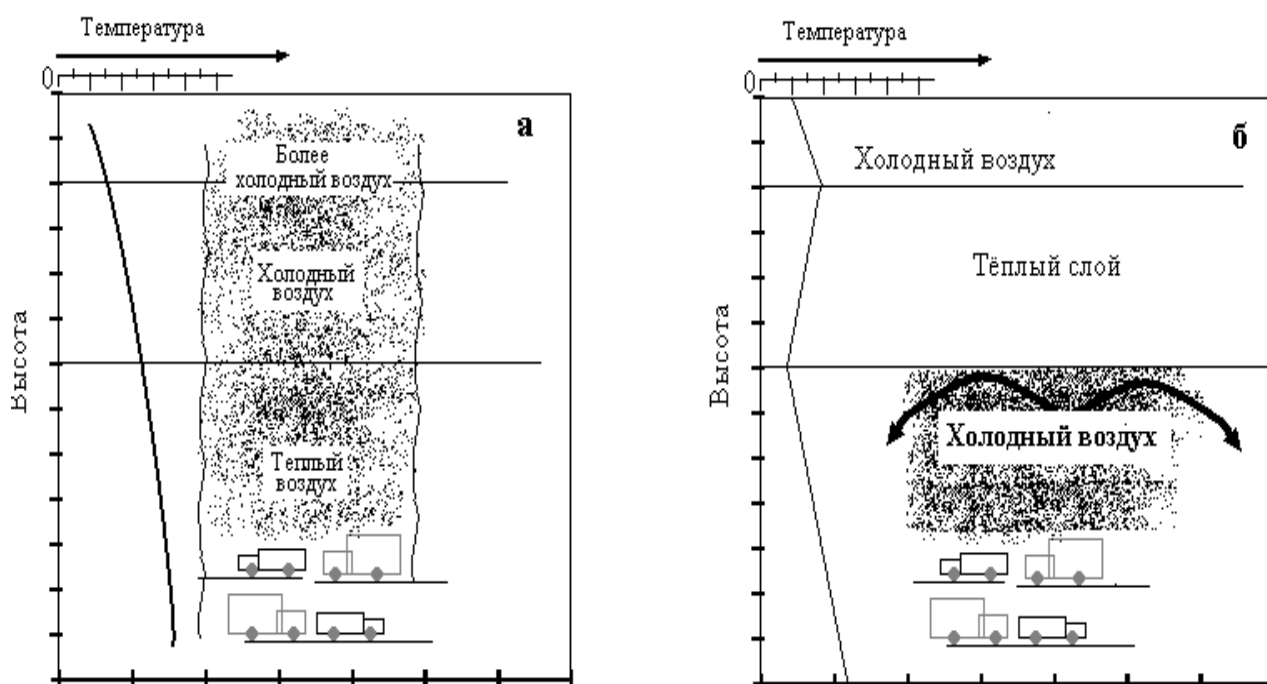


Рис. 20. Схема образования фотохимического смога: а) температура приземных слоёв воздуха выше, чем над ними; б) слой тёплого воздуха перекрывает более холодной приземной (температурная инверсия)

Смог усиливается при определённых погодных условиях, особенно при температурной инверсии. Обычно на высоте температура воздуха ниже. Тёплый воздух поднимается от поверхности земли, захватывая с собой загрязняющие вещества (рис. 20 а). При температурной инверсии слой холодного воздуха над землёй перекрывается тёплым. Это происходит, когда холодный воздух «подтекает» под тёплый. В результате восходящие движения воздуха, уносящие загрязняющие вещества, блокируются, и они накапливаются над землёй (рис. 20 б). Рельеф местности может усиливать температурную инверсию, например, в Мехико и Лос-Анжелесе, где окружающие горы препятствуют горизонтальному оттоку загрязнителей.

Влияние на здоровье людей. У многих людей смог вызывает головные боли, раздражение глаз и горла, тошноту, а также ухудшение состояния при хронических респираторных заболеваниях типа астмы и эмфиземы. В период, когда загрязнение достигает высокого уровня, на слизистую оболочку человека действуют канцерогенные вещества. Вначале, действительно, был показан более высокий уровень лёгочных заболеваний среди жителей городов с сильно загрязнённым воздухом. Однако в дальнейшем выяснилось, что основным фактором, при загрязнении воздуха является курение. Когда исследования провели для курящих и некурящих отдельно, у некурящих, живущих и в загрязнённом, и в чистом воздухе, лёгочные заболевания у курильщиков были больше. То есть курение и загрязнение воздуха обладают сильным синергическим эффектом (рис. 21).

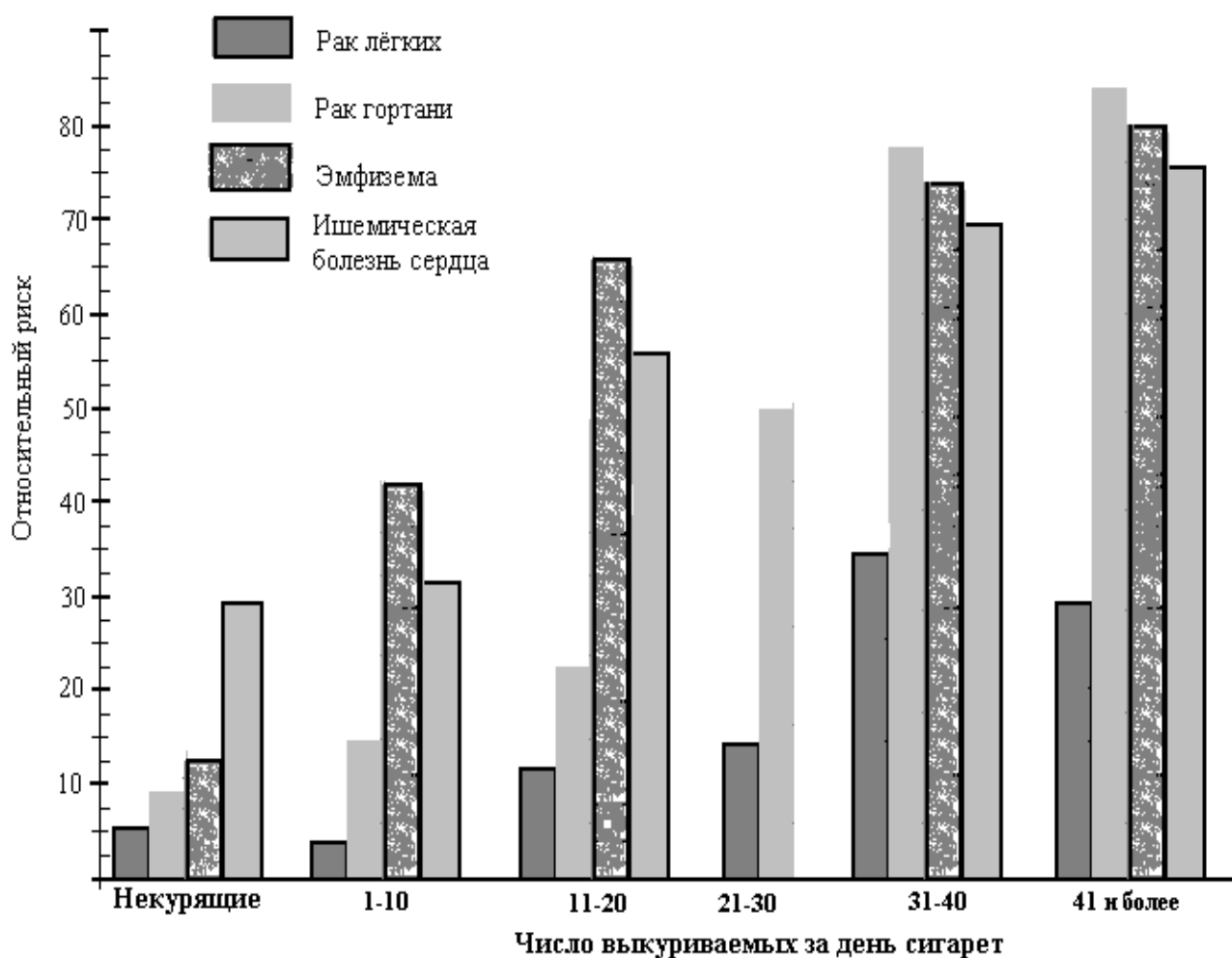


Рис. 21. Диаграмма влияния канцерогенных веществ на лёгочные заболевания человека

Кроме того, имеются данные, что в некоторых промышленных городах при резких температурных инверсиях загрязнение воздуха достигает таких величин, что заметно повышается смертность, табл. 3. (катастрофические результаты загрязнения воздуха).

Основные трагические последствия загрязнения воздуха
(с разрешения Wilfrid Bach, Atmospheric Pollution, McGraw-Hill Book Co)

| Дата | Место | Избыточная смертность |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Февраль 1980 года | Лондон (Англия), Карабаш (Россия) | 1 000 |
| Декабрь 1930 года | Долина Меза (Бельгия) | 63 |
| Октябрь 1948 года | Донора, Пенсильвания (США) | 20 |
| Ноябрь 1950 года | Пока-Рика (Мексика) | 22 |
| Декабрь 1952 года | Лондон (Англия), Карабаш (Россия) | 4 000 |
| Ноябрь 1953 года | Нью-Йорк (США) | 250 |
| Январь 1956 год | Лондон (Англия) | 1 000 |
| Декабрь 1957 года | Лондон (Англия) | 700–800 |
| Декабрь 1962 год | Лондон (Англия) | 700 |
| Январь-февраль 1963 год | Нью-Йорк (США) | 20–400 |
| Ноябрь 1966 года | Нью-Йорк (США) | 168 |

2.2. Основные загрязнители воздуха

В качестве наиболее распространённых и опасных выделены семь категорий загрязняющих веществ (рис. 22).

Важно осознавать, что загрязнение атмосферы – это не одна, множество примесей к основным компонентам воздуха (см. рис. 9). Количество каждого конкретного загрязнителя варьируется в зависимости от расстояния до его источника, направления и скорости движения ветра, температуры. Таким образом, состав и концентрация выбрасываемых веществ в атмосфере меняются изо дня в день.

Установление стандартов. Стандарт чистого воздуха установлен для следующих загрязнителей (см. рис. 22):

- 1) взвеси;
- 2) летучие органические вещества;
- 3) угарный газ;
- 4) оксиды азота;
- 5) сернистый газ;
- 6) озон;
- 7) кислоты (серная, азотная, угольная).

Качество воздуха, о котором теперь обычно сообщается в сводках погоды, (хотя никакого отношения к погоде не имеет) оценивается по этим показателям.

Рис. 22

Основной физической характеристикой примесей атмосферы является концентрация (или предельно-допустимая концентрация – ПДК). Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесённая к определённому времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него не окружающую среду вредного воздействия. (При этом воздействие на окружающую среду является определяющим). Загрязнитель с наиболее высокой концентрацией относительно своего первичного стандарта определяется индексом качества (рис. 23).



Рис. 23. Стандартный индекс загрязнения, характеризующий качество воздуха. (Оценивается по самому высокому процентному содержанию загрязнения относительно стандарта)

Например, если максимальное содержание для загрязняющего вещества составляет 120 % первичного стандарта, стандартный индекс загрязнения 120 и качество воздуха считается «умеренным».

Предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ (табл. 4, 5, 6, 7) в атмосфере населённых мест регламентированы «перечнем» в соответствии с которым установлены: класс опасности веществ, допустимые максимально-разовые (ПДК_{мр}), и среднесуточные (ПДК_{сс}) концентрации $C = \frac{m}{V}$, кг/м³, где m – масса вещества в единице V – объёма воздуха при нормальных условиях (давлении воздуха p = 760 мм. рт. ст. и температуре t = 0 °С).

Таблица 4

Расчёт и определение ПДК в атмосфере воздуха населённых мест

| Обозначение ПДК, мг/м ³ | Расчётная формула | Назначение | Принадлежность ПДК, мг/м ³ по порогу и показателю токсичности |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| lg ПДК _{мр(x₁)} – максимально-разовая концентрация по порогу чувствительности | $lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)} = 0,96 \cdot lg X_1 - 0,51$ | Для большинства химических соединений и веществ | По порогу чувствительности обоняния – запах (x ₁ , мг/м ³) |
| lg ПДК _{мр(x₂)} – максимально-разовая концентрация по порогу биоэлектрической активности | $lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)} = 0,97 \cdot lg X_2 - 0,23$ | | По порогу действия на биоэлектрическую активность коры головного мозга (x ₂ , мг/м ³) |

| Обозначение ПДК, мг/м ³ | Расчётная формула | Назначение | Принадлежность ПДК, мг/м ³ по порогу и показателю токсичности |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| lg ПДК _{сс(х₁ ЛК₅₀)} – средне суточная концентрация по порогу чувствительности и порогу токсичности | $\lg \text{ПДК}_{\text{сс}(x_1 \text{ ЛК}_{50})} = 0,81 \cdot \lg X_1 + 0,10 \cdot \lg \text{ЛК}_{50} - 0,86$ | Для большинства химических соединений и веществ | По порогу чувствительности обоняния – запах (х ₁ , мг/м ³) и по порогу токсического действия (ЛК ₅₀) |
| lg ПДК _{сс(ПДК_{рз})} – средне суточная концентрация по ПДК _{рз} | $\lg \text{ПДК}_{\text{сс}(\text{ПДК}_{\text{рз}})} = 0,62 \cdot \lg \text{ПДК}_{\text{рз}} - 1,77$ | | По ПДК _{рз} токсическому ощущению |

Таблица 5

Таблица расчёта ПДК_{рз} рабочей зоны

| Обозначение ПДК, мг/м ³ | Расчётная формула | Назначение расчёта | Принадлежность ПДК, мг/м ³ по порогу и показателю токсичности |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| ПДК _{рз(ЛК₅₀)} – воздух рабочей зоны по летальной концентрации | $\lg \text{ПДК}_{\text{рз}(\text{ЛК}_{50})} = 0,91 \cdot \lg \text{ЛК}_{50} + 0,1 \lg M$ | Для газов (паров), органических соединений в воздухе рабочей зоны | По показателям токсичности ЛК ₅₀ , мг/л |
| ПДК _{рз(ЛД₅₀)} – воздух рабочей зоны по летальной дозе | $\lg \text{ПДК}_{\text{рз}(\text{ЛД}_{50})} = \lg \text{ЛД}_{50} - 2,0 + \lg M$ | | По показателям токсичности ЛД ₅₀ , мг/кг |
| ПДК _{рз(ЛК₅₀)} – воздух рабочей зоны по летальной концентрации | $\lg \text{ПДК}_{\text{рз}(\text{ЛК}_{50})} = \lg \text{ЛК}_{50} + 0,4 + \lg M$ | Для газов (паров), неорганических соединений в воздухе рабочей зоны | По показателям токсичности ЛК ₅₀ , мг/л |
| ПДК _{рз(ЛД₅₀)} – воздух рабочей зоны по летальной дозе | $\lg \text{ПДК}_{\text{рз}(\text{ЛД}_{50})} = 0,85 \cdot \lg \text{ЛД}_{50} - 3,0 + \lg M - \lg N$ | Для аэрозолей металлов, их оксидов и других соединений | По показателям токсичности ЛД ₅₀ , мг/кг |

Условные обозначения расчётных формул

| Обозначения | Наименование обозначений | Единицы измерения |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| X_1 | Порог чувствительности обоняния | мг/м ³ |
| X_2 | Порог действия на биоэлектрическую активность коры головного мозга | мг/м ³ |
| ПДК _{мр} | Концентрация вещества в воздухе населённых мест [мг/м ³] не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека | мг/м ³ |
| ПДК _{сс} | Концентрация вещества в воздухе населённых мест не должна оказывать на организм человека прямого или косвенного воздействия в условиях неопределённо долгого круглосуточного вдыхания | мг/м ³ |
| ЛК ₅₀ | Летальная концентрация, вызывающая при вдыхании гибель 50 % животных | мг/дм ³ [мг/л] |
| ПДК _{рз} | Концентрация, которая не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение всей смены (8 часов) в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными средствами | мг/м ³ |
| ЛД ₅₀ | Летальная доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при введении в организм | мг/кг |
| M | Молярная масса вещества | г/моль |
| N | Число атомов в соединении | мА/кг |

Предельно допустимые выбросы устанавливаются для каждого вещества отдельно (в том числе и при определении суммарных выбросов нескольких веществ). В этом случае должно выполняться соотношение $K + K_{\phi} < \text{ПДК}$, где K – концентрация вещества в приземном слое, создаваемая расчётным источником выбросов; K_{ϕ} – фоновая (существующая) концентрация веществ. Например, ПДВ для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания (см. табл. 7).

Нормирование отработанных газов

| Характеристика двигателя | ПДВ веществ | | |
|-----------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| | СО, % | С _n Н _m , 1/млн. для двигателей с числом цилиндров | |
| | | до 4 | свыше 4 |
| Минимальное число оборотов на режиме холостого хода | 1,5 | 1200 | 3000 |
| Повышенное число оборотов | 2,0 | 600 | 1000 |

3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ (НАДЗЕМНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ) И ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ ПОЧВЫ

При оценке надземных и подземных вод, также поверхностных почв, выделены следующие показатели в изменении их качества.

Изменение показателя рН пресных вод в результате растворения в них серной и азотной кислот, сульфатов и нитратов. Из-за кислотных осадков тысячи водоёмов стали безжизненными, под угрозой гибели леса. Кислотными называют любые осадки – дожди, туманы, снег, а также кислотные отложения, кислотность которых выше нормы. На обширных территориях промышленно развитых стран выпадают осадки, кислотность которых в 10–1000 раз больше нормативной величины.

Кислоты, основания и вода. Кислотные свойства воды обусловлены присутствием большого количества ионов водорода H^+ , то есть образование кислой среды возможно при растворении вещества (кислоты, соли), в результате чего ионы водорода при диссоциации переходят в раствор. Чем больше концентрация ионов водорода в воде, тем выше её кислотность. Аналогичным образом щелочной раствор обусловлен наличием в растворе гидроксильных ионов OH^- . Кислоты и основания нейтрализуют друг друга в результате соединения ионов H^+ и OH^- до тех пор, пока не будет достигнута нейтральная точка, соответствующая чистой воде (рис. 24).

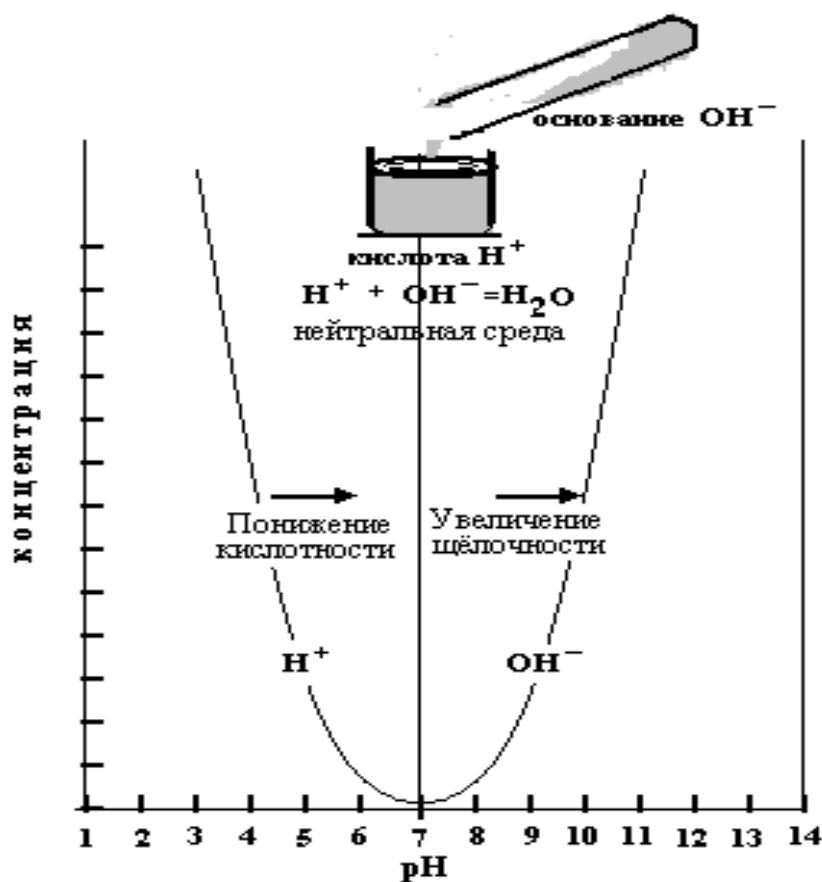


Рис. 24. Схема изменения рН раствора

Ионное произведение воды. Водородный показатель. Так как вода является слабым электролитом, то концентрация водородных ионов и гидроксид-ионов в воде мала. Тогда константа диссоциации воды по уравнению диссоциации

$$\text{HON} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^- \text{ равна } k_{\text{д}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{HON}]} = 1,8 \cdot 10^{-16}. \text{ Количество воды в } 1000 \text{ граммах раствора } n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000}{M_{\text{HON}}} = \frac{1000}{18,16} = 55,56 \text{ моль (постоянная величина).}$$

Тогда произведение концентрации ионов водорода (H^+) и гидроксид-ионов (OH^-): $[\text{H}^+][\text{OH}^-][\text{HON}] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 10^{-14}$ – также величина постоянная; она называется *ионным произведением воды*. Так как при диссоциации одной молекулы воды получается один ион H^+ и один ион OH^- , то в чистой воде $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$ моль/литр.

Следовательно: в нейтральной среде $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ моль/литр;

в кислой среде $[\text{H}^+] \gg [\text{OH}^-] \gg 10^{-7}$ моль/литр;

в щелочной среде $[\text{H}^+] \ll [\text{OH}^-] \ll 10^{-7}$ моль/литр.

Десятичный логарифм концентрации водородных ионов с отрицательным знаком называется рН среды ($\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$). В нейтральной среде $\text{pH} = 7$; в кислой среде $\text{pH} < 7$; в щелочной – $\text{pH} > 7$.

Распространение кислотных осадков. В отсутствие загрязнителей у дождевой воды обычно слабокислая, если в ней растворён углекислый газ из воздуха ($\text{pH} = 5,6 - 6,5$) или нейтральная (почти нейтральная) реакция ($\text{pH} = 6,5 - 7,0$). Таким образом, у кислотных осадков рН среды будет меньше 6,5 ($\text{pH} < 6,5$). Процесс образования кислой среды в этом случае выглядит следующим образом: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$; в водной среде образовавшаяся угольная кислота диссоциирует $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Наличие водородного иона H^+ придаёт среде кислую реакцию. Кроме того, образование кислой среды возможны и при протекании таких процессах как,



Такие осадки выпадают в большинстве промышленных районов мира. Многие регионы регулярно получают осадки с $\text{pH} = 5,5 - 4,0$, в отдельных случаях величина рН осадков может быть гораздо ниже, а туман и роса бывают более кислыми, чем дождь. Например, исследования в районе г. Карабаша (Челябинской области) показали, что рН тумана и росы составляет 3,5–3,0. Т.е. на значительных

площадях промышленных зон и вокруг крупных городов, осадки, как правило, в 10–100 раз кислее нормативных.

Источники кислотных осадков. Качественный анализ кислотных осадков показывает присутствие серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Известно, что при сжигании топлива образуются диоксид серы и оксид азота (кислотные оксиды), водный раствор которых соответствует вышеприведённым кислотам. Доказательством может служить и анализ влаги облаков над предприятиями.

Кроме того, кислоты могут выпадать из атмосферы и без воды, с частицами пыли. Такие сухие кислотные отложения могут накапливаться на поверхности земли и растений и при смачивании (например, при выпадении росы) давать сильные кислотные реакции. Выброс диоксида серы и оксидов азота связаны, в первую очередь, с работой угольных электростанций, транспорта и металлургических предприятий. На рис. 25 приведено количественное соотношение выбросов SO_2 , SO_3 и NO_2 – газов из различных промышленных выбросов Российской Федерации.

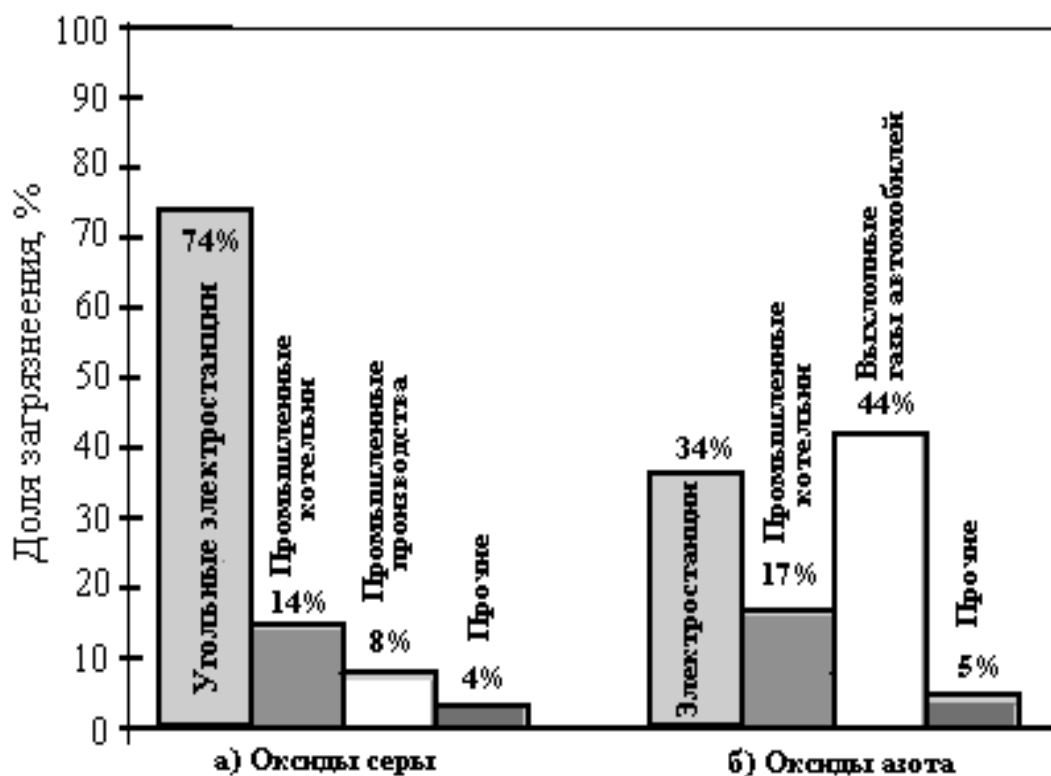
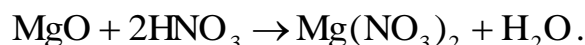
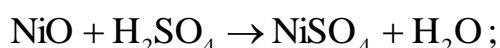
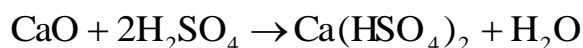
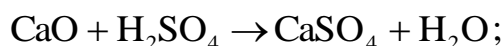
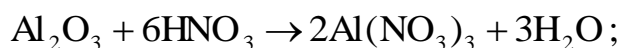


Рис. 25. Источники кислотообразующих загрязнений: а) оксиды серы; б) оксиды азота (Бюро технической аттестации, данные 1988 года)

Дополнительный ущерб возникает в связи с тем, что кислотные осадки, просачиваясь сквозь почву, способны взаимодействовать с оксидами алюминия (основа глинистых и суглинистых почв), а также с оксидами других металлов. При низких значениях рН продукты взаимодействия становятся растворимыми и оказывают сильное токсическое воздействие на растения и животных. Например, при взаимодействии основных и амфотерных оксидов с кислотами образуются раствори-

мые соли – $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$, NiSO_4 , $\text{Ni}(\text{HSO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ и т.п., которые могут образоваться по следующим схемам:



Поэтому, в поверхностных и подземных водах образуются повышенное количество ионов кальция – Ca^{2+} , магния – Mg^{2+} , никеля – Ni^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , HSO_4^- – ионов, и т.д. В результате образуется, так называемая «денатуратная» или природно-антропогенная вода.

Качество сточных вод и токсикологические показатели воды характеризующую её безопасность и химический состав, сбрасываемых в водоёмы в соответствии с «Общим перечнем предельно допустимых концентраций (ПДК), № 105/АА от 212 01 92 и «Правилами охраны поверхностных вод № 04-19-16/805 от 03–04 91, М, приведены в табл. 8–12.

Таблица 8

Предельно допустимые концентрации в почве ($C_{\text{ПДК}(i)}^{\text{п}}$) некоторых веществ, характерных для хранилищ жидких отходов предприятий химического комплекса

| Номер п/п | Наименование вещества | $C_{\text{ПДК}(i)}^{\text{п}}$, мг/кг | Лимитирующий признак вредности |
|-----------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Бензол | 0,3 | Воздушно-миграционный |
| 2 | Мышьяк | 2,0 | Транслокационный |
| 3 | Нитраты, карбонаты | 130 | Воздушно-миграционный |
| 4 | Ртуть | 2,1 | Транслокационный |
| 5 | Свинец | 32,0 | Общесанитарный |
| 6 | Серная кислота, сульфаты | 160 | Общесанитарный |
| 7 | Толуол | 0,3 | Воздушно-миграционный |
| 8 | Формальдегид | 7,0 | Воздушно-миграционный |
| 9 | Хлористый калий, хлориды | 560 | Вводно-миграционный |
| 10 | Медь (ионы меди) | 3,0 | Общесанитарный |
| 11 | Цинк (ионы цинка) | 23,0 | Транслокационный |
| 12 | Хром (ионы хрома) | 6,0 | Общесанитарный |
| 13 | Никель (ионы никеля) | 4,0 | Общесанитарный |
| 14 | Сероводород | 0,4 | Воздушно-миграционный |
| 15 | Фтор | 2,8 | Транслокационный |

| Номер п/п | Наименование вещества | $C_{ПДК(i)}^п$, мг/кг | Лимитирующий признак вредности |
|-----------|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 16 | Сероводород | 0,4 | Воздушно-миграционный |
| 17 | Бензин (нефтепродукты с низкой температурой кипения) | 0,1 | Воздушно-миграционный |
| 18 | Цианистый водород (HCN) | 0,039 | Транслокационный |

Таблица 9

Предельно допустимые концентрации в воде ($C_{ПДК(i)}^{ГВ}$ и $C_{ПДК(i)}^В$) некоторых веществ, характерных для хранилищ жидких отходов предприятий химического комплекса

| Номер п/п | Наименование вещества | Предельно допустимая концентрация для | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | | водных объектов бытового и хозяйственного водоснабжения $C_{ПДК(i)}^{ГВ}$, $C_{ПДК(i)}^В$, мг/л | водоёмов рыбохозяйственного назначения $C_{ПДК(i)}^{ГВ}$, $C_{ПДК(i)}^В$, мг/л |
| 1 | Аммиак (по азоту) | 2,0 | 0,05 |
| 2 | Бензол | 0,5 | 0,5 |
| 3 | Железо | 0,3 | 0,1 |
| 4 | Метанол | 3,0 | 0,1 |
| 5 | Мышьяк | 0,05 | 0,05 |
| 6 | Натрий (ионы натрия) | 200 | 120 |
| 7 | Нитриты | 3,3 | 0,08 |
| 8 | Нитраты, карбонаты | 45 | 40 |
| 9 | Ртуть (соединения ртути) | 0,0005 | полное отсутствие |
| 10 | Свинец (соединения свинца) | 0,03 | 0,1 |
| 11 | Сульфаты | 500 | 100 |
| 12 | Толуол | 0,5 | 0,5 |
| 13 | Фенол | 0,001 | 0,001 |
| 14 | Формальдегид | 0,05 | 0,1 |
| 15 | Хлориды | 350 | 300 |
| 16 | ХПК (интегральный показатель загрязнения органическими веществами) | 30 | |
| 17 | Цинк (ионы цинка) | 1,0 | 0,01 |
| 18 | Нефть и нефтепродукты | 0,3 (орган. Плёнка) | 0,05 |
| 19 | Полифосфаты | 3,5 | 2,0 |

| Номер п/п | Наименование вещества | Предельно допустимая концентрация для | |
|-----------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | | водных объектов бытового и хозяйственного водоснабжения $C_{ПДК(i)}^{ГВ}, C_{ПДК(i)}^B, \text{мг/л}$ | водоёмов рыбохозяйственного назначения $C_{ПДК(i)}^{ГВ}, C_{ПДК(i)}^B, \text{мг/л}$ |
| 20 | Цианид-ион | 0,035 | 0,05 |
| 21 | Фторид-ион | 0,7-1,5 | 0,05 |

Таблица 10

Предельно допустимые концентрации химических веществ
бытового и иного загрязнения источника водоснабжения

| Наименование вещества | Норматив, мг/литр | Наименование вещества | Норматив, мг/литр |
|------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| Алюминий остаточный | 0,5 | Бериллий | 0,0002 |
| Мышьяк | 0,05 | Молибден | 0,25 |
| Нитраты (по азоту) | 10 | Полиакриламид остаточный | 2,0 |
| Свинец | 0,03 | Селен | 0,001 |
| Стронций | 7,0 | Фтор | 1,5 |
| Аммиак | 2,0 | Ртуть | 0,05 |
| Нефть многосернистая | 0,1 | Фенол | 0,001 |
| Хлор активный | 44,55 | Цианиды | 1,0 |
| Силикат натрия (по SiO_3^{2-} - иона) | 50,0 | Сульфиды | 0,001 |

Таблица 11

Нормативы веществ, влияющих на органолептические свойства

| Наименование вещества или показателя | Норматив | Наименование вещества | Норматив |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------|
| Водородный показатель рН | рН=6.0 (кислая среда), рН=9.0 (щелочная среда) | | |
| Жёсткость общая, мг экв/л | 7,0 | Марганец, мг/л | мг/л |
| Медь, мг/л | 1,0 | Полифосфаты остаточные, мг/л | 3,5 |
| Сульфаты, мг/л | 500 | Хлориды, мг/л | 350 |
| Цинк, мг/л | 5,0 | Железо, мг/л | 0,3 |

| Наименование вещества или показателя | Норматив | Наименование вещества | Норматив |
|--------------------------------------|----------|-----------------------|----------|
| Сероуглерод | 1,0 | Фенол | 0,001 |
| Формальдегид | 0,05 | Селен | 0,001 |

Таблица 12

Нормативы органолептических свойств для воды

| Наименование вещества или показателя | Норматив | Наименование вещества | Норматив |
|-----------------------------------------|-------------|-------------------------------|----------|
| Запах при 20° С при нагревании до 60° С | 2 балла | Вкус и привкус при 20°С | 2 балла |
| Цветность | 20 градусов | Мутность по стандартной шкале | мг/л |

4. РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА. ОПАСНАЯ СКОРОСТЬ ВОЗДУХА (ВЕТРА)

Опасная скорость воздуха – скорость при которой в приземном слое атмосферы возникают максимальные приземные (до 2 метров в высоту) концентрации (МПК) от организованных выбросов. Такая скорость воздуха определяется только следующими параметрами:

- источник выброса – параметр v_m (труба, аэрационный фонарь, свечи и т.п.);
- газо-воздушная смесь (табл. 13).

Таблица 13

Определение опасной скорости воздуха

| Номер п.п. | Расчётный параметр | Расчётная формула | Условные обозначения |
|------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Параметр v_m , (отн. ед.) | $v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot (T_g - T_v)}{H}}$ $V_1 = S_{\text{круга}} \cdot \varpi_0 \cdot t =$ $= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \varpi_0 \cdot t, \text{ м}^3$ | V_1 – расход выбрасываемой газо-воздушной смеси, м^3 ; T_g – температура газо-воздушной смеси, $^{\circ}\text{C}$; T_v – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; H – высота источника выброса, м; ϖ_0 – скорость выхода газо-воздушной смеси, м/с; $S_{\text{круга}}$ – площадь устья выбросов, м^2 ; d – диаметр круга (устья выброса), м.; t – время выбросов, с. |

| Но- мер п.п. | Расчётный параметр | Расчётная формула | Условные обозначения |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Определе- ние опас- ной скоро- сти возду- ха (ветра) v_M , м/с для нагретых выбросов | <p><i>Для нагретых (горячих) выбросов опасная скорость воздуха определяется из следующих условий:</i></p> <p><i>при $v_M \leq 0,5$ $u_M = 0,5$ м/с;</i></p> <p><i>при $0,5 < v_M \leq 2$ $u_M = v_M$;</i></p> <p><i>$2,0 < v_M$ $u_M = v_M(1+0,12\sqrt{f})$,</i></p> <p>где f – параметр, определяемый по</p> $f = 1000 \frac{\varpi_0^2 \cdot d}{H(T_\Gamma - T_B)}, \text{ м}^2/\text{с}^2$ | <p>Для существующих данных</p> $f = 1000 \frac{\varpi_0^2 \cdot d}{H(T_\Gamma - T_B)} \text{ м}^2/\text{с}^2.$ $u_M = v_M(1+0,12\sqrt{f}) \text{ м/с}$ |
| 3 | Определе- ние опас- ной скоро- сти возду- ха (ветра) $v_{M(x)}$, м/с для ХОЛОД- НЫХ ВЫ- БРОСОВ При $T_\Gamma = T_B$ | $v_{M(x)} = 0,013 \cdot \frac{\varpi_0 \cdot d \cdot t}{H^2},$ <p><i>при $v_{M(x)} \leq 0,5$; $u_M = 0,5$ м/с;</i></p> <p><i>при $0,5 \leq v_{M(x)} \leq 2,0$ $u_M = v_{M(x)}$;</i></p> <p><i>при $2 \leq v_{M(x)}$ $u_M = 2,2 v_{M(x)}$, м/с</i></p> | $v_{M(x)} = 0,013 \cdot \frac{\varpi_0 \cdot d \cdot t}{H^2}$ |

4.1. Парниковый эффект

На протяжении многих лет человечество стремилось воздействовать на погоду. А сейчас оно внезапно оказалось на пороге крупнейшего изменения климата, вызванного его хозяйственной деятельностью. К сожалению, изменение климата является, в данном случае, незапланированным и неуправляемым и может оказаться катастрофическим. Его причина – увеличение содержания в атмосфере газообразных примесей, главным образом в виде углекислого и сернистого газов, что может привести к изменению климата, а значит, к изменению уровня мирового океана и погодных условий во всём мире.

Хорошо известно, как нагревается изнутри автомобиль с закрытыми окнами под воздействием солнечного излучения. Причина в том, что солнечная энергия проникает через окна автомобиля и поглощается сиденьями и другими предметами в салоне. Предметы внутри салона нагреваются и выделяют тепло (инфракрасное излучение), которое задерживается в салоне автомобиля, так как плохо проникает сквозь остекление. За счёт этого салон автомобиля нагревается (рис. 26). То же происходит и в парниках, откуда и произошёл термин «парниковый эффект». В глобальном масштабе содержащиеся в воздухе примеси играют ту же роль, что и стекло автомобиля. Энергия солнечного излучения проникает сквозь атмосферу, поглощается поверхностью земли и нагревает её. Атмосферные примеси (особенно углекислый газ) поглощают тепло (инфракрасное излучение), при этом способствуют нагреванию атмосферы в целом. Следовательно, чем больше в

атмосфере примесей, тем больше поглощается тепла и тем больше температура воздуха у поверхности Земли и, следовательно, теплее климат.

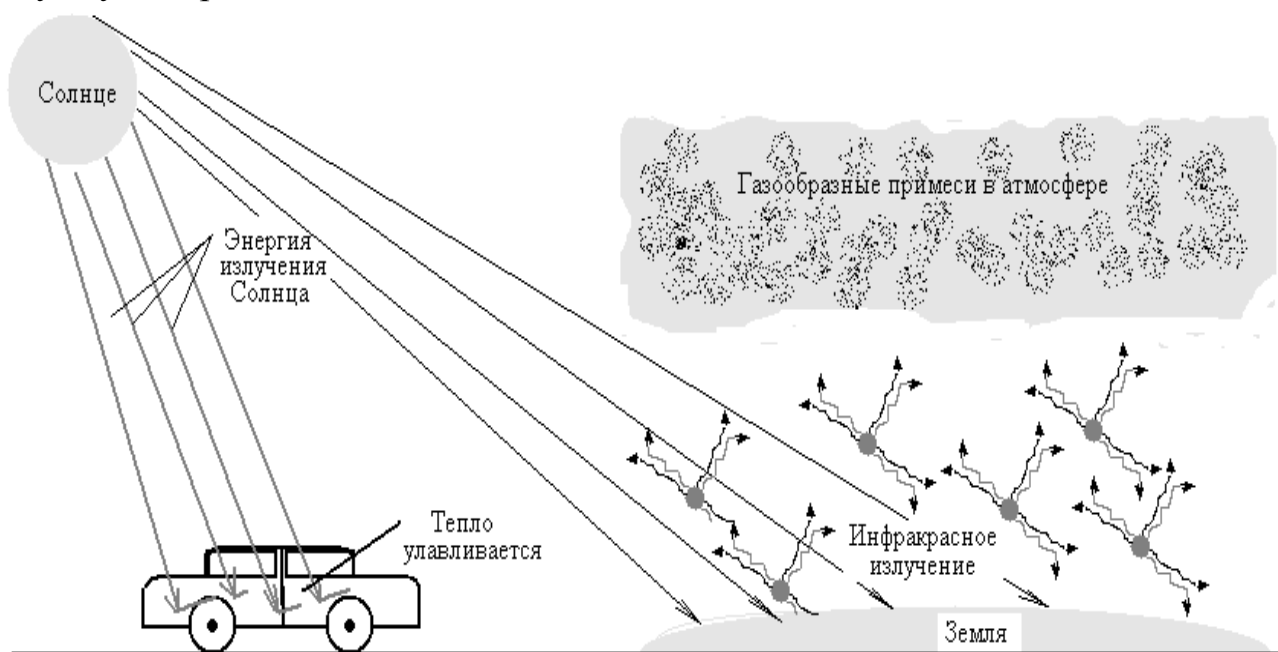


Рис. 26. Схема образования парникового эффекта

Источники углекислого газа. В природной биосфере содержание углекислого газа поддерживалось на одном уровне, так как его поступление равнялось удалению. Количество углекислого газа, извлекаемого из атмосферы, фотосинтезирующими растениями, компенсируются за счёт дыхания и горения (см. п. 2.2). Так как из-за сжигания $0,7 \text{ м}^3$ нефтепродуктов и природного газа приводит к образованию 2 м^3 углекислого газа (каждый атом углеродного топлива в процессе горения присоединяет два атома кислорода), в настоящее время каждый год выбрасывается в атмосферу CO_2 -газа до 5,5 млрд т. Следовательно, каждый год сжигается до 2 млрд т ископаемого топлива. Ещё приблизительно до 1,7 млрд т его выбрасывается за счёт выжигания тропических лесов и окисления органических веществ почвы (гумуса). В результате концентрация углекислого газа в атмосфере, составляющая в начале XX в. около 0,029 %, к настоящему времени достигла 0,035 % то есть выросла на 20 %. И чем дальше, тем быстрее происходит это увеличение, так как растущая численность населения планеты сжигает всё больше топлива и вырубает всё больше лесов.

Другие парниковые газы. Значительно усугубляют проблему и другие газообразные выбросы, например, такие как метан, фторхлоруглероды (ФХУ) и оксиды азота, которые поглощают инфракрасное излучение в 50–100 раз интенсивнее, чем углекислый газ. Следовательно, хотя их содержание в воздухе значительно ниже, они влияют на температурный режим планеты почти так же, как и CO_2 -газ.

Степень потепления и его возможные последствия. Если допустить сохранение существующих закономерностей выбросов в атмосферу парниковых газов, то к 2050 году их концентрация в воздухе удвоится. Полученные математические и

физические модели климатических условий показывают, что это может повлечь за собой повсеместное потепление на 1,5–4,5 °С. Очевидно, оно будет более выражено в полярных районах (до 10 °С) и менее – в экваториальных (1–2 °С). Рост окружающей температуры на 3,5–4,5 °С выше её максимальных величин (пиков) достигающих 38 °С, может оказаться катастрофическим. Такое потепление может вызвать таяние горных ледников и полярных льдов, что приведёт к поднятию уровня мирового океана на 1,5–2,0 метра. Это приведёт к большей штормовой подверженности прибрежных территорий, а так же увеличению зон затоплений, т.е. заставит людей переселиться в глубь суши. Влияние глобального потепления на осадки и сельское хозяйство, вероятно, окажется ещё более сильным. Различная температура на полюсах и экваторе – основная движущая сила циркуляции атмосферы и сильное потепление на них приведёт к её ослаблению и распределению осадков по Земной поверхности. В некоторых районах их количество, вероятно, увеличится, а в других уменьшится (рис. 27).

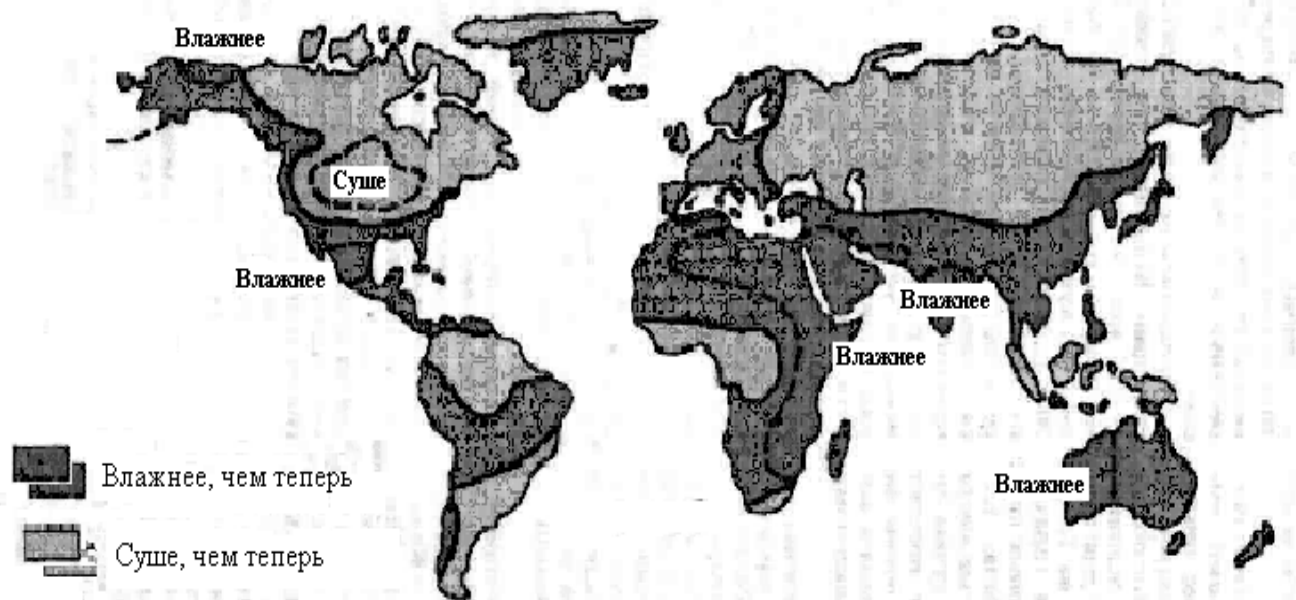


Рис. 27. Прогноз распределения осадков по Земной поверхности: данные William W. Kellog, Robert Schwere, 1981. *Climate Change and Society*

Прогноз на потепление в результате увеличения содержания парниковых газов в атмосфере, поглощающих инфракрасное излучение неопровержим с теоретической точки зрения. Но до недавних пор на него мало обращали внимание, возможно, считая подобные проблемы делом слишком отдалённого будущего. Кроме того, год от года погода так сильно варьирует, что новые климатические закономерности не сразу заметны. Дело в том, что регулярные наблюдения за климатом ведутся не так давно, около ста лет. А девять самых жарких лет за это время пришлось на последние тридцатилетие: 1980, 1981, 1983, 1986, 1987, 1988, 1998, 2003 и 2004–2008 гг. Эти и другие данные позволили известным климатологам Джеймсу Хансену, Стронгу и др. из института космических исследований им. Годдарта при национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАССА) заявить на ряде научных Конгрессах в период с 1988 по 2008 гг., что парниковый эффект уже ощутим. Например, данные наблюдений

космическими аппаратами за изменением температуры мирового океана, показали, что он нагревается в год на 0,1 °С. Это чрезвычайно важные данные, так как из-за своей колоссальной теплоёмкости океаны почти не реагируют на климатические флуктуации, скорее они сами влияют на колебания климата. Таким образом, тепловые скачки и засухи в различных регионах Земли, аналогичные случившимся в перечисленных годах, или ещё более сильные, могут стать обычным явлением.

Основные принципы борьбы с парниковым эффектом. Мировая промышленность и транспортные средства настолько зависят от ископаемого топлива, что в обозримом будущем обильное поступление газообразных выбросов в атмосферу неизбежно. Наиболее перспективными способами, разработанные в настоящее время следующие:

- увеличение КПД использования горючего на транспорте и другие типы экономии энергии, так как производство её почти полностью основано на сжигании ископаемого топлива;
- разработка и внедрение альтернативных бестопливных источников энергии (солнечная, ядерная и т.п.);
- организация и поддержка мероприятий по сохранению устойчивости биосферы (посадки лесных насаждений и парков и т.п.).

4.2. Озоновые экраны и их влияние на природные факторы

Наряду с видимым светом солнечная энергия излучает также и ультрафиолетовые волны. Ультрафиолетовое излучение похоже на световое, но длина его волны несколько короче, чем у фиолетовых лучей, самых коротковолновых из воспринимаемых зрительным анализатором человека (рис. 28). Хотя ультрафиолетовые лучи невидимы, они обладают большей энергией, чем видимые.

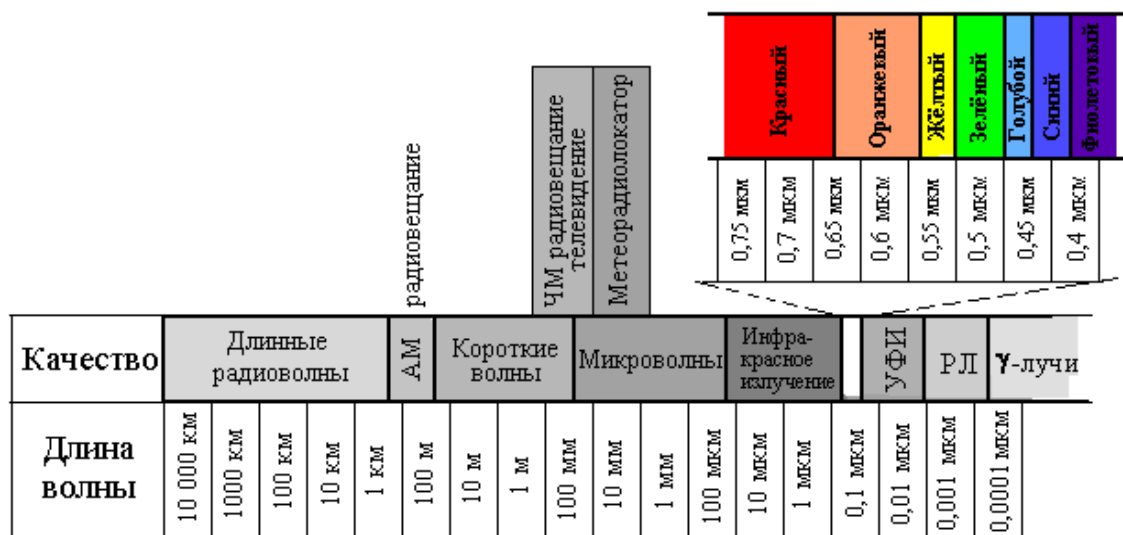


Рис. 28. Электромагнитный спектр солнечного излучения

Поглощаясь тканями живых организмов, ультрафиолетовые лучи разрушают молекулы белков и ДНК. Именно это происходит при появлении загара. И если бы всё ультрафиолетовое излучение, падающее на верхние слои атмосферы, достигло поверхности Земли, то вряд ли на ней сохранилась бы жизнь. Земля защищена от агрессивного воздействия ультрафиолетового излучения на 99 % слоем озона в стратосфере на высоте 25 км от её поверхности (см. рис. 28). Этот слой носит название «озоновый экран». Нижние слои атмосферы, где озон является серьёзным загрязнителем (O_3 -газ – сильный окислитель), и стратосферы не перемешиваются, поэтому озон, находящийся в стратосфере с практической точки зрения является полезным.

Озон в стратосфере является продуктом, который получается под действием ультрафиолетовых лучей присоединением атомарного кислорода к молекуле кислорода, процесс протекает по следующей схеме: $O + O_2 \xrightarrow{\gamma h} O_3$. Однако весь кислород не превращается в озон, так как свободные атомы кислорода, реагируя с молекулами озона, образует две молекулы кислорода: $O + O_3 \xrightarrow{\gamma h} 2O_2$. Поэтому количество озона в стратосфере всё время меняется и представляет собой равновесное состояние между этими двумя реакциями. Но выброс в атмосферу свободных атомов хлора, в результате хозяйственной деятельности людей, катализирует процесс разложения озона (рис. 29, 30).

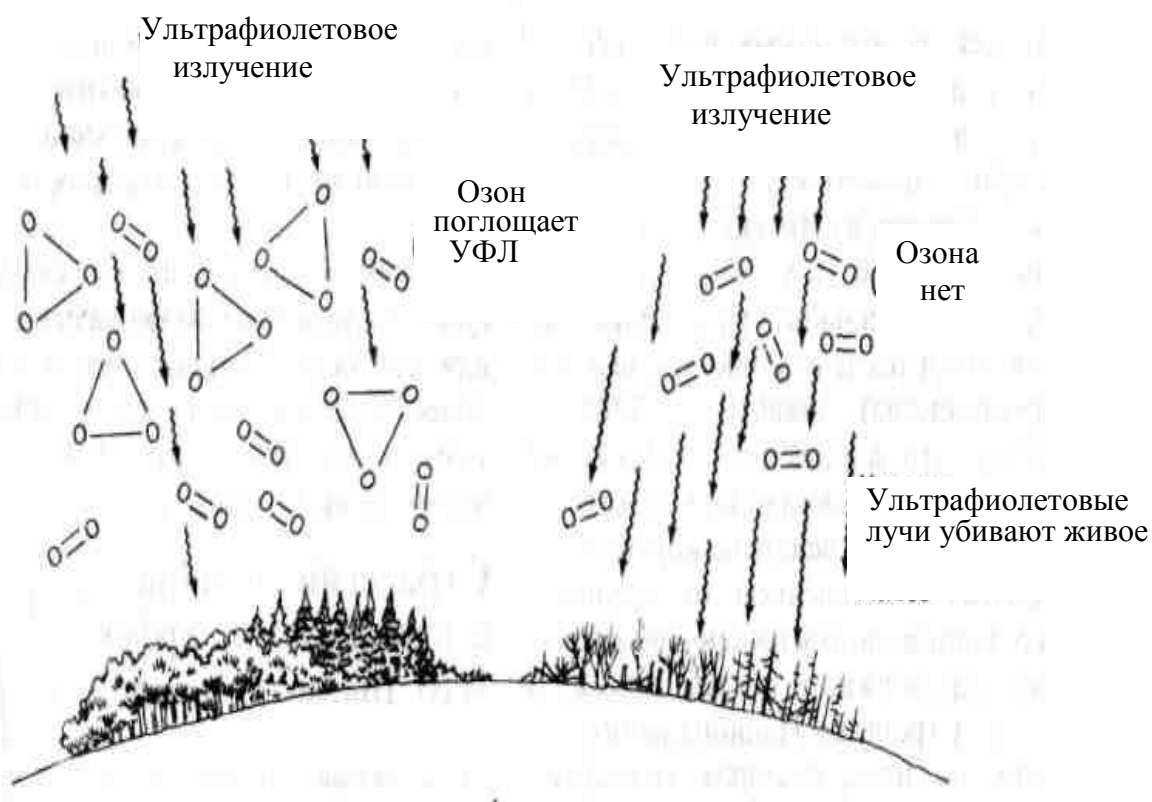


Рис. 29. Схема функционирования озонового слоя

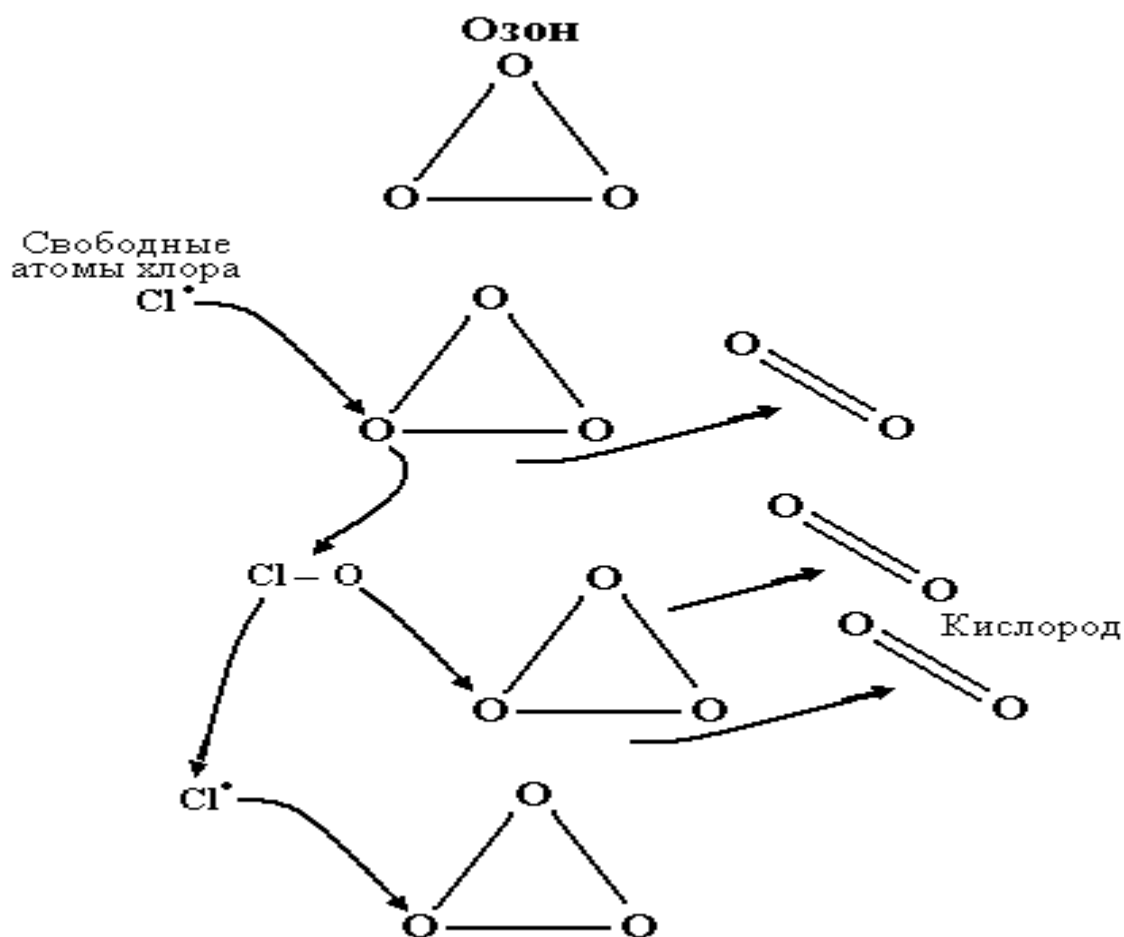


Рис. 30. Схема разрушения озонового экрана

Источники выбросов хлора в атмосферу. Большая часть хлора, применяемого на земле, например для очистки и обезвреживания воды, представлена в виде ионов в водном растворе или в виде растворённого газа. Хлорфторуглероды (ХФУ) т.е. углеводородные молекулы, в которых некоторые атомы водорода замещены хлором и фтором, – исключение. Они очень летучи и плохо растворимы в воде и, следовательно, не вымываются из атмосферы, а продолжают распространяться в ней достигая стратосферы. Хлорфторуглероды (ХФУ) относительно инертны (химически не реакционно-способны) и не ядовиты. Кроме того, будучи газами при нормальных условиях, они сжижаются при относительно небольшом давлении с выделением тепла, а испаряясь вновь его поглощают и охлаждаются. Поэтому они используются практически во всех холодильных установках (холодильники, кондиционерах, тепловые насосы, как хладагенты) (рис. 31). После эксплуатации такие установки, содержащие ХФУ, выбрасываются и газ попадает в атмосферу.

Вторая очень важная область применения ХФУ является производство пористых пластмасс. Они подмешиваются в жидкие пластмассы и при повышенном давлении в них растворяются. После снижения давления ХФУ испаряясь, вспенивают пластмассу и происходит их выброс в атмосферу.

Третья основная область их применения – электронная промышленность, а именно очистка микросхем в электронных приборах. И, наконец, в большинстве стран, кроме США, их до сих пор используют как носители в аэрозольных баллончиках, которые, естественно, распыляют их в воздухе.

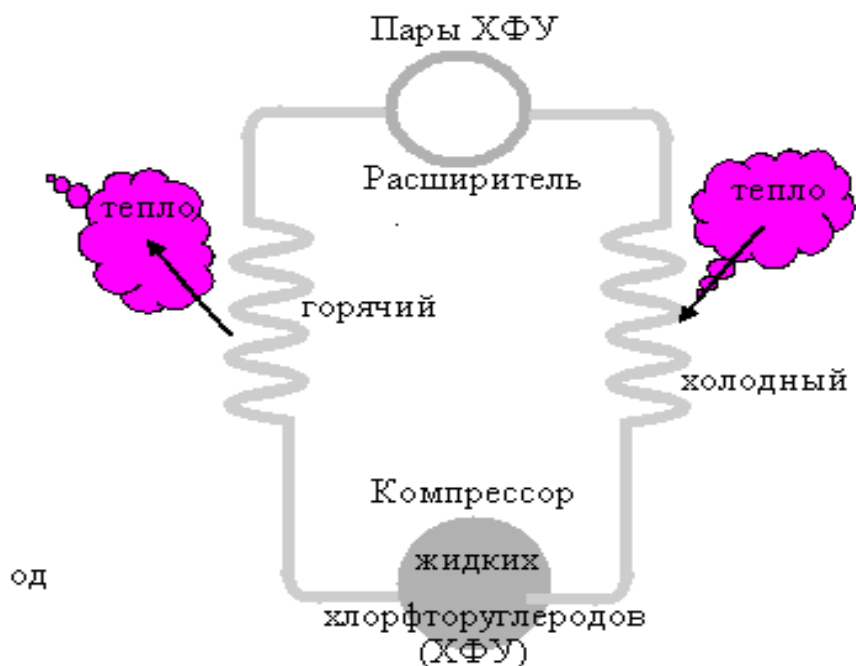


Рис. 31. Схема использования хлорфторуглеродов (ХФУ) («фреоны») в тепловых установках (вариант)

Озоновые дыры. Вскоре, после появления в начале 1970-х гг. гипотезы о связи ХФУ с озоном, в ряде стран в аэрозольных баллонах их использование прекратилось (даже был наложен запрет на использование ХФУ). Но большинство стран этому примеру не последовало, не отказались от использования ХФУ и в других целях. Следовательно, выпуск и использование ХФУ во всем мире продолжали расти, не обращая внимания на небольшое уменьшение содержания озона в стратосфере (на 1–2 %). Однако осенью 1985 года спутниковые наблюдения обнаружили «дыру» в озоновом экране над Южным полюсом (рис. 32). Над территорией, равной по площади Канаде, содержание озона сократилось на 50 %. Ранее предполагалось, что потери озона (сдвиг равновесия) будет происходить медленно, постепенно и равномерно над всей Землей. «Дыра» появилась неожиданно, и возникла она не над полюсом, а в другом месте, воздействие УФЛ привело бы к катастрофе. Следовательно, пассивно ждать развитие событий очень опасно. Частицы облаков, формирующиеся при очень низких температурах, стимулируют высвобождение атомов хлора их ХФУ. Таким образом, во время холодной антарктической зимы накапливается большое их количество, а затем весеннее солнце способствует разрушению озона в присутствии атомарного (активного) хлора.

В 1989 г. были произведены исследования стратосферы над Арктикой и обнаружено присутствие тех же самых химических факторов, а так же пониженное содержание озона. И даже периодическое раскрытие и закрытие этой «озоновой дыры» над Антарктидой чревато значительными потерями морского фитопланктона. Это сильно повлияет практически на всех антарктических животных от пингвинов до китов, так как фитопланктон – основа почти всех пищевых цепей данного региона.

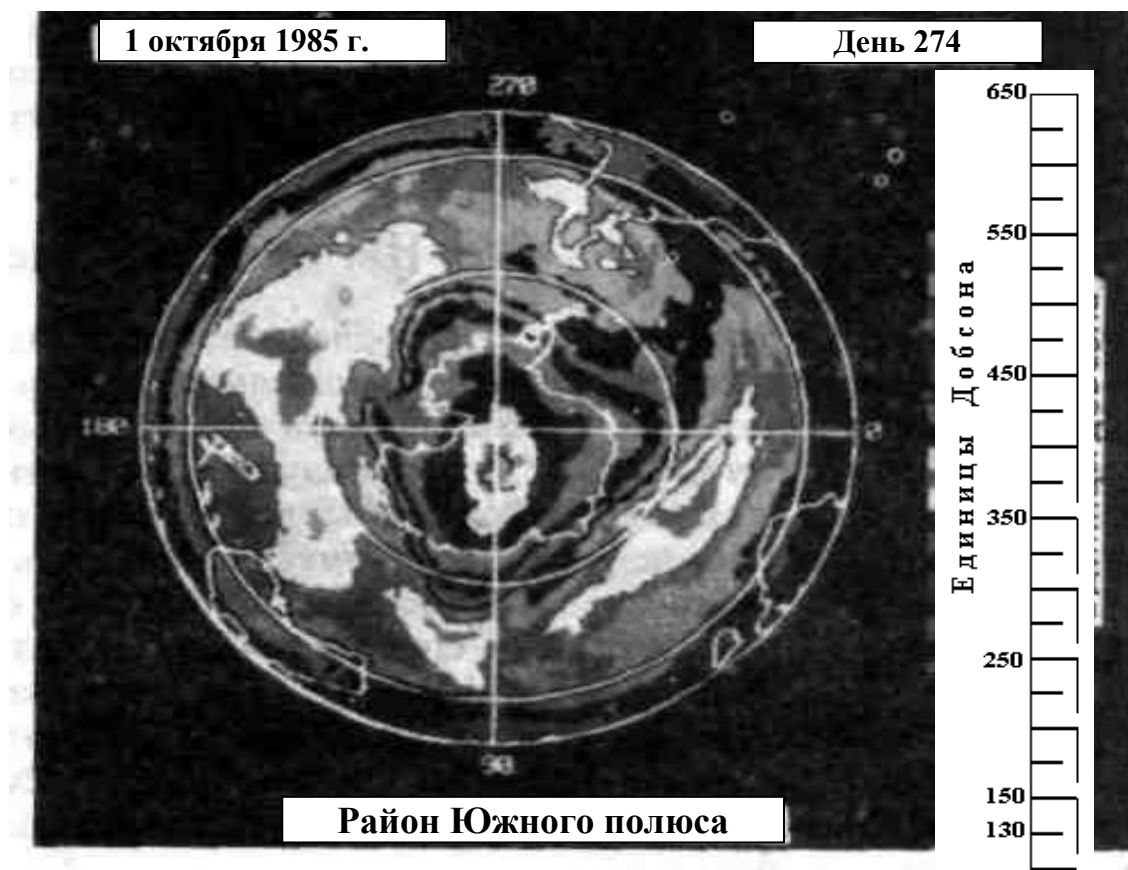


Рис. 32. Фотография, полученная из космоса, демонстрирующая образование «дыры» в озоновом экране над Антарктидой в октябре 1985 г. «Дыра» увеличилась в 1988 г. (Science Photo Library/Photo Researchers)

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПО ПЛАТЕЖАМ

5.1. Расчет платежей за воздействие на природную среду промышленными выбросами

Расчет платежей производится по выбросам в атмосферу – $P_{\text{выбр}}$, по сбросам и загрязнениям почвы, подземных и надземных вод – $P_{\text{сброс}}$, а также по размещению отходов в зависимости от класса опасности – $P_{\text{кл}}$. Оценка производится в результате сравнения суммы платежей по выбросам и сбросам ($\Pi = P_{\text{выбр}} + P_{\text{сброс}}$) с платежами по размещению отходов ($\Pi_{\text{кл}}$).

Расчет платежей за загрязнение воздуха (выброс) производится по расценкам, указанным в табл. 13, по формуле

$$P_{\text{выбр}} = K_{\text{эк(в)}} K_{\text{и}} (\sum N_{\text{ин(в)}} M_{\text{ин(в)}} + \sum N_{\text{ил(в)}} M_{\text{ил(в)}} + \sum N_{\text{исл(в)}} M_{\text{исл(в)}}),$$

где $P_{\text{выбр}}$ – платежи по выбросам в атмосферу; $K_{\text{эк(в)}}$ – коэффициент экологической ситуации атмосферы (например, по Челябинской области $K_{\text{эк(в)}} = 2,4$); $K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение ($K_{\text{и}} = 10$ и более, в зависимости от порядка предъявления платежей); $N_{\text{ин(в)}}$ – нормы платы за нормативные величины выбросов (табл. 14); $M_{\text{ин(в)}}$ – нормативные величины выбросов; $N_{\text{ил(в)}}$ – нормы платы за лимитные величины выбросов (табл. 14); $M_{\text{ил(в)}}$ – лимитные величины вы-

бросов (лимитные величины равны $5M_{iн(в)}$); $N_{iсл(в)}$ – нормы платы за сверх лимитные величины выбросов (табл. 14); $M_{iсл(в)}$ – сверх лимитные величины выбросов (сверх лимитные величины равны $5M_{iл(в)}$).

Таблица 14

Базовые нормативы платы за выброс
(газовые и твёрдые пылевидные вещества) некоторых загрязняющих веществ

| Наименование веществ | Норматив платы за выброс 1 тонны загрязняющих веществ, руб. | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| | в пределах допустимых выбросов | в пределах установленных лимитов | сверх лимита |
| Диоксид азота | 0,415 | 2,075 | 10,375 |
| Оксид азота, озон | 0,275 | 1,375 | 6,875 |
| Аммиак, хлор | 0,415 | 2,075 | 10,375 |
| Хлороводород | 67 | 335 | 1675 |
| Цианистый водород | 67 | 335 | 1675 |
| Бенз(а)пирен, (бензол) | 16500 (0,165) | 52500 | 262500 |
| Взвешенные твёрдые вещества не токсичные (Fe_2O_3 , $MgCO_3$, $CaCO_3$ и т.п.), этилсиликат | 0,415 | 2,075 | 10,375 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные (Al_2O_3) | 0,415 | 2,075 | 10,375 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные ($Pb_3(AsO_4)_2$, CdO , HgO , Hg) | 55 | 275 | 1375 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные (SiO_2) | 0,110 | 0,550 | 2,750 |
| Хлорид железа $FeCl_3$ | 4,125 | 20,625 | 103,125 |
| Сульфат железа $Fe_2(SO_4)_3$ | 2,335 | 11,675 | 58,375 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные: золы углей | 0,165 | 0,825 | 4,125 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные: CaO , K_2O , Na_2O , $NaOH$, KOH , $MgOH$ | 0,055 | 0,275 | 1,375 |
| Взвешенные твёрдые вещества токсичные (FeO , Fe_3O_4 в пересчёте на железо) | 0,415 | 2,075 | 10,375 |
| Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, карбонат натрия, и т. п. | 0,825 | 4,125 | 20,652 |
| Пыль цементных производств | 0,825 | 4,125 | 20,652 |
| Оксиды серы | 2,065 | 10,325 | 51,625 |
| Оксиды фосфора | 16,500 | 82,500 | 412,500 |

| Наименование веществ | Норматив платы за выброс 1 тонны загрязняющих веществ, руб. | | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| | в пределах допустимых выбросов | в пределах установленных лимитов | сверх лимита |
| Сероводород | 2,065 | 10,325 | 51,625 |
| Оксид углерода | 0,005 | 0,025 | 0,125 |
| Фенол, формальдегид (др. углеводороды) | 5,500 | 27,500 | 137,500 |
| Фтор и его соединения | 2,065 | 10,325 | 51,625 |

Расчет платежей по сбросам и загрязнениям почв, подземных и надземных вод (сброс) производится по расценкам, указанных в табл. 15, по формуле

$$P_{\text{сброс}} = K_{\text{эк(с)}} K_{\text{и}} (\sum N_{\text{ин(с)}} M_{\text{ин(с)}} + \sum N_{\text{ил(с)}} M_{\text{ил(с)}} + \sum N_{\text{исл(с)}} M_{\text{исл(с)}}),$$

где $P_{\text{сброс}}$ – платежи за сброс и загрязнение подземных и надземных вод; $K_{\text{эк(с)}}$ – коэффициент экологической ситуации почвы (по Челябинской области $K_{\text{эк(с)}}=1,9$); $K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение ($K_{\text{и}}=10$ и более, в зависимости от порядка предъявления платежей); $N_{\text{ин(с)}}$ – нормы платы за нормативные величины сбросов (табл. 15); $M_{\text{ин(с)}}$ – нормативные величины сбросов; $N_{\text{ил(с)}}$ – нормы платы за лимитные величины сбросов (табл. 15); $M_{\text{ил(с)}}$ – лимитные величины сбросов (лимитные величины равны $5M_{\text{ин(с)}}$); $N_{\text{исл(с)}}$ – нормы платы за сверх лимитные величины сбросов (табл. 15); $M_{\text{исл(с)}}$ – сверх лимитные величины сбросов (сверх лимитные величины равны $5M_{\text{ил(с)}}$).

Таблица 15

Базовые нормативы платы за сброс (жидкие и твёрдые отходы) веществ в поверхностные и подземные водные объекты

| Наименование веществ | Норматив платы за сброс 1 тонны загрязняющих веществ, руб. | | |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| | в пределах допустимых сбросов | в пределах установленных лимитов | сверх лимита |
| Азот аммониевых соединений | 0,689 | 3,445 | 17,225 |
| Алкилсульфонаты натрия (на основе керосина) | 0,552 | 2,760 | 13,800 |
| Алкилсульфонаты – СПАВ | 0,5516 | 2,758 | 13,790 |
| Аммиак (по азоту) | 5,510 | 27,550 | 137,750 |
| Алюминий (Al^{3+}) | 55,440 | 277,2 | 1386 |
| Анилин | 2754,809 | 13 774,045 | 68 870,225 |
| Ацетон, мышьяк | 443,5 | 2217,5 | 11087,5 |
| Бензол | 0,552 | 2,760 | 13,800 |
| Ванадий | 2217,5 | 11087,5 | 554 375 |
| Взвешенные вещества | 0,366 | 1,830 | 9,150 |
| Вольфрамат (W^{6+}) (соли вольфрамовой кислоты) | 344,352 | 1721,760 | 8608,800 |

| Наименование веществ | Норматив платы за сброс 1 тонны загрязняющих веществ, руб. | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| | в пределах допустимых сбросов | в пределах установленных лимитов | сверх лимита |
| Железо, включая хлорное железо (по Fe) | 55,096 | 275,480 | 1377,400 |
| Кадмий | 55,096 | 275,480 | 1377,400 |
| Калий (K ⁺), кальций (Ca ²⁺), магний (Mg ²⁺), натрий (Na ⁺), нитрат ион, сульфат ион, карбонат ион, иодид ион, силикат ион | 0,020 | 0,1 | 0,5 |
| Сульфид-ион (сульфиды), сульфит ион (сульфиты) | 27 548,091 | 137 740,455 | 688 702,275 |
| Нитрит ион, никель ион | 27,548 | 137,540 | 688,700 |
| Кобальт (Co ²⁺) | 221,750 | 1108,75 | 5543,75 |
| Нефть и нефтепродукты | 443,5 | 2217,5 | 11087,5 |
| Ртуть (Hg 2+), свинец (Pb ²⁺) | 221 750 | 1 108 750 | 5543750 |
| Хром (Cr ³⁺), цезий, фтор, хром (Cr ⁶⁺), цинк, хлор | 221 750 | 1 108 750 | 5 543 750 |
| Цианиды | 22 175 000 | 110 875 000 | 554 375 000 |
| Ион хлора Cl ⁻ | 7 | 35 | 175 |
| Пестициды по веществам: дихлофос; ДДТ | 221 750 | 1 108 750 | 5 543 750 |
| Олово (Sn ²⁺) | 3,36 | 16,8 | 84,0 |
| Олово (Sn ⁴⁺) | 221,75 | 1108,750 | 5543,75 |
| Фенол и формальдегид | 275,481 | 1377,405 | 6887,025 |
| Медь (Cu ²⁺) | 275,481 | 1377,405 | 6887,025 |
| Молибден (Mo ⁶⁺) | 229,568 | 1147,840 | 5739,200 |
| Марганец (Mn ²⁺) | 27,548 | 137,740 | 688,700 |
| Ванадий | 275,481 | 1377,405 | 6887,025 |
| Декстрин (смесь полисахаридов) | 0,276 | 1,380 | 6,900 |
| Фосфаты, нитраты | 11,090 | 55,45 | 277,25 |

Расчет платежей по размещению отходов в зависимости от класса опасности веществ (табл. 16) производится по расценкам, указанных в табл. 17, по формуле

$$1.1.1.1 P_{\text{кл}} = K_{\text{ЭК(кл)}} K_{\text{И}} (\sum N_{i(\text{кл})} M_{i(\text{кл})} + \sum N_{i(\text{кл})} M_{i(\text{кл})}),$$

где $K_{\text{ЭК(кл)}}$ – коэффициент экологической ситуации воды и почвы, по Челябинской области $K_{\text{ЭК(кл)}} = 1,3$; по Уральскому региону $K_{\text{ЭК(кл)}} = 1,2 - 1,5$; $K_{\text{И}}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение ($K_{\text{И}}=10$ и более); $M_{i(\text{кл})}$ – реальная масса выбросов i -го вещества, предназначенного для захоронения; $N_{i(\text{кл})}$ – нормы платы за выбросы (табл. 16); $M_{i(\text{кл})}$ – реальная масса выброса i -го вещества, предназначенного для захоронения (утилизация); $N_{i(\text{кл})}$ – нормы платы за выбросы (см. табл. 16).

1.2. Базовые нормативы платы за размещение отходов

| Виды отходов | Ед., измерений | Норматив платы за размещение 1 т отходов в пределах лимитов, руб. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------|
| <u>Нетоксичные отходы:</u> добывающей промышленности; перерабатывающей промышленности | т куб, м | 0,025 0,115 |
| <u>Токсичные отходы:</u> 1 класс токсичности – чрезвычайно опасные | т | 14 |
| 2 класс токсичности – высоко опасные | т | 6 |
| 3 класс токсичности – умеренно опасные | т | 4 |
| 4 класс токсичности – мало опасные | т | 2 |

Классификация токсичных промышленных отходов

| Наименование отходов и производств, где они образуются | Агрегатное состояние и консистенция | Наименование токсичных веществ | Методы утилизации, обезвреживания, захоронения | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | применяемые | рекомендуемые |
| Первый класс опасности | | | | |
| Растворы отработанные (обезжиривающие, травильные, рабочие) нейтрализованные гальванического производства | Жидкость, шлам | Цианиды, оксиды меди, хрома, кадмия, никеля и др., тяжёлых металлов | Нейтрализация, уплотнение | Извлечение цветных металлов, обезвреживание, захоронение на полигонах промпредприятий |
| Ртуть на графите | Твёрдые | Ртуть | Накопление на территории предприятия | Захоронение на полигоне промышленных отходов или переход на безотходную технологию |
| Смесь с примесью соединений свинца, сурьмы, кадмия в производстве поливинилхлоридной плёнки и пластиков | Твёрдые | Соединения свинца, сурьмы, кадмия | Накопление на территории предприятия | Захоронение на полигонах пром-отходов |

| Наименование отходов и производств, где они образуются | Агрегатное состояние и консистенция | Наименование токсичных веществ | Методы утилизации, обезвреживания, захоронения | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | применяемые | рекомендуемые |
| Стекло от переработки люминесцентных ламп | Твёрдые | Ртуть | Накопление на территории предприятия | Разработана и освоена технология переработки люминесцентных ламп с извлечением ртути |
| Шлам, образующийся в процессе никелирования | Паста | Никель | Организованное складирование | Захоронение на полигонах пром-отходов |
| Смесь с примесью соединений фтора, сурьмы, кадмия в чёрной металлургии и машиностроения | Твёрдые частицы, а также газы и жидкости | Соединения свинца, фтора, фосфора, ртути и кадмия | Накопление на территории предприятия | Захоронение на полигонах пром-отходов |
| Второй класс опасности | | | | |
| Нефтеотходы промышленных производств | Вязкие жидкости | Нефть и нефтепродукты | Термическое разложение и захоронение | Сжигание на полигоне пром-отходов |
| Остаток производств красителей на органических растворителях | Паста | Производные анилина, пиридин | Хранение на промышленной площадке | Термическое обезвреживание на полигоне промышленных отходов |
| Остаток смолистый производства красителей на основе дифениламина | | Цинк, дифениламин | | |
| Остаток кубовый от ректификации бензола в коксохимическом производстве | Жидкость | Бензол | Утилизация сжиганием, получение дегтя | Безотходное производство |

| Наименование отходов и производств, где они образуются | Агрегатное состояние и консистенция | Наименование токсичных веществ | Методы утилизации, обезвреживания, захоронения | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| | | | применяемые | рекомендуемые |
| Отход производства лаков, эмалей смол... | Жидкость | Соединения свинца, хрома, цинка, растворители | Складирование на территории предприятия | Извлечение ценных компонентов, создание безотходных производств |
| Отход загрязнённого четырёххлористого углерода в производстве реактивов | Жидкость | Четырёххлористый углерод | Накопление на предприятиях | Термическое обезвреживание на полигоне промышленных отходов |
| Растворы отработанные травильные прокатных и метизных цехов | Жидкость | Смолы, масла | Обезвреживание, частичное использование | Переработка вместе с каменноугольной смолой |
| Третий класс опасности | | | | |
| Воды промывные травильных отделений прокатных цехов | Жидкость | Соляная кислота | Нейтрализация, шлам в отвал | Извлечение хлорного железа, меди, хрома и др, металлов |
| Катализатор отработанный (любое производство) | Твёрдый | Оксид хрома | Направляется в отвал | Полная утилизация в промышленности строительных материалов и в металлургии |
| Нефтешламы механической очистки сточных вод | Жидкая вязкая масса | Нефтепродукты | Хранение в шламонакопителе | Термическое обезвреживание на полигоне промышленных отходов |
| Кислота серная отработанная производства алкилирования | Жидкость | Серная кислота | Термическая регенерация | Регенерация, использование в качестве в качестве вторичного сырья |
| Шлам регенерации солярового масла | Жидкий | Соляровое масло | Использование для обмасливания шихты | Полное использование |

| Наименование отходов и производств, где они образуются | Агрегатное состояние и консистенция | Наименование токсичных веществ | Методы утилизации, обезвреживания, захоронения | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| | | | применяемые | рекомендуемые |
| Шлаки фосфатные сталеплавильного производства | Твёрдые | Фосфор, ванадий | Для производства минеральных удобрений | Полное использование |
| Кислота серная отработанная производства алкилирования | Жидкость | Серная кислота | Термическая регенерация | Регенерация, использование в качестве в качестве вторичного сырья |
| Шлаки фосфатные сталеплавильного производства | Твёрдые | Фосфор, ванадий | Для производства минеральных удобрений | Полное использование |
| Отход регенерации эмульсий и смазочно-охлаждающих жидкостей | Шлам | Эфирно-экстрагируемые вещества | Сжигание и захоронение | Термическое обезвреживание на полигоне промышленных отходов |
| Осадки очистных сооружений гальванического производства | Пасты и эмульсии | Оксиды цветных металлов | Захоронение | Утилизация, захоронение на полигоне промышленных отходов |
| Окалина прокатного производства | Твёрдая | Оксиды железа | Добавка в шихту | Добавка в шихту |
| Пыль асбошлифовальная | Пыль | Асбест | Складирование на промышленной площадке | Использование в производстве строительных материалов |
| Шлам станций нейтрализации | Паста и эмульсия | Фосфор | | |
| Шлам металлургического передела | Твёрдый, паста и эмульсия | Оксиды цветных металлов и железа | В отвалы | |

Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, уровни вредного воздействия осуществляются за счет *себестоимости продукции (работ, услуг)*, а платежи за превышение их – за счет *прибыли*, остающейся в распоряжении природопользователя, Если платежи равны или превышают размер прибыли, остающейся в распоряжении природопользова-

теля, то специально уполномоченными на то государственными органами в области охраны окружающей природной среды, органами санитарно-эпидемиологического надзора и соответствующими органами исполнительной власти рассматривается вопрос о приостановке или прекращения деятельности соответствующего предприятия, В случае отсутствия у природопользователя оформленного в установленном порядке разрешения на выброс, сброс загрязняющих веществ, размещение отходов вся масса учитывается как сверхлимитная.

Плата перечисляется плательщиком в бесспорном порядке в размере 10 % в доход республиканского бюджета Российской Федерации и в размере 90 % непосредственно на счет внебюджетного областного экологического фонда.

Внебюджетный областной экологический фонд распределяет средства, поступающие на его счет, в следующем порядке: 60 % направляет в городские и районные экологические фонды, 30 % остается в распоряжении внебюджетного областного экологического фонда и 10 % перечисляет в федеральный экологический фонд России.

Перечисления осуществляются в бесспорном порядке ежеквартально не позднее 20 числа последующего месяца квартала. После истечения срока, установленного для внесения платежа, уплачиваются пени в размере 0,3 % от суммы невнесенного платежа за каждый календарный день просрочки, В случае невыполнения обязательного предписания, которое предъявляется при неуплате, к должностным лицам применяются меры административной ответственности за экологические правонарушения.

5.2. Пример расчёта платежей при экологической экспертизе воздуха населенных мест

Необходимо оценить состояние воздуха жилого массива по ГОСТ 17.2.1.01–05 площадью 15 000 га и высотой 55 метров вблизи промышленного предприятия с источником смешанных выбросов веществ:

- NO_2 – концентрация $1,4 \text{ г/м}^3$;
- ароматические углеводороды (C_6H_6 – бензол) – концентрация $0,11 \text{ г/м}^3$;
- HF – концентрация $1,6 \text{ г/м}^3$;
- пары солей ртути – концентрация $1,1 \text{ г/м}^3$.

Высота источника выделения веществ $H = 35$ метров, температура выделения $t = 180^\circ\text{C}$, температура воздуха $t = 20^\circ\text{C}$, скорость движения воздуха $\omega = 7,5 \text{ м/с}$, скорость выхода веществ $\omega_0 = 0,75 \text{ м/с}$, радиус устья выбросов $r = 1,5 \text{ м}$, время выбросов $t = 3,5$ часа. По результатам оценки состояния окружающей среды необходимо произвести экспертизу по платежам за выбросы. После проведения контрольных замеров воздуха получены следующие результаты, табл. 18, справочные данные приведены в табл. 19.

Таблица 18

Результаты контрольных замеров воздуха населённых мест

| Наименование вещества | Показатели замеров | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Количество вещества в пробе воздуха, мг | | Объём жидкого поглотителя взятого для анализа, мл | Общий объём поглотителя, мл | Температура воздуха при отборе пробы, °С | Время отбора пробы, мин | скорость отбора пробы, л/м |
| | a ₁ | a ₂ | | | | | |
| 1. Оксид азота NO ₂ | 0,0052 | 0,0036 | 10 | 15 | 20 | 35 | 2 |
| 2. Ароматические углеводороды С ₆ Н ₆ – бензол | 0,00008 | 0,00011 | 10 | 15 | 20 | 35 | 2 |
| 3. Фторид водорода HF | 0,00007 | 0,00012 | 10 | 15 | 20 | 35 | 2 |
| 4. Пары солей ртути | 0,000007 | 0,000012 | 10 | 15 | 20 | 35 | 2 |

Таблица 19

Справочные данные

| Наименование вещества | Показатели токсичности | | |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | x ₁ , мг/м ³ | x ₂ , мг/м ³ | ЛК ₅₀ , мг/л |
| 1. Оксид азота NO ₂ | 0,26 | 0,14 | 0,078 |
| 2. Ароматические углеводороды С ₆ Н ₆ – бензол | 0,45 | 0,30 | 3,9 |
| 3. Фторид водорода HF | 0,007 | 0,03 | 0,011 |
| 4. Пары солей ртути | 0,02 | 0,006 | 1,6 · 10 ⁻⁴ |

Решение.

1. Определение фоновой концентрации Кф загрязнения воздуха по результатам контрольных замеров.

1.1. Объём пробы (V_о) воздуха при нормальных условиях (P₀ = 760 мм. рт. ст.=1 атм, T₀ = 273 К= 0⁰С) равен:

$$V_o = \frac{P \cdot V \cdot T_o}{T \cdot P_o} = \frac{(\nu \cdot \tau) T_o}{T \cdot P_o} = \frac{(2 \cdot 35) \cdot 273}{293 \cdot 1} = 65,22 \text{ л,}$$

где P – реальное (существующее) давление воздуха, атм; V – объём пробы воздуха, л; T₀ – температура воздуха при стандартных (нормальных) условиях, К; T – температура воздуха при отборе пробы, К; P₀ – давление воздуха при стандартных (нормальных) условиях, атм.; ν – скорость отбора пробы воздуха, л/мин; τ – время отбора пробы воздуха, мин.

1.2. Фоновая концентрация веществ выброса, определяемая по формуле

$$C = \frac{a_{(\text{газа})} \cdot V \cdot 1000}{h \cdot V_0} \text{ будет равна:}$$

Для NO₂-газа:

$$\text{при первом замере } C_{\text{NO}_2} = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 5,31 \cdot 10^{-2}, \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{при втором замере } C_{\text{NO}_2} = \frac{3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 3,68 \cdot 10^{-2}, \text{ мг/м}^3.$$

Средняя концентрация NO₂-газа составит:

$$\bar{C}_{\text{NO}_2} = \frac{5,31 \cdot 10^{-2} + 3,68 \cdot 10^{-2}}{2} = 4,5 \cdot 10^{-2}, \text{ мг/м}^3.$$

Для бензола C₆H₆:

$$\text{при первом замере } C_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{8 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 8,18 \cdot 10^{-4}, \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{при втором замере } C_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 1,12 \cdot 10^{-3}, \text{ мг/м}^3.$$

Средняя концентрация бензола C₆H₆ составит:

$$\bar{C}_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{8,18 \cdot 10^{-4} + 1,12 \cdot 10^{-3}}{2} = 9,71 \cdot 10^{-4}, \text{ мг/м}^3.$$

Для HF-газа:

$$\text{при первом замере } C_{\text{HF}} = \frac{7 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 7,15 \cdot 10^{-4}, \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{при втором замере } C_{\text{HF}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 1,23 \cdot 10^{-3}, \text{ мг/м}^3.$$

Средняя концентрация HF-газа составит:

$$\bar{C}_{\text{HF}} = \frac{7,15 \cdot 10^{-4} + 1,23 \cdot 10^{-3}}{2} = 9,71 \cdot 10^{-4}, \text{ мг/м}^3.$$

Для солей ртути:

$$\text{при первом замере } C_{\text{Hg}^{2+}} = \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 7,15 \cdot 10^{-5}, \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{при втором замере } C_{\text{Hg}^{2+}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 1000}{15 \cdot 65,22} = 1,23 \cdot 10^{-4}, \text{ мг/м}^3.$$

Средняя концентрация солей ртути составит:

$$\bar{C}_{\text{Hg}^{2+}} = \frac{7,15 \cdot 10^{-5} + 1,23 \cdot 10^{-4}}{2} = 9,71 \cdot 10^{-5}, \text{ мг/м}^3.$$

2. Определение ПДК (предельно допустимых концентраций) загрязняющих веществ

2.1. Максимально-разовая концентрация по порогу чувствительности (x_1).

ПДК_{мр(x1)} – для NO₂ равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{NO}_2} = 0,96 \cdot \lg 0,26 - 0,51 = -1,071.$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{NO}_2} = 10^{-1,0716} = 0,085 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x1)} – для C₆H₆ – бензола равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{C}_6\text{H}_6} = 0,96 \cdot \lg 0,45 - 0,51 = -0,843;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{C}_6\text{H}_6} = 10^{-0,843} = 0,144 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x1)} – для HF равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{HF}} = 0,96 \cdot \lg 0,007 - 0,51 = -2,578;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{HF}} = 10^{-2,578} = 0,00264 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x1)} – для паров соединений ртути:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{Hg}^{2+}} = 0,96 \cdot \lg 0,02 - 0,51 = -2,14;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_1)\text{HF}} = 10^{-2,14} = 0,0072 \text{ мг/м}^3.$$

2.2. Максимально-разовая концентрация по порогу биоэлектрической активности (x_2).

ПДК_{мр(x2)} – для NO₂ равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{NO}_2} = 0,97 \cdot \lg 0,14 - 0,23 = -1,058;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{NO}_2} = 10^{-1,058} = 0,087 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x2)} – для C₆H₆ – бензола равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{C}_6\text{H}_6} = 0,97 \cdot \lg 0,3 - 0,23 = -0,737;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{C}_6\text{H}_6} = 10^{-0,737} = 0,183 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x2)} – для HF равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{HF}} = 0,97 \cdot \lg 0,03 - 0,23 = -1,71;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{HF}} = 10^{-1,71} = 0,0196 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{мр(x2)} – для паров соединений ртути:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{Hg}^{2+}} = 0,97 \cdot \lg 0,006 - 0,23 = -2,39;$$

$$\text{ПДК}_{\text{мр}(x_2)\text{Hg}^{2+}} = 10^{-2,39} = 0,0041 \text{ мг/м}^3.$$

2.3. Максимально-разовая концентрация по порогу чувствительности (x_1) и порогу токсичности (ЛК50).

ПДК_{cc(x1 ЛК50)} – для NO₂ равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{NO}_2} = 0,81 \cdot \lg 0,26 + 0,10 \cdot \lg 0,078 - 0,86 = -1,445;$$

$$\text{ПДК}_{\text{mp}(x_2)\text{NO}_2} = 10^{-1,445} = 0,036 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{cc(x1 ЛК50)} – для C₆H₆ – бензола равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{NO}_2} = 0,81 \cdot \lg 0,45 + 0,10 \cdot \lg 3,9 - 0,86 = -1,08;$$

$$\text{ПДК}_{\text{mp}(x_2)\text{NO}_2} = 10^{-1,08} = 0,0828 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{cc(x1 ЛК50)} – для HF равна:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{HF}} = 0,81 \cdot \lg 0,007 + 0,10 \cdot \lg 0,011 - 0,86 = -2,801;$$

$$\text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{HF}} = 10^{-2,801} = 0,00158 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{cc(x1 ЛК50)} – для паров соединений ртути:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{Hg}^{2+}} = 0,81 \cdot \lg 0,02 + 0,10 \cdot \lg 1,6 \cdot 10^{-4} - 0,86 = -2,62;$$

$$\text{ПДК}_{\text{cc}(x_1 \text{ЛК50})\text{Hg}^{2+}} = 10^{-2,62} = 0,00242 \text{ мг/м}^3.$$

2.4. Среднесуточная концентрация по предельно допустимой концентрации воздуха рабочей зоны (ПДК_{рз}) (по токсическому ощущению ЛК50) неорганических соединений

ПДК_{рз(ЛК50)} – для NO₂ равна (для неорганических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)}\text{NO}_2} = \lg 0,078 + 0,4 + \lg 46,01 = 0,955;$$

ПДК_{cc(ПДК_{рз})} – для NO₂ равна (для неорганических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc(ПДК}_{\text{рз}})} = 0,62 \cdot \lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)}\text{NO}_2} - 1,77 = 0,62 \cdot 0,955 - 1,77 = -1,18;$$

$$\text{ПДК}_{\text{cc(ПДК}_{\text{рз}})} = 10^{-1,18} = 0,0664 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{cc(ПДК_{рз})} – C₆H₆ – бензола равна (для органических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)}\text{C}_6\text{H}_6} = \lg 6,7 \cdot 10^{-2} + \lg 78,113 = 0,719;$$

ПДК_{cc(ПДК_{рз})} – C₆H₆ – бензола равна (для органических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{cc(ПДК}_{\text{рз}})\text{C}_6\text{H}_6} = 0,62 \cdot 0,719 - 1,77 = -1,32;$$

$$\text{ПДК}_{\text{cc(ПДК}_{\text{рз}})\text{C}_6\text{H}_6} = 10^{-1,32} = 0,0474, \text{ мг/м}^3.$$

ПДК_{рз(ЛК50)} – для HF равна (для неорганических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)}\text{HF}} = \lg 0,011 + 0,4 + \lg 20,01 = -0,257;$$

ПДК_{cc(ПДК_{рз})} – для HF равна (для неорганических соединений):

$$\lg \text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}\text{HF} = 0,62 \cdot \lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)HF}} - 1,77 =$$

$$= 0,62 \cdot (-0,257) - 1,77 = -1,93;$$

$$\text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}\text{HF} = 10^{-1,93} = 0,01176, \text{ мг / м}^3$$

$\text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}$ – для паров соединений ртути равна (для неорганических соединений)

$$\lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)Hg}^{2+}} = \lg 1,6 \cdot 10^{-4} + 0,4 + \lg 271,5 = -0,962;$$

$\text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}$ – для паров соединений ртути равна (для неорганических соединений)

$$\lg \text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}\text{Hg}^{2+} = 0,62 \cdot \lg \text{ПДК}_{\text{рз(ЛК50)Hg}^{2+}} - 1,77 =$$

$$= 0,62 \cdot (-0,962) - 1,77 = -2,37;$$

$$\text{ПДК}_{\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})}\text{Hg}^{2+} = 10^{-2,37} = 0,0043 \text{ мг / м}^3.$$

3. Оценка загрязнения фона: отношение $\gamma_{\text{фон}} = \frac{C_{i(\text{фон})}}{\text{ПДК}_{i(\text{фон})}} \leq [1]$ не должно превышать единицы (1).

Загрязнения фона по NO_2 -газу составит:

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{мр}(x_1)\text{фон}} = \frac{0,0450}{0,085} = 0,529 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{мр}(x_2)\text{фон}} = \frac{0,0450}{0,087} = 0,517 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{сс}(x_1)\text{ЛК50(фон)}} = \frac{0,0450}{0,036} = 1,25 \rangle 1 - \text{превышение ПДК в 1,25 раз};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{фон}} = \frac{0,0450}{0,066} = 0,677 \langle 1 - \text{нет превышения}.$$

Загрязнения фона по бензолу (C_6H_6) составит:

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ мр}(x_1)\text{фон}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,144} = 6,76 \cdot 10^{-3} \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ мр}(x_2)\text{фон}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,183} = 5,3 \cdot 10^{-3} \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ сс}(x_1)\text{ЛД50(фон)}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,0828} = 1,17 \cdot 10^{-2} \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{фон}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,0474} = 2,05 \cdot 10^{-2} \langle 1 - \text{нет превышения}.$$

Загрязнения фона по HF-газу составит:

$$\gamma_{\text{HF мр}(x_1)\text{фон}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,00264} = 0,368 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{HF}_{\text{мр}}(x_2)_{\text{фон}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,0196} = 0,0495 < 1 \text{ – нет превышения;}$$

$$\gamma_{\text{HF}_{\text{сс}}(x_1)_{\text{ЛК50(фон)}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,00158} = 0,615 < 1 \text{ – нет превышения;}$$

$$\gamma_{\text{HF}_{\text{сс}}(\text{ПДК}_{\text{рз}})_{\text{фон}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-4}}{0,0118} = 8,26 \cdot 10^{-2} < 1 \text{ – нет превышения.}$$

Загрязнения фона по соединению ртути (HgCl_2) составит:

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ мр}(x_1)_{\text{фон}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-5}}{0,00722} = 0,0134 < 1 \text{ – нет превышения;}$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ мр}(x_2)_{\text{фон}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-5}}{0,004112} = 0,0236 < 1 \text{ – нет превышения;}$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ сс}(x_1)_{\text{ЛК50(фон)}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-5}}{0,0024} = 0,0401 < 1 \text{ – нет превышения;}$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ сс}(\text{ПДК}_{\text{рз}})_{\text{фон}}} = \frac{9,71 \cdot 10^{-5}}{0,00043} = 0,0226 < 1 \text{ – нет превышения.}$$

4. Определение концентрации выбрасываемых веществ в воздухе населённых мест

4.1. Суммарный объём выбросов составит:

$$V_{\text{общ}} = 3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 0,75 \cdot 3,5 \cdot 3600 = 6,68 \cdot 10^4 \text{ м}^3.$$

Масса выброса NO_2 –газа составит:

$$m_{\text{NO}_2} = 6,68 \cdot 10^4 \cdot 1,4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} = 9,35 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Масса выброса бензола (C_6H_6) составит:

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 6,68 \cdot 10^4 \cdot 1,1 \cdot 10^2 \cdot 10^{-9} = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Масса выброса HF-газа составит:

$$m_{\text{HF}} = 6,68 \cdot 10^4 \cdot 1,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} = 0,107 \text{ т.}$$

Масса выброса соединений ртути составит:

$$m_{\text{HgCl}_2} = 6,68 \cdot 10^4 \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} = 7,35 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

4.2. Суммарная концентрация выбрасываемых веществ составит:

$$\text{для } \text{NO}_2\text{-газа } C_{\text{NO}_2} = \frac{9,35 \cdot 10^{-2} \cdot 10^9}{8,25 \cdot 10^9} + 4,5 \cdot 10^{-2} = 5,63 \cdot 10^{-2} \text{ мг/м}^3.$$

для бензола ($\text{C}_6\text{H}_6\text{NO}_2$)

$$C_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{7,35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^9}{8,25 \cdot 10^9} + 9,71 \cdot 10^{-4} = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3.$$

$$\text{для HF-газа } C_{\text{HF}} = \frac{0,107 \cdot 10^9}{8,25 \cdot 10^9} + 9,71 \cdot 10^{-4} = 1,39 \cdot 10^{-2} \text{ мг/м}^3.$$

для паров соединений ртути

$$C_{\text{HgCl}_2} = \frac{7,35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^9}{8,25 \cdot 10^9} + 9,71 \cdot 10^{-5} = 9,00 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3.$$

5. Оценка общей загрязнённости жилого массива.

Оценка загрязнённости по ПДК NO₂-газа:

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{мр}(x_1)\text{общ}} = \frac{5,63 \cdot 10^{-2}}{0,085} = 0,664 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{мр}(x_2)\text{общ}} = \frac{5,63 \cdot 10^{-2}}{0,087} = 0,644 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{сс}(x_1)\text{ЛК50(общ)}} = \frac{5,63 \cdot 10^{-2}}{0,036} = 1,57 \rangle 1 - \text{превышение ПДК в 1,57 раз};$$

$$\gamma_{\text{NO}_2\text{сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{общ}} = \frac{5,63 \cdot 10^{-2}}{0,066} = 0,848 \langle 1 - \text{нет превышения}.$$

Оценка загрязнённости по ПДК бензола (C₆H₆):

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ мр}(x_1)\text{общ}} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{0,144} = 1,3 \cdot 10^{-2} \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ мр}(x_2)\text{общ}} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{0,183} = 1,02 \cdot 10^{-2} \rangle 1 - \text{превышение в 1,02 раза};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ сс}(x_1)\text{ЛД50(общ)}} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{0,0828} = 2,25 \cdot 10^{-2} \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{C}_6\text{H}_6\text{ сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{общ}} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{0,0474} = 3,93 \cdot 10^{-2} \langle 1 - \text{нет превышения}.$$

Оценка загрязнённости по ПДК HF-газа:

$$\gamma_{\text{HF мр}(x_1)\text{общ}} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{0,00264} = 5,28 \rangle 1 - \text{превышение в 5,28 раз};$$

$$\gamma_{\text{HF мр}(x_2)\text{общ}} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{0,0196} = 0,71 \langle 1 - \text{нет превышения};$$

$$\gamma_{\text{HF сс}(x_1)\text{ЛК50(общ)}} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{0,00158} = 8,81 \rangle 1 - \text{превышение в 8,81 раз};$$

$$\gamma_{\text{HF сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{общ}} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{0,0118} = 1,18 \rangle 1 - \text{превышение в 1,18 раз}.$$

Оценка загрязнённости по ПДК соединений ртути (HgCl₂):

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ мр}(x_1)\text{общ}} = \frac{9,0 \cdot 10^{-3}}{0,00722} = 1,25 \rangle 1 - \text{превышение в } 1,25 \text{ раза};$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ мр}(x_2)\text{общ}} = \frac{9,0 \cdot 10^{-3}}{0,004112} = 2,19 \rangle 1 - \text{превышение в } 2,19 \text{ раз};$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ сс}(x_1)\text{ЛК50(общ)}} = \frac{9,0 \cdot 10^{-3}}{0,0024} = 3,72 \rangle 1 - \text{превышение в } 3,72 \text{ раза};$$

$$\gamma_{\text{HgCl}_2 \text{ сс(ПДК}_{\text{рз}})\text{общ}} = \frac{9,0 \cdot 10^{-3}}{0,00043} = 2,09 \rangle 1 - \text{превышение в } 2,09 \text{ раз}.$$

Результаты экспертизы показали, что выбросы существенно загрязнили воздух жилого массива, что подтверждено расчётами и определением ПДК, которые превысили предельно допустимые величины от 1,02 до 8,81 раз.

6. Определение опасной скорости движения воздуха (для нагретых газов)

Расчёт параметра v_M :

$$v_M = 0,65 \cdot \frac{\sqrt[3]{3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 0,75 \cdot 3,5 \cdot 3600 \cdot (453,15 - 293,15)}}{55} = 2,603.$$

Для нагретых (горячих) выбросов опасная скорость воздуха определяется из следующих условий:

при $v_M \leq 0,5$ – $u_M = 0,5$ м/с;

при $0,5 < v_M \leq 2$ – $u_M = v_M$;

если $2,0 < v_M$, то $u_M = v_M(1 + 0,12\sqrt{f})$,

где f – параметр, определяемый по $f = 1000 \frac{0,75^2 \cdot 3,0}{55 \cdot (453,15 - 293,15)} = 0,192 \text{ м}^2/\text{с}^2$.

$$u_M = 2,603(1 + 0,12\sqrt{0,192}) = 2,74 \text{ м/с}.$$

«Опасная скорость движения воздуха» меньше, чем скорость воздуха окружающей среды. Следовательно, скорость движения воздуха $\omega = 7,5$ м/с, способствует распространению выбросов по жилому массиву.

7. Расчет платежей по выбросам

7.1. Расчёт нормативной величины выбросов

Нормативная величина выбросов $M_{(н)выбр}$, определена по ПДК_{сс(x1ЛК50)}. Так как по величине ПДК_{сс(x1ЛК50)} существует наибольшее превышение, например, $\gamma_{\text{HF сс}(x_1)\text{ЛК50(общ)}} = 8,81 \rangle 1$, то нормативная величина выброса, определена с учётом данного показателя.

Нормативная величина выбросов NO₂-газа составит:

$$M_{\text{H}(\text{NO}_2)} = (0,0359 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = -7,47 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Отрицательное значение данного показателя по NO_2 -газу свидетельствует о том, что фоновая концентрация данного соединения превышает ПДК и, следовательно, выброс этого вещества недопустим.

Нормативная величина выбросов C_6H_6 -газа составит:

$$M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6)} = (0,0828 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 0,675 \text{ т.}$$

Нормативная величина выбросов HF -газа составит:

$$M_{\text{H}(\text{HF})} = (0,00158 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Нормативная величина выбросов HgCl_2 составит:

$$M_{\text{H}(\text{HgCl}_2)} = (0,00242 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-5} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 1,92 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

7.1.1. Расчёт нормативной величины выбросов, учтённых в платежах

Нормативная величина выброса NO_2 -газа, учтённая в платежах составит:

ЕСЛИ ($M_{\text{H}(\text{NO}_2 \text{ плата})} > 0$; МИН (m_{NO_2} ; $M_{\text{H}(\text{NO}_2 \text{ плата})}$); 0) ЕСЛИ ($-7,47 \cdot 10^{-2} > 0$; МИН ($9,35 \cdot 10^{-2}$; $-7,47 \cdot 10^{-2}$); 0).

$$M_{\text{H}(\text{NO}_2 \text{ плата})} = 0,0 \text{ т.}$$

Т.к. фоновая концентрация жилого массива NO_2 -газа превышает ПДК, то в расчёте для определения платежей по нормативной величине выброса не включена.

Нормативная величина выброса C_6H_6 -газа, учтённая в платежах составит:

ЕСЛИ ($M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})} > 0$; МИН($m_{\text{C}_6\text{H}_6}$; $M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})}$); 0).

ЕСЛИ ($0,675 > 0$; МИН ($7,35 \cdot 10^{-3}$; $0,65$); 0).

$$M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})} = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Нормативная величина выброса HF -газа, учтённая в платежах составит:

ЕСЛИ ($M_{\text{H}(\text{HF плата})} > 0$; МИН(m_{HF} ; $M_{\text{H}(\text{HF плата})}$); 0).

ЕСЛИ ($5,02 \cdot 10^{-3} > 0$; МИН($0,107$; $5,02 \cdot 10^{-3}$); 0).

$$M_{\text{H}(\text{HF плата})} = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Нормативная величина выброса HgCl_2 , учтённая в платежах составит:

ЕСЛИ ($M_{\text{H}(\text{HgCl}_2\text{плата})} > 0$; МИН (m_{HgCl_2} ; $M_{\text{H}(\text{HgCl}_2\text{плата})}$); 0).

ЕСЛИ ($1,92 \cdot 10^{-2} > 0$; МИН($7,35 \cdot 10^{-2}$; $1,92 \cdot 10^{-2}$); 0).

$$M_{\text{H}(\text{HgCl}_2\text{плата})} = 1,92 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

7.2. Расчёт лимитной величины выбросов $M_{(\text{л})\text{выбр}}$

Лимитная величина выбросов NO_2 -газа составит:

$$M_{\text{л}(\text{NO}_2)} = (5 \cdot 0,0359 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 1,11 \text{ т.}$$

Лимитная величина выбросов C_6H_6 -газа составит: $M_{\text{л}(\text{C}_6\text{H}_6)} = (5 \cdot 0,0828 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 3,41 \text{ т.}$

Лимитная величина выбросов HF -газа составит:

$$M_{\text{л}(\text{HF})} = (5 \cdot 0,00158 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 5,72 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Лимитная величина выбросов HgCl_2 составит:

$$M_{\text{л}(\text{HgCl}_2)} = (5 \cdot 0,00242 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-5} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 9,91 \cdot 10^{-2} \text{ т}$$

7.2.1. Расчёт лимитной величины выбросов, учтённых в платежах

Лимитная величина выброса NO_2 -газа, учтённая в экономических платежах составит:

ЕСЛИ ($(m_{\text{NO}_2} - M_{\text{H}(\text{NO}_2\text{плата})}) > 0$;

МИН ($(m_{\text{NO}_2} - M_{\text{H}(\text{NO}_2\text{плата})}); M_{\text{л}(\text{NO}_2\text{плата})}$); 0).

ЕСЛИ ($(9,35 \cdot 10^{-2} - 0,0) > 0$;

МИН($(9,35 \cdot 10^{-2} - 0,0)$; $9,35 \cdot 10^{-2}$); 0).

$$M_{\text{л}(\text{NO}_2\text{плата})} = 9,35 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Лимитная величина выброса C_6H_6 -газа, учтённая в экономических платежах составит:

ЕСЛИ ($(m_{\text{C}_6\text{H}_6} - M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6\text{плата})}) > 0$;

МИН ($(m_{\text{C}_6\text{H}_6} - M_{\text{H}(\text{C}_6\text{H}_6\text{плата})}); M_{\text{л}(\text{C}_6\text{H}_6\text{плата})}$); 0).

ЕСЛИ ($(7,35 \cdot 10^{-3} - 7,35 \cdot 10^{-3}) > 0$;

МИН($(7,35 \cdot 10^{-3} - 7,35 \cdot 10^{-3})$; $3,41$); 0).

$$M_{\text{л}(\text{C}_6\text{H}_6\text{плата})} = 0,00 \text{ т.}$$

Лимитная величина выброса HF -газа, учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ } ((m_{\text{HF}} - M_{\text{H}(\text{HF платата})}) > 0;$$

$$\text{МИН } ((m_{\text{HF}} - M_{\text{H}(\text{HF платата})}); M_{\text{Л}(\text{HF платата})}); 0).$$

$$\text{ЕСЛИ } ((0,107 - 5,02 \cdot 10^{-3}) > 0;$$

$$\text{МИН } ((0,107 - 5,02 \cdot 10^{-3}); 5,72 \cdot 10^{-2}); 0).$$

$$M_{\text{Л}(\text{HF платата})} = 5,72 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Лимитная величина выброса HgCl_2 , учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ } ((m_{\text{HgCl}_2} - M_{\text{H}(\text{HgCl}_2 \text{ платата})}) > 0;$$

$$\text{МИН } ((m_{\text{HgCl}_2} - M_{\text{H}(\text{HgCl}_2 \text{ платата})});$$

$$M_{\text{Л}(\text{HgCl}_2 \text{ платата})}); 0) \text{ ЕСЛИ } ((7,35 \cdot 10^{-2} - 1,92 \cdot 10^{-2}) > 0;$$

$$\text{МИН } ((7,35 \cdot 10^{-2} - 1,92 \cdot 10^{-2}); 9,91 \cdot 10^{-2}); 0).$$

$$M_{\text{Л}(\text{HgCl}_2 \text{ платата})} = 5,43 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

7.3. Расчёт сверхлимитной величины выбросов $M_{(\text{сл})\text{выбр}}$.

Сверхлимитная величина выбросов NO_2 -газа составит: $M_{\text{сл}(\text{NO}_2)} = (25 \cdot 0,0359 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 7,04 \text{ т.}$

Сверхлимитная величина выбросов C_6H_6 -газа составит: $M_{\text{сл}(\text{C}_6\text{H}_6)} = (25 \cdot 0,0828 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 171 \text{ т.}$

Сверхлимитная величина выбросов HF -газа составит:

$$M_{\text{сл}(\text{HF})} = (25 \cdot 0,00158 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-4} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 0,318 \text{ т.}$$

Сверхлимитная величина выбросов HgCl_2 составит:

$$M_{\text{сл}(\text{HgCl}_2)} = (25 \cdot 0,00242 \cdot 8,25 \cdot 10^9 - 9,71 \cdot 10^{-5} \cdot 8,25 \cdot 10^9) \cdot 10^{-9} = 0,499 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

7.3.1. Расчёт сверхлимитной величины выбросов, учтённых в платежах

Сверхлимитная величина выброса NO_2 -газа, учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ } ((m_{\text{NO}_2} - M_{\text{H}(\text{NO}_2 \text{ платата})} - M_{\text{Л}(\text{NO}_2 \text{ платата})}) > 0;$$

$$(m_{\text{NO}_2} - M_{\text{H}(\text{NO}_2 \text{ платата})} - M_{\text{Л}(\text{NO}_2 \text{ платата})}); 0).$$

$$\text{ЕСЛИ}((9,35 \cdot 10^{-2} - 0,0 - 9,35 \cdot 10^{-2}) > 0; \\ (9,35 \cdot 10^{-2} - 0,0 - 9,35 \cdot 10^{-2}); 0).$$

$$M_{\text{сл}(\text{NO}_2 \text{ плата})} = 0,0 \text{ т.}$$

Сверхлимитная величина выброса C_6H_6 -газа, учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ}((m_{\text{C}_6\text{H}_6} - M_{\text{н}(\text{NO}_2 \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})}) > 0; \\ (m_{\text{C}_6\text{H}_6} - M_{\text{н}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})}); 0).$$

$$\text{ЕСЛИ}((7,35 \cdot 10^{-3} - 7,35 \cdot 10^{-3} - 0,0) > 0; \\ (7,35 \cdot 10^{-3} - 7,35 \cdot 10^{-3} - 0,0)); 0)$$

$$M_{\text{сл}(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ плата})} = 0,0 \text{ т.}$$

Сверхлимитная величина выброса HF-газа, учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ}((m_{\text{HF}} - M_{\text{н}(\text{HF} \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{HF} \text{ плата})}) > 0; \\ (m_{\text{HF}} - M_{\text{н}(\text{HF} \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{HF} \text{ плата})}); 0).$$

$$\text{ЕСЛИ}((0,107 - 5,02 \cdot 10^{-3} - 5,72 \cdot 10^{-2}) > 0; \\ (0,107 - 5,02 \cdot 10^{-3} - 5,72 \cdot 10^{-2}); 0).$$

$$M_{\text{сл}(\text{HF} \text{ плата})} = 4,47 \cdot 10^{-2} \text{ т.}$$

Сверхлимитная величина выброса HgCl_2 , учтённая в экономических платежах составит:

$$\text{ЕСЛИ}((m_{\text{HgCl}_2} - M_{\text{н}(\text{HgCl}_2 \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{HgCl}_2 \text{ плата})}) > 0; \\ (m_{\text{HgCl}_2} - M_{\text{н}(\text{HgCl}_2 \text{ плата})} - M_{\text{л}(\text{HgCl}_2 \text{ плата})}); 0).$$

$$\text{ЕСЛИ}((7,35 \cdot 10^{-2} - 1,92 \cdot 10^{-2} - 5,43 \cdot 10^{-2}) > 0; \\ (7,35 \cdot 10^{-2} - 1,92 \cdot 10^{-2} - 5,43 \cdot 10^{-2}); 0).$$

$$M_{\text{сл}(\text{HgCl}_2 \text{ плата})} = 0,00 \text{ т.}$$

7.4. Платежи по выбросам $\Pi_{\text{выбр}}$ составят:

$$\Pi_{\text{выбр}} = 24 \cdot 10[(0,415 \cdot 0,00 + 5 \cdot 0,415 \cdot 9,35 \cdot 10^{-2} + 25 \cdot 0,415 \cdot 0,00) + (5,5 \cdot 7,35 \cdot 10^{-3} + \\ + 5 \cdot 5,5 \cdot 0,00 + 25 \cdot 5,5 \cdot 0,00) + (2,065 \cdot 5,02 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 2,065 \cdot 5,72 \cdot 10^{-2} + \\ + 25 \cdot 2,065 \cdot 4,47 \cdot 10^{-3}) + (55 \cdot 1,92 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 55 \cdot 5,43 \cdot 10^{-2} + 25 \cdot 55 \cdot 0,00)] = \\ = 459,073 \text{ тыс.руб.}$$

7.5. Платежи по размещению отходов $P_{\text{кл}}$ составят:

$$P_{\text{кл}} = 1,3 \cdot 10(6 \cdot 9,35 \cdot 10^2 + 6 \cdot 7,35 \cdot 10^3 + \\ + 14 \cdot 0,107 + 14 \cdot 7,35 \cdot 10^2) = 40,7 \text{ тыс. руб.}$$

Общий вывод. Расчёты показали, что платежи по размещению отходов (выбросов) значительно дешевле по отношению к платежам за выбросы.

6. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ

*В каждой естественной науке
заключено столько истины,
сколько в ней есть математики.*

И. Кант

Определение модели. Процесс построения модели называется моделированием. Исходной пунктом исследования служит некоторая задача из той или иной предметной области (в данном случае из области экологии). Существует несколько приёмов моделирования, которые условно подразделяются на две большие группы:

- материальное моделирование;
- идеальное моделирование.

Материальное моделирование – исследование ведётся по модели, когда воспроизводятся основные геометрические, **физические**, динамические и функциональные характеристики изучаемого объекта. Из этой разновидности особо возможно выделить **физическое и аналоговое** моделирование.

Физическое моделирование. Когда реальному объекту противопоставляется его уменьшенная (или увеличенная) копия, допускающая лабораторное исследование и позволяющая переносить установленные свойства на реальный объект по теории подобия. Например, испытание летательного аппарата в аэродинамической трубе.

Аналоговое моделирование. Моделирование, основанное на аналогии процессов и происходящих явлений, имеющих различную физическую природу, но описываемую формально, т.е. одними и теми же математическими уравнениями, логическими схемами и т.д. Например – изучение механических колебаний с помощью электрической схемы, то есть по своей сути это постановка эксперимента.

Использование различных моделей и методов моделирования необходимо для того, чтобы:

- понять, как устроен конкретный объект, какова его структура, основные свойства, законы взаимодействия с окружающим миром;
- научиться управлять объектом и определить научные способы управления при заданных целях и критериях;
- прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации разных способов и форм воздействия на объект.

Например, водные системы (как экологический объект) используются для орошения, водоснабжения, рыбоводства, как место для отдыха и т.д. С таким раз-

нообразным характером эксплуатации ресурсов почти всегда связано столкновение различных интересов, улучшение одних свойств приводит к ухудшению других.

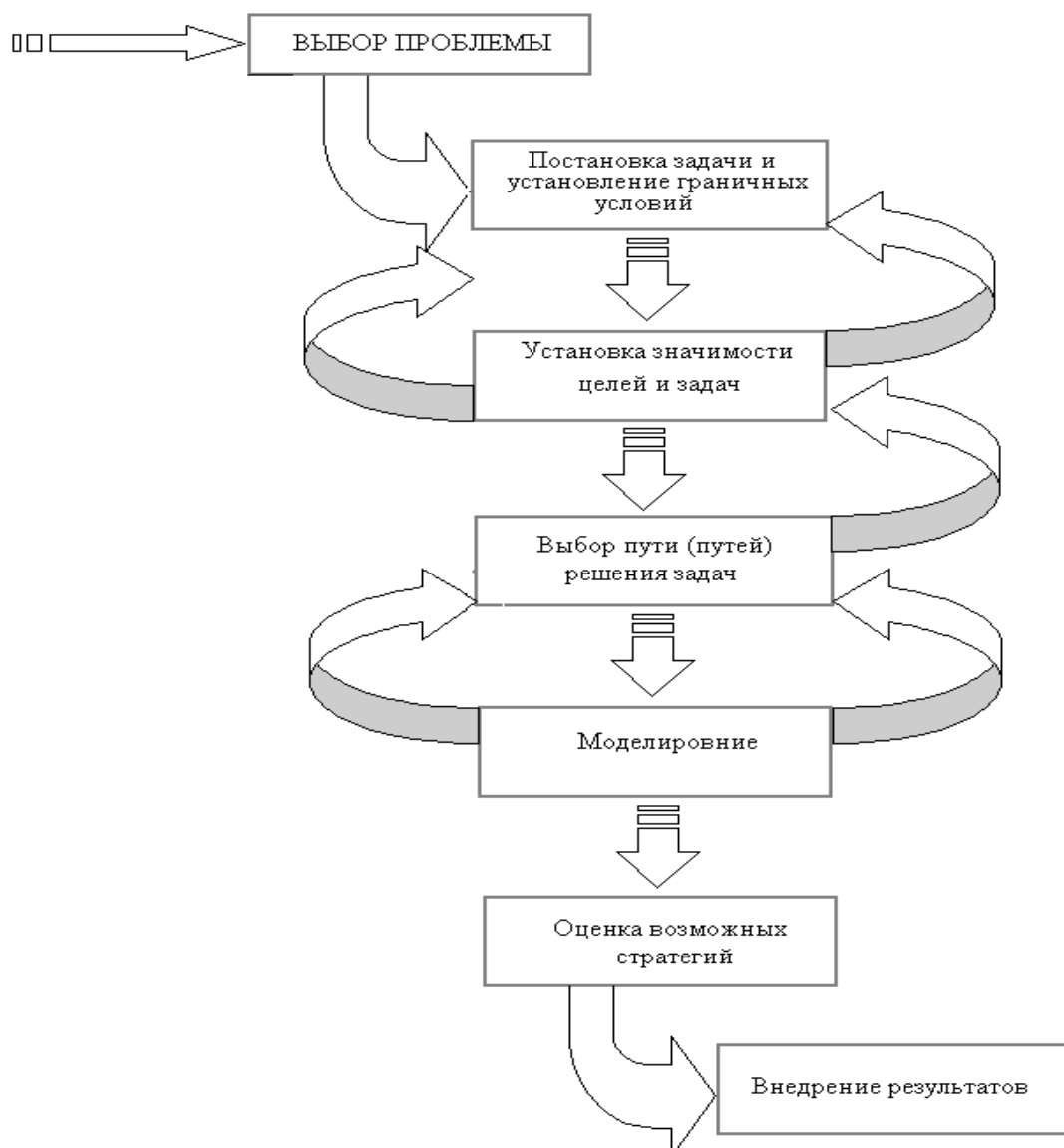


Рис. 33. Схема системного анализа для решения экологических задач

Но прежде, чем решать поставленную задачу, необходимо уяснить методы моделирования, которые могут быть здесь использованы.

Общее представление о системном анализе. Системный анализ это стратегия научного поиска, использующая математические методы и модели в рамках систематизированного научного подхода к решению проблем. По существу системный анализ организует знания об объекте, что облегчает выбор необходимых решений на основе полученной модели. В данном случае, выделяются семь этапов (рис. 33) анализа для решения практических задач.

К основным этапам системного анализа относятся.

1. Выбор проблемы. Этот этап предусматривает выбор правильного метода исследования для решения актуальной задачи экологии. Как показывает опыт, на

практике часто не учитываются существенные аспекты экологических объектов, с одной стороны, а с другой – ряд представлений об экологических процессах настолько широко распространён, что их можно использовать без каких-либо дополнительных обоснований. Поэтому, с одной стороны, можно взяться за решение поставленной проблемы без системного анализа, а с другой – выбрать такую проблему, которую можно наиболее эффективно решить, используя всю мощь методов и способов системного анализа. Такая двойственность первого этапа делает его критическим для успеха (или неудачи) всего исследования.

Постановка задачи, установление граничных условий и установление значимости целей и задач. Обычно цели и задачи выстраивают в некоторую цепочку (образуя некоторую иерархию) по степени их возможности реализации. Здесь следует иметь в виду, что задачи важные с точки зрения получения научной информации, довольно слабо влияют на те решения, которые направлены на управление экологическими системами. Особенно это проявляется в ситуации, когда исследователь заведомо ограничен определёнными формами управления и концентрирует максимум усилий на задачах непосредственно связанных с самими экологическими процессами. Например, *«Управление водными объектами» (системой водохранилищ на реке)*. Здесь необходимо решить следующие задачи: надо накопить определённый запас пресной воды в двух водохранилищах и так управлять этим запасом, чтобы наилучшим образом удовлетворялись потребности в пресной воде, воде для полива сельскохозяйственных угодий, производства электроэнергии, разведения рыбы, а также для потребления воды для технических нужд.

Как только существование проблемы установлено, требуется выбрать те критерии, при помощи которых производится анализ возможности аналитического решения, сохраняя в то же время все те элементы, которые допускают содержательную практическую интерпретацию. Итак, в данном случае необходимо выделить следующие свойства водохранилищ:

1. Запас воды в водохранилище в момент времени (t) и его изменение с течением времени – объём водохранилища – V , млн. куб. метров в месяц.
2. Количество выловленной рыбы при рыбоводстве – «рыба», условные тонны в месяц.
3. Показатели загрязнения воды γ – показатель превышения ПДК в водоёме, отн. един.
4. Показатель кислотности (щёлочности) по рН.
5. Получение электроэнергии – ГЭС, млн. кв. часов в месяц.
6. Урожай собранной сельскохозяйственной продукции при искусственном орошении – с/х, усл. тонн в месяц.

Далее необходимо выделить основные факторы, которые оказывают влияние на свойства водохранилищ:

- приток по реке, на которой построено водохранилище (или несколько водохранилищ);
- пополнение запасов воды за счёт боковых притоков и дождей;

- убыль воды за счёт фильтрации воды в нижнем створе водохранилища и испарения;
- вода расходуется на нужды сельского хозяйства;
- коммунальное водоснабжение;
- часть воды пропускается через плотину далее по реке, в том числе для получения электроэнергии.

Схематически динамику запаса воды в водохранилище можно представить так, как показано на рис. 34.



Рис. 34. Схема процессов определяющих запас воды в водохранилище

Естественно предполагать, что запас воды в водохранилище не должен становиться меньше некоторой величины, но и не должен превышать некоторого объёма водохранилища и как этот показатель будет изменяться во времени?

Приток воды по реке, за счёт дождей и боковой приточности определяется по ежегодным наблюдениям (мониторингу) на протяжении ряда лет (как правило, 15–17 лет). Убыль воды – величина регулируемая (кроме фильтрации и испарения) и определяется хозяйственными потребностями. Фильтрация и испарение, как и приток по реке, также фиксируются многолетними наблюдениями.

Выбор путей решения задач. Здесь можно выбрать несколько путей решения проблемы. Но всегда предпочтение отдаётся тем методам, которые позволят наиболее полно и эффективно использовать результаты аналогичных задач и соответствующий математический аппарат. При этом выбор тех или иных методов нередко зависит от специалистов (специалиста), при помощи которых и решается данная проблема.

Моделирование и оценка возможных стратегий. Здесь следует отметить, что, моделируемым процессом, а также механизмам обратной связи присуща внутренняя неопределённость.

Для решения данной задачи необходимо получить модель данной системы и использовать её для анализа работы экологического объекта.

Планы первого и второго порядков. Полный факторный эксперимент типа 2^n . Ортогональное и рототабельное центральное композиционное планирование второго порядка. Рассматриваемые планы являются симметричными относительно центра «эксперимента» и ортогональными (симметричными) или рототабель-

ными (добавление некоторого числа опытов в центре), т.е. факторы варьируются на двух уровнях (+1 и -1), где выполняется условие нормировки

$$\sum_u^N X_{iu}^2 = N, \text{ где по формуле кодирования } X_i = \frac{x_i - 0,5 \cdot (\max x_i + \min x_i)}{0,5 \cdot (\max x_i - \min x_i)},$$

где переменные X_i – кодированные значения переменных (исследуемых факторов) и они равны $X_i = +1$ или -1 (часто цифру в этом случае опускают) и матрица плана состоит из N строк с сочетаниями знаков (+) и (-); x_i – натуральные значения переменных (исследуемых факторов).

Например, для двух факторов матрица планирования имеет вид (табл. 20).

Таблица 20

Матрица плана 2^2

| Номер опыта | Переменные | | | | Отклик Y_u |
|-----------------------------|------------|-------|-------|-----------|--------------|
| | X_0 | X_1 | X_2 | $X_1 X_2$ | |
| 1 | +1 | -1 | -1 | +1 | Y_1 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | -1 | Y_2 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | -1 | Y_3 |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | Y_4 |
| Проверка $\sum_u X_{iu}$ | | 0 | 0 | 0 | |
| $\sum_u X_{iu}^2$ | | 4 | 4 | 4 | |

Проверка условий ортогональности, например, для столбцов X_1 и X_2 выглядит следующим образом:

$$\sum_{u=1}^N X_{1u} \cdot X_{2u} = (-1) \cdot (-1) + (+1) \cdot (-1) + (-1) \cdot (+1) + ((+1) \cdot (+1)) = 0 \text{ и т.д.}$$

При ортогональном центральном композиционном плане второго порядка расположение точек планов для двух и трёх факторов выглядит следующим образом (рис. 35)

Величина звёздного плеча γ равна $\gamma = 1,00$ для $n = 2$; $\gamma = 1,215$ для $n = 3$ $\gamma = 1,414$ для $n = 4$. Ортогональность плана достигается специальным преобразованием квадратных переменных и выбора величины плеча γ . В самом деле, если $X_i = \pm 1$, то $X_i^2 = +1$ и столбцы X_0 и X_i^2 не ортогональны. Поэтому при расчёте коэффициентов регрессии в колонку X_i^2 записывается преобразованная переменная

$$X'_{iu} = X_{iu}^2 - \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu}^2}{N} = X_{iu}^2 - \tilde{X}_{iu}^2.$$

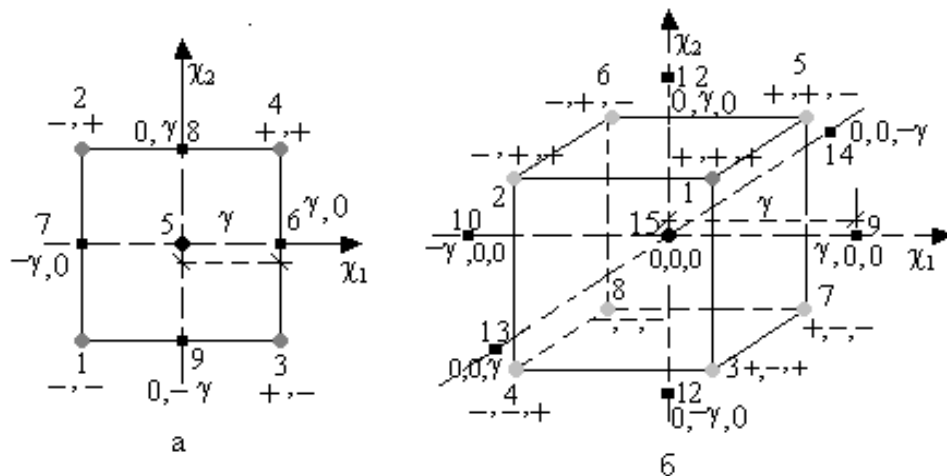


Рис. 35. Расположение точек центральных композиционных планов второго порядка для двух (а) и трёх (б) факторов

Например, при $n=2$ вместо X_1^2 записывается: в первом опыте $X'_{1-1} = (-1)^2 - \frac{6}{9} = \frac{1}{3}$, и т.д., а в девятом опыте $X'_{1-9} = 0 - \frac{6}{9} = -\frac{2}{3}$ и т.д.

Кроме того, в приведённой матрице (табл. 21) представлены все возможные сочетания полного факторного эксперимента от 2^2 до 2^4 .

Таблица 21

Фрагмент матрицы полного факторного эксперимента

| План | Номер опыта | X1 | X2 | X3 | X4 |
|-------|-------------|----|----|----|----|
| 2^2 | 1 | + | + | + | + |
| | 2 | - | + | + | + |
| | 3 | + | - | + | + |
| | 4 | - | - | + | + |
| | 5 | + | 0 | - | + |
| | 6 | - | 0 | - | + |
| | 7 | 0 | + | - | + |
| | 8 | 0 | - | - | + |
| | 9 | 0 | 0 | + | - |

В матрице приведены все возможные сочетания 2, 3 и 4 факторов.

Для $n = 2$, число опытов равно $2^2 = 4 + k$, где k равно числу звёздных точек γ и один опыт по середине; для $n = 3$, число опытов $N = 2^3 = 8 + k$; (для данного случая число $k = \gamma + 1$, где $\gamma = 6$, тогда $N = 8 + 7 = 15$); для $n = 4$, число опытов $N = 2^4 = 16 + k$; (для данного случая число $k = \gamma + 1$, где $\gamma = 8$, тогда $N = 16 + 8 = 25$); для $n = 5$, число опытов $N = 2^5 = 32 + k$; (для данного случая число $k = \gamma + 1$, где $\gamma = 10$, тогда $N = 32 + 10 = 42$);

Подобные планы эксперимента называют *полным факторным планом второго порядка*. Способ построения матрицы 2^n ясен (см. таблицу), где каждая из таблиц получается достроением матрицы 2^{n-1} . Такого типа матрица (для двух факторов) представлена в табл. 22. А план 2^2 позволяет сделать расчёт всех коэффициентов модели независимо один от другого

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_1 X_1^2 + b_2 \cdot X_2^2$$

Таблица 22

Матрица центрального композиционного рототабельного
униформ-планирования второго порядка, n=2

| Номер опыта u | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₁ X ₂ | X ₁ ² | X ₂ ² | Отклик y _u |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| План 2 ² | | | | | | | |
| 1 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 | y ₁ |
| 2 | +1 | -1 | +1 | -1 | +1 | +1 | y ₂ |
| 3 | +1 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | y ₃ |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | y ₄ |
| Звёздные и центральные точки | | | | | | | |
| 5 | +1 | +1,414 | 0 | 0 | +2 | 0 | y ₅ |
| 6 | +1 | -1,414 | 0 | 0 | +2 | 0 | y ₆ |
| 7 | +1 | 0 | +1,414 | 0 | 0 | +2 | y ₇ |
| 8 | +1 | 0 | -1,414 | 0 | 0 | +2 | y ₈ |
| 9 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y ₉ |

Порядок использования расчётных формул для плана типа 2ⁿ.

1. Кодирование переменных $X_i = \frac{x_i - 0,5 \cdot (\max x_i + \min x_i)}{0,5 \cdot (\max x_i - \min x_i)}$.
2. Оценка дисперсии воспроизводимости на основании параллельных опытов

$$S_u^2\{y\} = \frac{\sum_{l=1}^c |y_{ul} - \bar{y}_u|^2}{c-1}, \nu = c-1, \text{ где } \nu - \text{число степеней свободы. Каждый из}$$

N опытов повторяется $c > 1$ раз и повторяется в центре эксперимента $X_i = 0$.

3. Проверка однородности дисперсии воспроизводимости $G_{\max} = \frac{\max S_u^2\{y\}}{\sum_{u=1}^N S_u^2\{y\}}$.

Полученные значения G_{\max} сравниваются с критическим значением критерия $G_{v_1, v_2, \alpha}$ (справочные таблицы критических значений G – критерия наибольшей эмпирической дисперсности к сумме эмпирических дисперсии; для $\alpha = 0,05$) для $v_1 = c - 1$, $v_2 = N(c - 1)$ и уровнем значимости α . Если $G_{\max} < G_{v_1, v_2, \alpha}$, дисперсии считаются однородными с надёжностью $(1-\alpha)$. Для дальнейших расчётов принимается оценка дисперсии воспроизводимости

$$S^2\{y\} = \frac{\sum_{u=1}^N S^2\{y_u\}}{N}, \quad v = N(c - 1), \text{ т.е. дисперсия усредняется.}$$

Если опыты повторялись только в центре эксперимента, то оценка дисперсии воспроизводимости будет следующей $S^2\{y\} = \frac{\sum_{l=1}^N |y_l - \bar{y}|^2}{c - 1}$, $v = N(c - 1)$.

4. Расчёт коэффициентов модели

$$b'_0 = \frac{\sum_{u=1}^N y_u}{N}, \quad b_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \cdot y_u}{\sum_{u=1}^N X_{iu}^2}, \quad b_{ij(i \neq j)} = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \cdot X_{ju} \cdot y_u}{\sum_{u=1}^N (X_{iu} \cdot X_{ju})^2}, \quad b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N X'_{iu} \cdot y_u}{\sum_{u=1}^N (X'_{iu})^2},$$

$$b_0 = b'_0 - \sum \tilde{X}_i^2 \cdot b_{ii}.$$

5. Оценка дисперсии погрешности («ошибки») определения коэффициентов модели (дисперсии коэффициентов различны)

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{y\}}{c \cdot \sum_{u=1}^N X_{iu}^2}, \quad v = N(c - 1);$$

$$S^2\{b_{ij(i \neq j)}\} = \frac{S^2\{y\}}{c \cdot \sum_{u=1}^N (X_{iu} \cdot X_{ju})^2}, \quad v = N(c - 1);$$

$$S^2\{b_{ii}\} = \frac{S^2\{y\}}{c \cdot \sum_{u=1}^N (X'_{iu})^2}, \quad v = N(c - 1);$$

$$S^2\{b_0\} = S^2\{b'_0\} + \sum_{i=1}^n S^2\{b_{ii}\} \cdot (\tilde{X}_i^2)^2, \quad v = N(c - 1)$$

6. Оценка критического значения коэффициента, где устанавливается доверительный интервал $\Delta b_i = \pm t_{v, \alpha} \sqrt{\sum_{u=1}^N X_{iu}^2} \cdot S\{y\}$,

где $t_{v,\alpha}$ – табличные значения; $t_{v,\alpha}$ – критерия Стьюдента с $v = N - 1$; α – уровень значимости (см. табличные критических значений критерия G). Если $|\Delta b_i| \gg |b_i|$, коэффициент $|b_i|$ признаётся незначимым.

7. Расчёт дисперсии неадекватности модели $S_{ad}^2 = S_1^2 = \frac{\sum_{u=1}^N |y_u - \hat{y}_u|^2}{N - d}$, характеризующая разброс экспериментальных y_u относительно \hat{y}_u , предсказанных \hat{y}_u по уравнению регрессии. Число степеней свободы дисперсии S_0^2 равно $v_1 = N - 1$, а дисперсии S_1^2 равно $v_2 = N - d$, где d число членов уравнения регрессии.
8. Составление и оценка значимости отношения дисперсий неадекватности и воспроизводимости (табл. значения). Для проверки адекватности уравнения регрессии составляется дисперсия неадекватности S_{ad}^2 с дисперсией воспроизводимости $S^2\{y\}$: $F = \frac{S_{ad}^2}{S^2\{y\}}$. Гипотезе об адекватности уравнения регрессии соответствует условие: $F \leq F_{v_1;v_2;\alpha}$, где $F_{v_1;v_2;\alpha}$ – критическое значение F-критерия (см. таблицу критериев); α – уровень значимости, при числе степеней свободы $v_1 = N - d$, $v_2 = N - 1$.

Во многих задачах исследователь априорно предполагает, что при моделировании процесса (процессов) достаточно ограничится линейной моделью или моделью с линейными членами и частью возможных взаимодействий. Особенно типичная такая ситуация для многофакторных (более 4-х) задач, где полиномом второй степени обычно удаётся описать почти стационарную область, где предположительно находятся экспериментальные значения. Здесь уместно отметить следующее:

- чем больше величина n , тем меньше обычно объём априорной информации;
- маловероятно влияние тройных и более взаимодействий факторов;
- на первой стадии многофакторного эксперимента обычно только намечается направление движения к оптимуму и достаточно аппроксимировать исследуемую часть поверхности отклика $y(x_i)$ плоскостью

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + \dots + b_n \cdot X_n$$

- с ростом n быстро возрастают сроки и стоимость эксперимента

Внедрение результатов. Заключительный результат системного анализа представляет собой применение на практике результатов, полученных на предыдущих этапах. Если исследования по описанной выше схеме проведены удачно, то практические шаги, которые необходимо предпринять будут очевидны. В тоже время может выявиться неполнота тех или иных результатов или необходимость

их пересмотра, в результате чего придётся корректировать модель и снова пройти какие-то из завершённых этапов.

6.1. Оценка экономической эффективности инвестиционных управленческих решений в области природопользования

Инвестиции (от нем. «Investition» и от лат. «investire» – облагать) – долгосрочные вложения помещения капитала в какое-либо производство (главным образом в промышленные предприятия). Интеллектуальные инвестиции – подготовка специалистов и ноу-хау. Реальные (прямые) инвестиции – вложение капитала государственной или частной фирмой в производство какой-либо продукции. Финансовые инвестиции – покупка ценных бумаг.

Инвестор – вкладчик, лицо, осуществляющее вложение капитала на длительный срок. *Сфера применения* – основные положения оценки целесообразности инвестиционных решений излагаются в условиях справедливости следующих предложений:

- можно ограничиться оценкой экономического результата инвестиций. Прочие элементы результата (например, экологический эффект) или несущественны, или оцениваются отдельно;
- инвестиции – ключевой ограниченный ресурс.

Алгоритм оценки экономической эффективности инвестиций.

1. Формализация содержания управленческого решения.
2. Определение уровня *норматива эффективности инвестиций*.

Норматив экономической эффективности инвестиций (норма дисконта) выражает степень жёсткости требований, предъявляемых *инвестором* к эффективности инвестиций. *Норматив* отражает доход, упущенный в результате инвестирования средств в конкретный проект (дисконт – от англ. термина, «discount» – скидка, и от ит. «discounto» – учёт векселей, покупка векселей у векселедержателя до истечения срока уплаты и т.п.).

Факторы, определяющие уровень норматива:

- эффективность альтернативных (других) вариантов инвестиций;
- риск, связанный с инвестированием.

В этом случае возможны два подхода к формированию уровня норматива экономической эффективности:

- самостоятельная экспертная оценка уровня норматива с указанием аргументов в пользу того или иного решения;
 - или принять норматив, равным 20 % в год в сопоставимых ценах.
3. *Оценка величины инвестиций*. Необходимо доказать соответствия целевого назначения и величины инвестиций содержанию управленческого решения.
 4. *Оценка финансовых результатов инвестиций*. Необходимо доказать причинно-следственную связь между целевым назначением и величиной инвестиций и финансовыми последствиями данных инвестиций.

5. *Сопоставление финансовых результатов и инвестиций.* Производится непосредственная оценка экономической эффективности инвестиций. Необходимо обосновать наличие или отсутствие:

- простого возврата инвестиций;
- дополнительного дохода сверх простого возврата инвестиций;
- соответствия величины дополнительного дохода сверх простого возврата уровню норматива эффективности инвестиций.

Оценка финансовых результатов инвестиций. При определении финансового результата инвестиций необходимо различать две управленческие ситуации:

- возможна достоверная стоимостная оценка результата инвестиций;
- достоверная стоимостная оценка результата инвестиций невозможна (или нецелесообразна).

Первый случай (возможна достоверная стоимостная оценка результата инвестиций) – финансовый результат инвестиций определяется как разница между стоимостным результатом (чаще всего это выручка) и текущих издержек;

Во втором случае сравниваемые альтернативы должны быть приведены в сопоставимый вид по конечному (не стоимостному) результату инвестиций. Финансовый результат будет определяться как разница текущих издержек по вариантам.

Методы оценки экономической эффективности инвестиций (табл. 23). При оценке эффективности инвестиций различают три признака.

1. Оценивается абсолютная величина сверхнормативного эффекта, относительная эффективность капитальных вложений (или оборачиваемость капитальных вложений).
2. Учитывается или не учитывается неравноценность одновременных затрат и результатов.
3. Учитывается или не учитывается динамика затрат и результатов по годам расчётного периода.

Таблица 23

Классификация методов оценки эффективности

| Наименование методов | Оценка абсолютной величины сверхнормативного эффекта | Оценка относительной величины эффективности инвестиций | Оценка оборачиваемости инвестиций |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Учитывающие неравноценность одновременных затрат и результатов: учитывается динамика затрат по годам расчётного периода; не учитывается динамика затрат по годам расчётного периода | Экономический эффект за расчётный период Аннуитет | Внутренний коэффициент эффективности Метод MAP | Период возврата Период возврата |

| Наименование методов | Оценка абсолютной величины сверхнормативного эффекта | Оценка относительной величины эффективности инвестиций | Оценка оборачиваемости инвестиций |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 2. Не учитывающие неравноценность разновременных затрат и результатов: <ul style="list-style-type: none"> • учитывается динамика затрат по годам расчётного периода; • не учитывается динамика затрат по годам расчётного периода | Экономический эффект за расчётный период, определённых по формулам простых процентов Годовой экономический эффект | Внутренний коэффициент эффективности, определённый на основании формулы простых процентов 1. Коэффициент экономической эффективности; 2. Срок окупаемости | Период возврата |

Методы оценки экономической эффективности инвестиций, учитывающие динамику затрат и результатов по годам расчётного периода. Экономический эффект за расчётный период. Определение экономического эффекта за расчётный период состоит из четырёх этапов:

1. Определение нормы дисконта, обеспечивающей приведение разновременных затрат и результатов в сопоставимый вид.
2. Определение дисконтированной величины ожидаемых в будущем доходов.
3. Определение дисконтированной величины капитальных вложений, необходимых для осуществления нововведений.
4. сумма капиталовложений вычитается из дисконтируемой суммы доходов. Полученная разница рассматривается как экономический эффект за период экономической жизни нововведения.

Как следствие, экономический эффект за расчётный период показывает величину сверхнормативного дохода, получаемого фирмой в результате осуществления инвестиционного проекта и определяется по следующему выражению

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1 + E_H)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + E_H)^t} + \frac{L}{(1 + E_H)^T},$$

где D_t – прирост дохода предприятия t -ом году расчётного периода в результате нововведения; K – капитальные вложения в год « t »; L – ликвидационная стоимость основных фондов по окончании расчётного периода; E_H – норматив экономической эффективности инвестиций (норма дисконта); T – продолжительность расчётного периода.

Внутренний коэффициент экономической эффективности. Такой расчёт, как правило, производится для определения внутреннего коэффициента экономи-

ческой эффективности – это норма дисконта, при которой экономический эффект за расчётный период равен нулю, т.е.

$$\mathcal{E}_{\text{рп}} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1 + E_{\text{H(ВН)}})^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + E_{\text{H(ВН)}})^t} + \frac{Л}{(1 + E_{\text{H(ВН)}})^T} = 0,$$

где $E_{\text{H(ВН)}}$ – внутренний коэффициент экономической эффективности.

При оценке эффективности отдельного варианта инвестиций тот вариант является эффективным, где внутренний коэффициент этого варианта не меньше норматива эффективности инвестиций.

Период возврата инвестиций. Период возврата капитальных вложений характеризует длительность периода, по истечению которого **кумулятивный** прирост дохода предприятия в результате осуществления инвестиционного проекта становится равным величине инвестиций. Вариант проекта считается эффективным, если период возврата капитальных вложений не превышает нормативной величины, установленным инвестором.

Из нескольких вариантов лучшим является тот проект, который обеспечивает минимальную величину периода возврата капитальных вложений. Недостатком данного показателя является то, что он не учитывает как долго и в каком размере инвестиции обеспечат поступление доходов после окончания периода возврата. Период возврата по сути дела является периодом оборачиваемости капиталовложений (инвестиционных средств), а не их эффективности.

Методы оценки экономической эффективности инвестиций, не учитывающие динамику затрат и результатам по годам расчётного периода. Годовой экономический эффект. Это упрощённая модификация метода определения экономического эффекта за расчётный период. Годовой экономический эффект от реализации инвестиционного проекта ($\mathcal{E}_Г$) рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_Г = Д - E_{\text{н}} \cdot К,$$

где $Д$ – ежегодный прирост дохода сверх **простого возврата** в результате реализации проекта; $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $К$ – капитальные вложения, необходимые для реализации проекта.

При оценке эффективности отдельного варианта нововведения, тот вариант считается эффективным, если его годовой эффект не отрицателен. Из нескольких проектов тот вариант считается наиболее эффективным, который обеспечит наибольшую величину годового эффекта (прибыли).

Коэффициент экономической эффективности инвестиций. Данный показатель определяется как отношение ежегодного прироста дохода в результате реализации инвестиционного проекта к величине капитальных вложений, необходимых для реализации проекта

$$E = \frac{Д}{К}.$$

Коэффициент эффективности инвестиций является упрощённым вариантом внутреннего коэффициента экономической эффективности. И отдельный вариант инвестиционного проекта является эффективным, если его коэффициент эффективности не меньше нормативного, устанавливаемого инвестором. Из нескольких проектов тот вариант считается наиболее эффективным, который обеспечит наибольшую величину коэффициента экономической эффективности.

Период возврата инвестиций. Упрощённый метод определения периода возврата инвестиций основан на предположении, что величина прироста дохода постоянна по годам расчётного периода

$$T_{\text{в}} = \frac{K}{Д}.$$

Каждый из методов оценки экономической эффективности инвестиций имеет определённые достоинства и недостатки. Но не может быть использован один метод в качестве универсального. При этом методы оценки эффективности проектов не следует рассматривать как взаимоисключающие. Степень значимости результатов расчётов по каждому из методов для принятия решения зависит от особенностей конкретной ситуации и учёта как можно больше факторов, которые влияют на получение прибыли.

6.2. Пример оценки по управлению водных систем

В этом разделе по данным многолетних наблюдений (мониторинг за водными объектами), рассмотрено математическая обработка данных при поиске оптимальных вариантов эксплуатации водохранилищ.

В результате многолетних наблюдений за рекой (мониторинг состояния, см. схему рис. 36) принято решение оценить возможность сооружения двух плотин для накопления воды. Вода необходима для бытовых и технических нужд, получения электроэнергии (ГЭС), а также для полива сельскохозяйственных угодий. Кроме того, в данном случае возможно разведение рыбы.

Необходимо произвести анализ экологической и экономической целесообразности эксплуатации водной системы (система река – плотина – потребление воды и разведение рыбы) за четыре года после ввода в эксплуатацию (см. данные табл. 24–27). Учтеть, что капитальные вложения для строительства водной системы составят 18 млрд. рублей. Данные наблюдений за водным объектом, представлены в матрице (см. табл. 24–27). Обработать на ЭВМ (по программе planmm. exe и Microsoft. Excel) и по полученной математической модели, оценить целесообразность использования водной системы.

Первая плотина предназначена для образования водохранилище «А», воду которого предполагается использовать для получения электроэнергии (ГЭС) при пропускании части воды через плотину и потребления для бытовых и технических нужд. Кроме того, в данном водоёме предусмотрено разведение рыбы для коммерческой реализации. Система «А» содержит очистные сооружения и канал водоотвода после технического и бытового потребления в основное русло реки

ниже по её течению. Качественный анализ сточных вод показал, что они содержат ионы хлорида свинца и сульфида натрия.

Вторая плотина предназначена для образования водохранилища «Б», воду которого предполагается использовать для полива сельскохозяйственных угодий, а также для бытового и технического потребления. Система «Б» содержит очистные сооружения и канал водоотвода в основное русло реки ниже по течению за плотиной. Качественный анализ сточных вод показал, что они содержат ионы сульфата аммония и фосфата натрия.

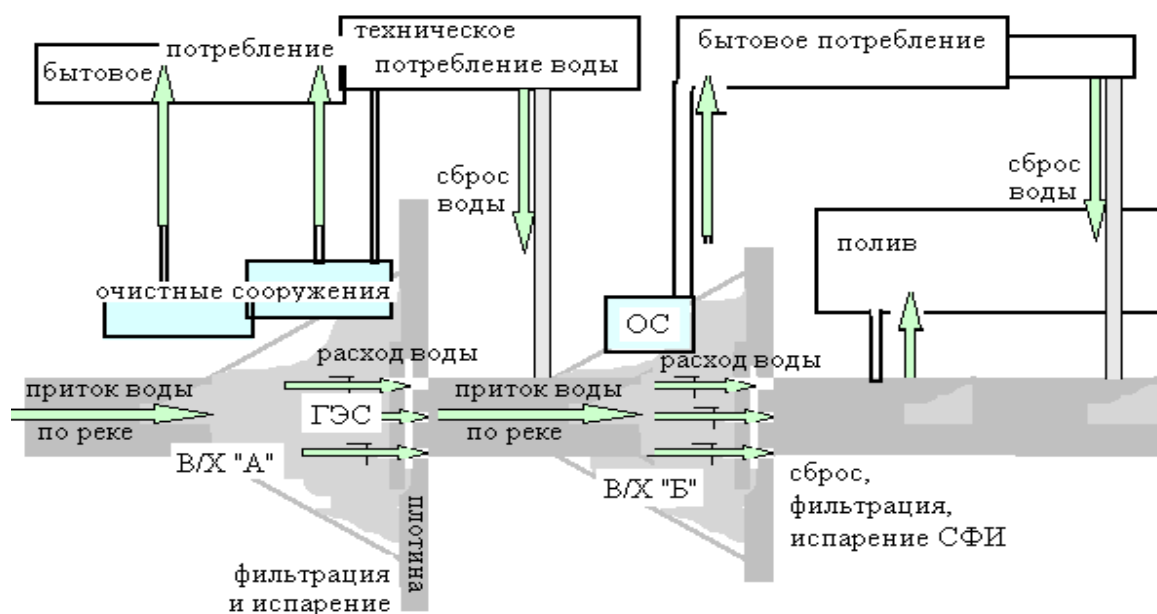


Рис. 36. Схема водной системы из двух водохранилищ «А» и «Б»

Таблица 24

Характеристика водохранилища «А» с притоком воды по реке и другим стокам (для заполнения матрицы табл. 25)

| Наименование показателя и единицы измерения | Обозначение | Исследуемые факторы, наименование и единицы измерения | Интервал варьирования | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|--------|
| | | | -1,414 | -1 | 0 | +1 | +1,414 |
| Прилив воды по реке, млн. м ³ | Пр (река) | 1. Объём водохранилища, V _{В/хр} , млн.м ³ | 200 | 220 | 270 | 320 | 340 |
| Расход воды для технологического потребления, при получении электроэнергии, млн. м ³ | П_{технГЭС} | 2. Разведение рыбы, усл. тон | 120 | 130 | 150 | 170 | 180 |
| Расход воды при испарении (И), фильтрации (Ф), бытовых (Б) и технических (Т) потреблении и при сбросе (+С), млн. м ³ | ИФБиТ+С | 3. Показатель загрязнения воды, γ, отн ед. | 30 | 40 | 50 | 80 | 90 |
| Приток воды от других источников (подземные воды (ручьи), дожди, и т.п.), млн. м ³ | Пр (ручей) | 4. рН среды 5. Выработка эл. энергии ГЭС кв. час | 50 | 60 | 100 | 140 | 150 |

Примечание: ± 1,414 – величина плеча при четырёхфакторном эксперименте

СТР. 87

Таблица 25.

Таблица 26

Характеристика водохранилища «Б» с притоком воды по реке от работы ГЭС, сбросу и другим стокам (для заполнения матрицы 27)

| Наименование показателя и един. измер. | Обозначение | Исследуемые факторы, наименование и ед. измерения | Интервал варьирования | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|--------|
| | | | -1,414 | -1 | 0 | +1 | +1,414 |
| Прилив воды по реке, от дождей, снега и других стоков (в том числе от сброса отработанной воды), млн. м ³ | Пр _(сб-река) | 1. Объём водохранилища, V _{В/хр} , млн. м ³ | 139 | 150 | 200 | 250 | 261 |
| Расход воды для бытового потребления, млн. м ³ | П _{быт} | 2. Урожай с/х продукции, усл. тон | 94 | 120 | 240 | 360 | 386 |
| Расход воды на фильтрацию, испарения и сброс, млн. м ³ | ИФС-сброс | 3. Показатель загрязнения воды γ, отн. ед | 1 | 10 | 55 | 100 | 109 |
| Расход воды для полива сельскохозяйственных угодий и т.п.), млн. м ³ | Пол (с/х) | 4. рН среды | 12 | 20 | 60 | 100 | 108 |

Примечание. * ± 1.414 – величина плеча при четырёхфакторном эксперименте

Таблица 27

Матрица с данными наблюдений (экспериментальные данные)
Оценка водохранилища «Б»

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------|--------|--------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|--|
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| Пр (сб-река), млн м ³ | | | | | | | | | | | | | |
| П _{быт} , млн м ³ | | | | | | | | | | | | | |
| ИФС-сброс, млн м ³ | | | | | | | | | | | | | |
| Пол (с/х), млн м ³ | | | | | | | | | | | | | |
| 150 250 | | | | | | | | | | | | | |
| 120 360 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 100 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 100 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| V _{В/хр} , млн м ³ | | | | | | | | | | | | | |
| Сх, т | | | | | | | | | | | | | |
| γ | | | | | | | | | | | | | |
| рН | | | | | | | | | | | | | |
| 3 3 3 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 01 01 01 01 | 214.30 | 239.80 | 247.30 | 5000 | 5200 | 5100 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 01 01 01 | 30.70 | 47.30 | 50.80 | 5100 | 5200 | 5000 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 6.38 | |
| 01 -1 01 01 | 445.80 | 476.50 | 462.10 | 5200 | 5000 | 5100 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 -1 01 01 | 149.80 | 176.30 | 183.30 | 5200 | 5000 | 5100 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 6.38 | |
| 01 01 -1 01 | 312.80 | 332.30 | 292.30 | 5200 | 5150 | 5000 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 01 -1 01 | 50.80 | 30.40 | 41.20 | 5200 | 5020 | 5200 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 6.38 | |
| 01 -1 -1 01 | 564.80 | 595.50 | 583.10 | 5100 | 5280 | 5020 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 -1 -1 01 | 287.80 | 257.40 | 267.00 | 5065 | 5065 | 5270 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 7.38 | |
| 01 01 01 -1 | 289.00 | 260.50 | 279.00 | 390 | 485 | 400 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 01 01 -1 | 60.60 | 40.20 | 69.10 | 390 | 420 | 495 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 6.38 | |
| 01 -1 01 -1 | 529.60 | 546.30 | 550.00 | 350 | 430 | 380 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 -1 01 -1 | 248.50 | 218.00 | 231.00 | 380 | 356 | 431 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 6.38 | |
| 01 01 -1 -1 | 375.60 | 345.10 | 358.10 | 457 | 400 | 405 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 01 -1 -1 | 84.50 | 60.10 | 87.10 | 340 | 423 | 403 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 9.38 | |
| 01 -1 -1 -1 | 633.60 | 634.10 | 605.90 | 390 | 484 | 420 | 2.400 | 2.230 | 2.310 | 5.25 | 7.12 | 7.38 | |
| -1 -1 -1 -1 | 340.00 | 324.00 | 345.50 | 352 | 439 | 370 | 1.830 | 1.910 | 1.710 | 9.25 | 9.12 | 9.38 | |
| 01 00 00 00 | 431.40 | 436.90 | 465.00 | 2250 | 2470 | 2300 | 2.600 | 2.430 | 2.510 | 4.25 | 6.12 | 6.38 | |
| -1 00 00 00 | 111.40 | 140.00 | 128.00 | 2300 | 2385 | 2440 | 1.730 | 1.810 | 1.610 | 9.45 | 9.32 | 6.58 | |
| 00 01 00 00 | 89.80 | 112.50 | 129.50 | 2350 | 2405 | 2270 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 7.12 | 5.22 | 8.89 | |
| 00 -1 00 00 | 384.50 | 353.10 | 369.20 | 2480 | 2380 | 2445 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 6.12 | 4.22 | 7.89 | |
| 00 00 01 00 | 219.30 | 220.00 | 237.00 | 2350 | 2455 | 2310 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 6.12 | 4.22 | 7.89 | |
| 00 00 -1 00 | 308.40 | 339.00 | 328.20 | 2300 | 2476 | 2450 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 6.12 | 4.22 | 7.89 | |
| 00 00 00 01 | 239.80 | 224.10 | 255.10 | 6000 | 6225 | 6015 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 6.12 | 4.22 | 7.89 | |
| 00 00 00 -1 | 345.00 | 332.80 | 309.80 | 80 | 260 | 90 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 6.12 | 4.22 | 7.89 | |
| 00 00 00 00 | 275.30 | 256.80 | 284.80 | 2350 | 2626 | 2417 | 1.540 | 1.540 | 1.416 | 8.12 | 6.22 | 9.89 | |

По данным табл. 25 и 27. (матрица наблюдений) заданы граничные значения по годам и времени года: например, для водного объекта «А» в 1-й год (зима) приток воды по реке, по данным метеорологических наблюдений, составит 225 ± 10 млн. м³ в зимний период; расход воды для нужд ГЭС и технических нужд составит 125 ± 10 млн. м³; приток воды от подземных вод и других стоков составит 70 ± 5 млн. м³. После обработки экспериментальных данных по программе planmm.exe. на ЭВМ получена модель, (номограмма) по которой возможно прогнозировать поведение данного объекта в будущем. На рис. 37 представлена номограмма оптимизации свойств водной системы «А» 1-го года зимой.

1 год(зима): Пр(река)=225 млн.м³ ; Пр(ручей)=75 млн. м³

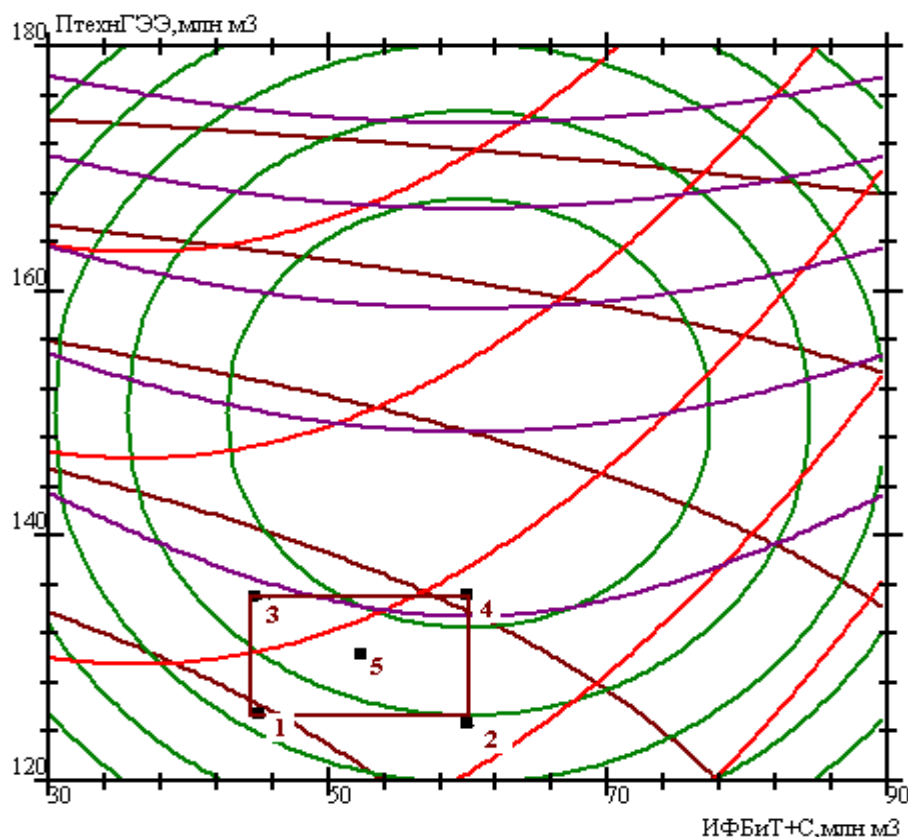


Рис. 37. Номограмма оптимизации «водной системой «А»: 1-й год-зима. Выделенная область на номограмме соответствует оптимизированной зоне эксплуатации водохранилища:

1. Объем водохранилища составит $V_{в/хр} = 243 \pm 10$ млн.м³;
2. Улов рыбы – $U_{рыба} = 3800 \pm 5$ т;
3. Электроэнергии – ГЭС=2 576 218 кв.час;
4. Показатель загрязнения воды $\gamma = 1,44$;
5. Величина рН=6,44

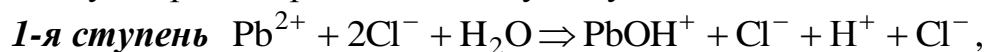
Данные, определённые по номограмме (см. рис. 37), заносятся в соответствующие графы расчётной таблицы определения экономической эффективности инвестиций (табл. 28: $V_{в/хр} = 220$ млн. м³; минимальный улов рыбы составит 3 800 т.; ГЭС=2 576 218 квт. час; при рН = 6,44, и показателя загрязнения воды $\gamma = 1,20-1,44$ (в 1,20–1,44 раза больше предельно допустимой величины); затопления в этом случае отсутствует. (Остальные величины за 4 года эксплуатации водохранилища «А» приняты по соответствующей методике).

Расчёт массы сбросов (бытовых и технических отходов) и их учёт в экономических расчётах при оценке водной системы «А». В результате гидролиза хлорида свинца и сульфида натрия (химические соединения загрязнения) образуется соответственно кислая среда и щелочная среда, так как данные соли образованы ионами электролитов разной силы (результаты подтверждены величиной рН сбросов, (см. таблицы программы Microsoft. Excel (лист. 2) и номограмму рис. 37).

Хлорид свинца $PbCl_2$ – соль образована слабым основанием $Pb(OH)_2$ ($K_{д1} = 9,60 \cdot 10^{-4} < 1$; $K_{д2} = 3 \cdot 10^{-8} < 1$) и сильной кислотой HCl ($K_{д} = 1,0 \cdot 10^7 > 1$). Сульфид натрия Na_2S – соль образована сильным основанием $NaOH$ ($K_{д} = 5,9 > 1$), и слабой кислотой H_2S ($K_{д1} = 5,7 \cdot 10^{-8} < 1$, $K_{д2} = 1,2 \cdot 10^{-15} < 1$, $K_{д(общ)} = 6,7 \cdot 10^{-1} \cdot 1,2 \cdot 10^{-15} = 8,4 \cdot 10^{-15} < 1$). Наличие ионов слабого электролита Pb^{2+} и S^{2-} является причиной образования, при взаимодействии с ионами воды, недиссоциируемых и слабодиссоциируемых молекул $Pb(OH)_2$ и H_2S .

В ионно-молекулярной форме процессы гидролиза можно представить так.

Соль $PbCl_2$. Катион свинца Pb^{2+} , по которому гидролизуется соль, двухзарядный, поэтому гидролиз протекает по двум ступеням.



Наличие в водном растворе водородных ионов H^{+} ($pH < 7$) придаёт ему кислую реакцию (анализ функционирования водной системы «А» по 1-му году зимой, $pH = 6,44$, (табл. 28).

Гидролиз – процесс обратимый и зависит от концентрации соли в воде (и температуры). Количественной характеристикой обратимого процесса гидролиза является константа гидролиза – K_r , которая показывает, какая часть растворённых молекул соли, подверглась гидролизу.

Так как константа диссоциации $Pb(OH)_2$ по первой ступени больше чем по второй ($K_{д1} = 9,60 \cdot 10^{-4} > K_{д2} = 3 \cdot 10^{-8}$), то можно предположить, что в основном гидролиз хлорида свинца протекает по первой ступени. А накопление большого числа ионов водорода (H^{+}) смещает равновесие в сторону образования ионов Pb^{2+} , что практически подавляет гидролиз по второй ступени.

Одной из количественных характеристик гидролиза является константа гидролиза – K_r , показывающая какая часть растворённых молекул подверглась гидролизу. Константа гидролиза процесса $Pb^{2+} + H_2O \Rightarrow PbOH^{+} + H^{+}$ по первой ступени рассчитывается по формуле

$$K_{r1(PbCl_2)} = \frac{[PbOH^{+}] \cdot [H^{+}]}{[Pb^{2+}] \cdot [H_2O]} = \frac{K_{в}}{K_{д2(PbOH^{+})}} = \frac{10^{-14}}{3 \cdot 10^{-8}} = 3,33 \cdot 10^{-7},$$

где $PbOH^{+}$ – концентрация гидроксид ионов свинца, H^{+} – концентрация ионов водорода, $K_{в}$ – ионное произведение воды ($[H^{+}] \cdot [OH^{-}] = 10^{-14}$), Pb^{2+} – концентрация ионов свинца, H_2O – концентрация воды – постоянная величина, (число молей воды в литре имеет наибольшую величину, которая мало меняется при изме-

нении концентрации соли); $K_{д2(PbOH^+)}$ – константа диссоциации иона $PbOH^+$ по второй ступени, протекающая по схеме ($Pb(OH)^+ \rightleftharpoons Pb^{2+} + OH^-$).

При $pH = 6,44$ ($pH = -\lg[H^+]$) сточных вод (показатель 1-го года зима), концентрация ионов водорода равна $[H^+] = 10^{-6,44}$ моль/литр. Число молей воды в литре практически мало изменяется и данную величину можно считать величиной постоянной (const). При наступлении состояния равновесия выполняется следующее соотношение $[PbOH^+] = [H^+]$. Тогда концентрация ионов $Pb(OH)^+$ в сточных водах равна:

$$n_{[Pb^{2+}]} = \frac{[PbOH^+] \cdot [H^+]}{K_{г(PbCl_2)} \cdot [H_2O]} = \frac{[10^{-6,44}] \cdot [10^{-6,44}]}{3,33 \cdot 10^{-7} \cdot [1]} = 3,95 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Масса сбросов хлорида свинца будет равна

$$\begin{aligned} M_{(сбр)PbCl_2} &= n_{[Pb(OH)^+]} M_{[Pb(OH)^+]} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(сбр)} = \\ &= 3,95 \cdot 10^{-7} \cdot 224,2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^7 = 3,55 \text{ т} \end{aligned}$$

где $n_{[Pb(OH)^+]}$ – число молей в литре воды сбросов, $M_{[Pb(OH)^+]}$ – молярная масса иона гидроксида свинца, 10^{-6} , 10^3 – коэффициенты перевода граммы в тонны и литры, в кубические метры, соответственно, $V_{(сбр)}$ – общий объём сбросов (определяется как сумма бытовых и технических сбросов, см. табл. 28).

Расчёты по определению массы сбросов производится по программе Microsoft Excel – «пример заполнения программы excel» (нормы сбросов, см. табл. 28) по формуле полученной при совместном решении уравнений по определению константы гидролиза, концентрации ионов $n_{[Pb(OH)^+]}$ и массы сбросов:

$$\begin{aligned} M_{(сбр)PbCl_2} &= \frac{[PbOH^+] \cdot [H^+] \cdot K_{д2(PbOH^+)}}{K_{в} \cdot [H_2O]} M_{[Pb(OH)^+]} 10^{-6} \cdot 10^3 V_{(сбр)} = \\ &= \frac{[10^{-6,44}] \cdot [10^{-6,44}] \cdot 3 \cdot 10^{-8}}{10^{-14} \cdot 1} \cdot 224,2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 4,0 \cdot 10^7 = 3,55 \text{ т} \end{aligned}$$

Нормативная величина сбросов хлорида свинца за расчётный период (1 год, зима) будет равна:

$$M_{(н.сбр)Pb(OH)^+} = ПДК_{Pb(OH)^+} \cdot V_{(сбр)} = 0,03 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 1,2 \text{ т,}$$

где $ПДК_{Pb(OH)^+}$ – предельно допустимая концентрация соединений свинца в водоемы, $V_{(сбр)}$ – объём сбросов, 10^{-9} , 10^3 – коэффициенты перевода: мг в тонны, литры в m^3 , соответственно. (ПДК в водоёмах в местах пользования по нормам № 105/АА от 12.01.92 и Правилам охраны поверхностных вод, № 04-19-16/805 от 03-04 91, М. Для соединений свинца ПДК = 0,03 мг/л).

Величина лимита по сбросам определена как $M_{\text{л(сбр)}} = 5 M_{\text{н(сбр)}}$, сверх лимитные сбросы – $M_{\text{сл(сбр)}} = 5 M_{\text{л(сбр)}}$, т.:

$$M_{\text{л(сбр)Pb}^{2+}} = 5 \cdot \text{ПДК}_{\text{Pb(OH)}^+} \cdot V_{\text{(сбр)}} = 5 \cdot 0,03 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 6,0 \text{ т},$$

$$M_{\text{сл(сбр)Pb}^{2+}} = 25 \cdot \text{ПДК}_{\text{Pb(OH)}^+} \cdot V_{\text{(сбр)}} = 25 \cdot 0,03 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 30,0 \text{ т}.$$

С учётом того, что реальные сбросы хлорида свинца составят 3,55 тонн, то остаток составит $3,55 - 1,2 = 2,35$ т, что не превышает величину лимита ([6,0т]). Тогда показатели по сверх лимиту отсутствуют. Следовательно, в таблицу Excel, в соответствующие графы, необходимо занести: 1,2 т. – как расчёт платежей за нормативную величину, 2,35 т. – платежи за лимит (см. табл. 28).

На рис. 38 представлена номограмма оптимизации свойств водной системы «А» 1-го года весной.

1 год(весна): Пр(река)=260 млн.м³; Пр(ручей)=100 млн.м³

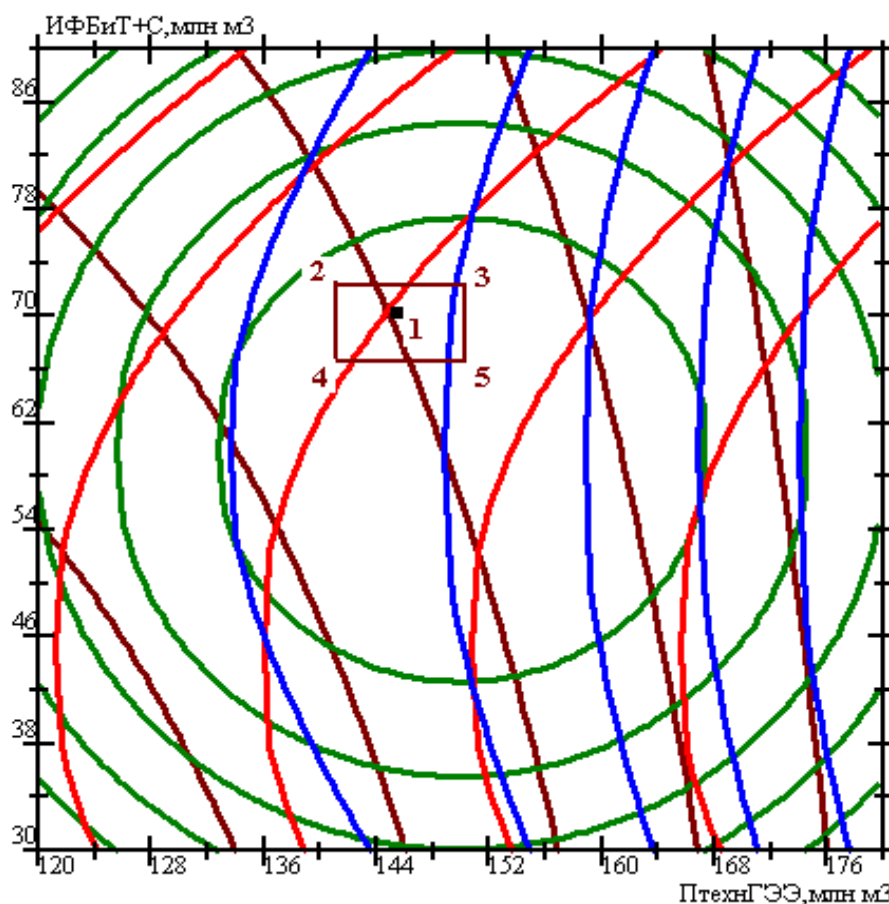
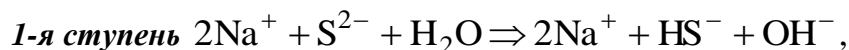


Рис. 38. Номограмма оптимизации «водной системой «А»: 1-й год-весна. Выделенная область на номограмме соответствует оптимизированной зоне эксплуатации водохранилища:

1. Объём водохранилища составит $V_{\text{В/хр}}=244 \pm 10$ млн.м³;
2. Улов рыбы – $У_{\text{л.рыба}}=2\,090 \pm 5$ т;
3. Электроэнергии – $ГЭС=3\,995\,107$ кв.час;
4. Показатель загрязнения воды $\gamma=1,52$;
5. Величина рН=7,65

Данные, определённые по номограмме (рис. 38), заносятся в соответствующие графы расчётной таблицы определения экономической эффективности инвестиций (см. табл. 28): $V_{в/хр} = 244$ млн. м³; минимальный улов рыбы составит 2 090 т.; ГЭС = 3 995 107 218 квт. час; при рН = 7,65 и показателя загрязнения воды $\gamma = 1,50-1,55$ (в 1,50–1,55 раза больше предельно допустимой величины); затопления в этом случае отсутствует. (Остальные величины за 4 года эксплуатации водохранилища «А» приняты по соответствующей методике).

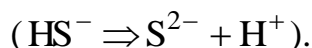
Соль Na₂S. Анион серы S²⁻, по которому гидролизуется соль, двухзарядный, поэтому гидролиз протекает по двум ступеням.



Константа гидролиза процесса $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{HS}^- + \text{OH}^-$ по первой ступени рассчитывается по формуле:

$$K_{г1(\text{HS}^-)} = \frac{[\text{HS}^-] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{S}^{2-}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{K_{\text{в}}}{K_{д2(\text{HS}^-)}} = \frac{10^{-14}}{1,2 \cdot 10^{-15}} = 8,33333,$$

где HS^- – концентрация гидросульфид-ионов, OH^- – концентрация ионов гидроксидной группы, $K_{\text{в}}$ – ионное произведение воды ($[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$), S^{2-} – концентрация сульфид-ионов, H_2O – концентрация воды – постоянная величина, (число молей воды в литре имеет наибольшую величину, которая мало меняется при изменении концентрации соли); $K_{д2(\text{HS}^-)}$ – константа диссоциации иона HS^- по второй ступени, протекающая по схеме



По второй ступени данная соль гидролизуется незначительно. Так как, константа диссоциации H_2S по первой ступени больше чем по второй ($K_{д1} = 5,7 \cdot 10^{-8} > K_{д2} = 1,2 \cdot 10^{-15}$), то можно предположить, что в основном гидролиз сульфида натрия протекает по первой ступени. А накопление большого числа ионов OH^- смещает равновесие в сторону образования ионов S^{2-} , что практически подавляет гидролиз по второй ступени.

При рН = 7,65 ($\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$) сточных вод (данные 1-го года весной), концентрация ионов водорода равна $[\text{H}^+] = 10^{-7,65}$ моль/литр, а концентрация ионов

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{в}}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-7,65}} = 4,47 \cdot 10^{-7}.$$

Число молей воды в литре практически мало изменяется и данную величину можно считать величиной постоянной (const). При наступлении состояния равновесия выполняется следующее соотношение $[\text{OH}^-] = [\text{HS}^-]$. Тогда концентрация ионов $[\text{S}^{2-}]$ в сточных водах равна:

$$n_{[S^{2-}]} = \frac{[HS^-] \cdot [OH^-]}{K_{r1(HS^-)} \cdot [H_2O]} = \frac{[4,47 \cdot 10^{-7}] \cdot [4,47 \cdot 10^{-7}]}{8,33333 \cdot [1]} = 2,39 \cdot 10^{-14} \text{ моль/л.}$$

Масса сбросов сульфида натрия будет равна

$$\begin{aligned} M_{(сбр)Na_2S} &= n_{[HS^-]} \cdot M_{HS^-} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(сбр)} = \\ &= 2,39 \cdot 10^{-14} \cdot 33,06 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 6,5 \cdot 10^7 = 5,145 \cdot 10^{-8} \text{ т,} \end{aligned}$$

где $n_{[HS^-]}$ – число молей в литре воды сбросов, M_{HS^-} – молярная масса иона гидроксида серы, 10^{-6} , 10^3 – коэффициенты перевода (грамм, в тонны и литр, в кубические метры), соответственно, $V_{(сбр)}$ – общий объём сбросов (определяется как сумма бытовых и технических сбросов, см. табл. 28).

Расчёты по определению массы сбросов соединения серы по программе Microsoft Excel – «пример заполнения программы excel» (нормы сбросов, лист 2) производится по формуле:

$$\begin{aligned} M_{(сбр)Na_2S} &= \frac{[HS^-] \cdot [OH^+] \cdot K_{d2(HS^-)}}{K_b \cdot [H_2O]} M_{HS^-} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(сбр)} = \\ &= \frac{[4,47 \cdot 10^{-7}] \cdot [4,47 \cdot 10^{-7}] \cdot 1,2 \cdot 10^{-15}}{10^{-14} \cdot [1]} 33,06 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 6,5 \cdot 10^7 = 5,145 \cdot 10^{-8} \text{ т} \end{aligned}$$

Нормативная величина сбросов сульфида натрия за расчётный период (1 год, весна) будет равна:

$$M_{(н.сбр)HS^-} = ПДК_{HS^-} \cdot V_{(сбр)} = 120 \cdot 10^{-9} \cdot 6,5 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 7,80 \cdot 10^3 \text{ т,}$$

где $ПДК_{HS^-}$ – предельно допустимая концентрация соединений серы в водоемы, $V_{(сбр)}$ – объём сбросов, 10^{-9} , 10^3 – коэффициенты перевода: мг в тонны, литры в $м^3$, соответственно.

(ПДК в водоёмах в местах пользования по нормам № 105/АА от 12.01.92 и Правилам охраны поверхностных вод, № 04-19-16/805 от 03-04 91, М. Для соединений серы ПДК = 120 мг/л).

Величина лимита по сбросам определена как $M_{ил(сбр)} = 5 M_{ин(сбр)}$ т, сверх лимитные сбросы – $M_{исл(сбр)} = 5 M_{ил(сбр)}$ т.:

$$M_{л(сбр)HS^-} = 5 \cdot ПДК_{HS^-} \cdot V_{(сбр)} = 5 \cdot 120 \cdot 10^{-9} \cdot 6,5 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 3,9 \cdot 10^4 \text{ т,}$$

$$M_{сл(сбр)HS^-} = 25 \cdot ПДК_{HS^-} \cdot V_{(сбр)} = 25 \cdot 120 \cdot 10^{-9} \cdot 6,5 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 1,95 \cdot 10^5 \text{ т.}$$

С учётом того, что реальные сбросы сульфида натрия составят $5,145 \cdot 10^{-8}$ тонн, что не превышает величину норматива [$7,80 \cdot 10^3$ т] и, тем более лимита ([$3,90 \cdot 10^4$ т]), в таблицу Excel расчёта экономического эффекта, в соответствующие графы, необходимо занести реальный сброс: $5,145 \cdot 10^{-8}$ т.

Стр.94 табл. 28

Стр. 95 табл 28

Стр.96 табл 28

Стр. 97 табл28

Прибыль (экономический эффект) от эксплуатации
водохранилища «А» оценивается по выражению

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{рп}} = & \sum_1^T \frac{\left[U_{\text{рыб}} \cdot \Pi_{\text{рыб}} + V_{\text{т/расх}} \cdot \Pi_{\text{т/расх}} + V_{\text{б/расх}} \cdot \Pi_{\text{б/расх}} + \text{ГЭС} \cdot \Pi_{\text{ГЭС(расх)}} \right]}{(1 + E_{\text{н}})^t} + \\ & + \sum_1^T \frac{KB \cdot K_{\text{б}} \cdot E_{\text{ам}}}{(1 + E_{\text{н}})^T} - \sum_1^T \frac{KB \cdot K_{\text{б}}}{(1 + E_{\text{н}})^t} - \\ & - \sum_1^T \frac{\left[U_{\text{рыб}} \Pi_{\text{рыб}} + V_{\text{т/расх}} \Pi_{\text{т/расх}} + V_{\text{б/расх}} \Pi_{\text{б/расх}} + \text{ГЭС} \cdot \Pi_{\text{ГЭС(расх)}} \right] \cdot E_{\text{н}}}{(1 + E_{\text{н}})^t} + \\ & + \frac{V_{\text{зат}} \Pi_{\text{зат}} K_{\text{зат}}}{V_{\text{удзат}}} + K_{\text{эс(сбр)}} K_{\text{и}} \cdot (M_{\text{н(сбр)}} N_{\text{н(сбр)}} + M_{\text{л(сбр)}} N_{\text{л(сбр)}} + M_{\text{сл(сбр)}} N_{\text{сл(сбр)}}) \end{aligned}$$

где $\mathcal{E}_{\text{рп}}$ – экономическая оценка инвестиционного проекта за расчётный период; $U_{\text{рыб}}$ – улов рыбы, тонн в месяц; $\Pi_{\text{рыб}}$ – цена 1 тонны рыбы для реализации, руб; $V_{\text{т/расх}}$ – расход воды для технических нужд, мл м³ в месяц; $\Pi_{\text{т/расх}}$ – цена 1 мл. м³ воды для технической реализации, руб.; $V_{\text{б/расх}}$ – расход воды для бытовых нужд, мл м³ в месяц; $\Pi_{\text{б/расх}}$ – цена 1 мл. м³ воды для бытовой реализации, руб; ГЭС – мощность гидроэлектростанции, кват. часов в месяц; $\Pi_{\text{ГЭС/расх}}$ – цена 1 кват часа, руб; $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности инвестиций ($E_{\text{н}} = 0.20\text{--}0.90$, 1/год) – коэффициент, учитывающий эффективность разработок, т.е. затраты на производство и реализацию продукции; KB – капитальные вложения в год t , руб (KB – единовременное вложение средств, необходимых для разработки и реализации данного решения. Вложение KB производятся до того момента, пока не начнётся реализация технических решений); $K_{\text{б}}$ – коэффициент инвестора (предприятие или организация, осуществляющее вложение капитала; $V_{\text{зат}}$ – «объём затопления», мл. м³ (условная площадь затопления; 1 м² затопления соответствует расходу – 10⁻⁴ мл. м³ воды); $\Pi_{\text{зат}}$ – затраты на ликвидацию 1 м² затопления; $K_{\text{зат}}$ – коэффициент увеличения затрат на ликвидацию ущерба от затопления, который равен: в первый год – 1,1; во второй год – 1,2; в третий год – 1,3; в четвёртый год – 1,4 и т.д.; $V_{\text{удзат}}$ – условная площадь затопления; (1 м² затопленной площади соответствует расходу воды 10⁻⁴ мл. м³); T – продолжительность расчётного периода; $V \cdot KB \cdot E_{\text{ам}} / (1 + E_{\text{н}})^T$ – учёт ликвидационной стоимости основных фондов по окончанию расчётного периода; $E_{\text{ам}}$ – коэффициент амортизации (учёт эксплуатации основных мощностей). $K_{\text{эк(с)}}$ – коэффициент экологической ситуации (по Челябинской области $K_{\text{эк(с)}} = 1,9$); $K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение ($K_{\text{и}} = 10$ и более, в зависимости от порядка предъявления платежей); $N_{\text{н(сбр)}}$ – нормы платы за нормативные величины сбросов (табл. 11); $M_{\text{н(сбр)}}$ – нормативные величины сбросов; $N_{\text{л(сбр)}}$ – нормы платы за лимитные величины сбросов (см. табл. 11); $M_{\text{л(сбр)}}$ – лимитные величины сбросов (величины равны $5M_{\text{н(с)}}$); $N_{\text{сл(сбр)}}$ – нормы платы за сверх лимитные величины сбросов (см. табл. 11.); $M_{\text{сл(сбр)}}$ – сверх

лимитные величины сбросов (величины равны $5M_{л(с)}$); (Базовые нормативы платы за сброс приняты по нормативной литературе).

Экономический эффект к концу первого года эксплуатации водной системы «А» составит -350 892 935,5 руб., т.е. эффект отрицательный (см. расчёт по программе «Excel»). Экономические затраты на сооружение и эксплуатацию водной системы «А» после первого года не окупятся.

По такой же схеме проводится анализ работы водного объекта всех остальных годов. Затем делается вывод о целесообразности эксплуатации водной системы. **Экономический эффект к концу четвёртого года эксплуатации водной системы «А» составит $1,698E+03$ тыс. руб., т. е. эффект положительный (см. расчёт по программе «Excel» см. табл. 28).** Экономические затраты на сооружение и эксплуатацию водной системы «А» после четвёртого года окупятся.

На рис. 39 представлена номограмма оптимизации свойств водной системы «Б» при её эксплуатации в 1-й год летом.

1 год(лето): Пр(река)=250 млн.м³; Пол(Сх/пр)=20 млн.м³

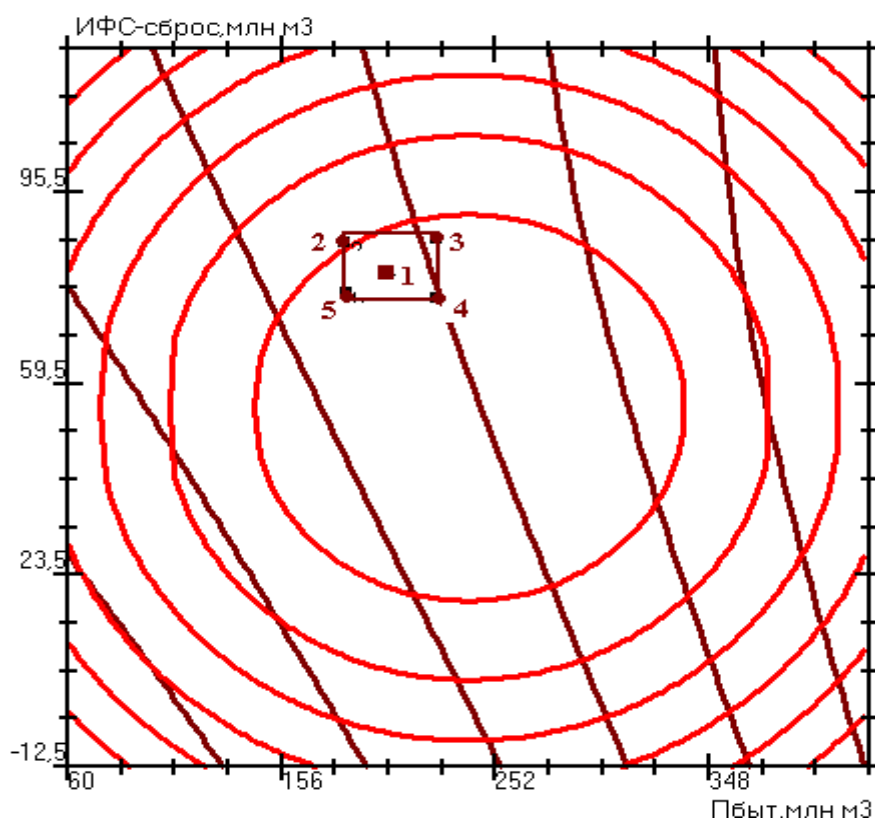


Рис. 39. Номограмма оптимизации «водной системой «Б»»: 1-й год-лето. Выделенная область на номограмме соответствует оптимизированной зоне эксплуатации водохранилища:

1. Объём водохранилища составит $V_{в/хр}=460\pm 10$ млн.м³;
2. Получение сельскохозяйственной продукции $C_x=460$ усл.т;
3. Показатель загрязнения воды $\gamma=2,16$;
4. Величина рН=5,32

Данные, определённые по номограммам, заносятся в соответствующие графы расчётной таблицы определения экономической эффективности инвестиций (табл. 29: $V_{в/хр} = 460$ млн м³; реализация бытовой воды $V_{быт} = 200$ млн. м³; минимальный сбор сельскохозяйственной продукции составит 460 усл. т; при

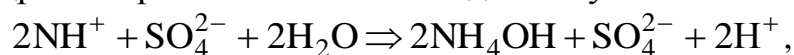
pH = 5,32, и показателя загрязнения воды $\gamma = 2,16-2,20$ (в 2,16–2,20 раза больше); объём затопления в этом случае составит 28 млн.м³. (Остальные величины за 4 года эксплуатации водохранилища «Б» приняты по соответствующей методике).

Расчёт массы сбросов (бытовых и технических отходов) и их учёт в экономических расчётах при оценке водной системы «Б». В результате гидролиза сульфата аммония и фосфата натрия (химические соединения загрязнения сбросов) образуется, соответственно, кислая и щелочная среда, так как данные соли образованы ионами электролитов разной силы (результаты подтверждены величиной pH сбросов, (см. номограмму рис. 39).

Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – соль образована слабым основанием NH_4OH ($K_d = 1,79 \cdot 10^{-5} < 1$;) и сильной кислотой H_2SO_4 ($K_{d1} = 1,0 \cdot 10^3 > 1$, $K_{d2} = 1,2 \cdot 10^{-2} < 1$; $K_{\text{общ}} = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 12 > 1$). Фосфат натрия Na_3PO_4 – соль образована сильным основанием NaOH ($K_d = 5,9 > 1$), и слабой кислотой H_3PO_4 ($K_{d1} = 7,5 \cdot 10^{-3} < 1$, $K_{d2} = 6,2 \cdot 10^{-8} < 1$, $K_{d3} = 2,2 \cdot 10^{-13} < 1$). Наличие ионов слабого электролита NH_4^+ и PO_4^{3-} является причиной образования, при взаимодействии с ионами воды, недиссоциируемых и слабодиссоциируемых молекул NH_4OH и ионов HPO_4^{2-} .

В ионно-молекулярной форме процессы гидролиза можно представить так.

Соль $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Катион NH_4^+ , по которому гидролизуется соль, однозарядный, поэтому гидролиз протекает только по одной ступени:



Наличие в водном растворе водородных ионов H^+ (pH < 7) придаёт ему кислую реакцию (анализ функционирования водной системы по первому году зимой, pH = 5,32, (см. табл. 29 программы Microsoft. Excel).

Константа гидролиза процесса $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$ рассчитывается по формуле

$$K_{\Gamma(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{K_b}{K_{d(\text{NH}_4\text{OH})}} = \frac{10^{-14}}{1,79 \cdot 10^{-5}} = 5,59 \cdot 10^{-10},$$

где NH_4OH – концентрация гидроксид аммония, H^+ – концентрация ионов водорода, K_b – ионное произведение воды ($[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$), NH_4^+ – концентрация ионов аммония, H_2O – концентрация воды – постоянная величина, (число молей воды в литре имеет наибольшую величину, которая мало меняется при изменении концентрации соли); $K_{d(\text{NH}_4\text{OH})}$ – константа диссоциации гидроксид аммония NH_4OH , протекающая по схеме ($\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$).

При pH = 5,32 (pH = -lg[H⁺]) сточных вод (показатель 1-го года зима), концентрация ионов водорода равна $[\text{H}^+] = 10^{-5,32}$ моль/литр. Число молей воды в литре

практически мало изменяется и данную величину можно считать величиной постоянной (const). При наступлении состояния равновесия выполняется следующее соотношение $[\text{NH}_4\text{OH}] = [\text{H}^+]$. Тогда концентрация ионов $[\text{NH}_4^+]$ в сточных водах равна:

$$n_{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{K_{\text{r}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[10^{-5,32}] \cdot [10^{-5,32}]}{5,59 \cdot 10^{-10} \cdot [1]} = 4,10 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

Масса сбросов сульфата аммония будет равна

$$\begin{aligned} M_{\text{сбр}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} &= n_{[\text{NH}(\text{OH})]} \cdot M_{\text{NH}(\text{OH})} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(\text{сбр})} = \\ &= 4,10 \cdot 10^{-2} \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 2,02 \cdot 10^7 = 2,90 \cdot 10^4 \text{ т} \end{aligned}$$

где $n_{[\text{NH}(\text{OH})]}$ – число молей в литре воды сбросов, $M_{\text{NH}(\text{OH})}$ – молярная масса свинца, 10^{-6} , 10^3 – коэффициенты перевода граммы в тонны и литры, в кубические метры, соответственно, $V_{(\text{сбр})}$ – общий объём сбросов (определяется как сумма бытовых и технических сбросов, см. табл. 29). Расчёты по определению массы сбросов производится по программе Microsoft. Excel – по формуле полученной при совместном решении уравнений по определению константы гидролиза, концентрации ионов $n_{[\text{NH}(\text{OH})]}$ и массы сбросов:

$$\begin{aligned} M_{\text{сбр}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} &= \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+] \cdot K_{\text{д}(\text{NH}_4\text{OH})}}{K_{\text{в}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \cdot M_{\text{NH}(\text{OH})} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(\text{сбр})} = \\ &= \frac{[10^{-5,32}] \cdot [10^{-5,32}] \cdot 1,79 \cdot 10^{-5}}{10^{-14} \cdot [1]} \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 2,02 \cdot 10^7 = 2,90 \cdot 10^4 \text{ т} \end{aligned}$$

Нормативная величина сбросов сульфата аммония за расчётный период (1 год, зима) будет равна:

$$M_{(\text{н.сбр})(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \text{ПДК}_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot V_{(\text{сбр})} = 0,05 \cdot 10^{-9} \cdot 2,02 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 1,01 \text{ т},$$

где $\text{ПДК}_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}$ – предельно допустимая концентрация соединений аммония в воде, $V_{(\text{сбр})}$ – объём сбросов, 10^{-9} , 10^3 – коэффициенты перевода: мг в тонны, литры в м^3 , соответственно. (ПДК в водоёмах в местах пользования по нормам №105/АА от 12.01.92 и Правилам охраны поверхностных вод, № 04-19-16/805 от 03-04 91, М. Для соединений свинца ПДК=0,05 мг/л).

Величина лимита по сбросам определена как $M_{\text{ил}(\text{сбр})} = 5 M_{\text{ин}(\text{сбр})}$, т, сверх лимитные сбросы – $M_{\text{сл}(\text{сбр})} = 5 M_{\text{ил}(\text{сбр})}$, т:

$$M_{\text{л}(\text{сбр})(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 5 \cdot \text{ПДК}_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot V_{(\text{сбр})} = 5 \cdot 0,05 \cdot 10^{-9} \cdot 2,02 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 5,05 \text{ т},$$

$$M_{\text{сл}(\text{сбр})(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 25 \cdot \text{ПДК}_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \cdot V_{(\text{сбр})} = 25 \cdot 0,05 \cdot 10^{-9} \cdot 2,02 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 25,25 \text{ т}.$$

С учётом того, что по расчётным данным, реальные сбросы сульфата аммония составят $2,90 \cdot 10^4$ т, то остаток составит $2,90 \cdot 10^4 - 1,01 = 28998,99$ т. Тогда сверх

лимит составит 5,05 т, а остаток будет $2,899 \cdot 10^4$ т, как сверх лимитная величина сброса. Следовательно, в таблицу Excel, в соответствующие графы, необходимо занести: 5,01 т. – как расчёт платежей за нормативную величину, 5,05 т. – как расчётную величину сбросов по лимиту и $2,899 \cdot 10^4$ т, как сверхлимитный остаток (см. табл. 29).

На рис. 40 представлена номограмма оптимизации свойств водной системы «Б» при её эксплуатации во 2-й год летом.

2 год(лето): Пр(река)=150 млн. м³; Пол(сх/пр)=80 млн. м³

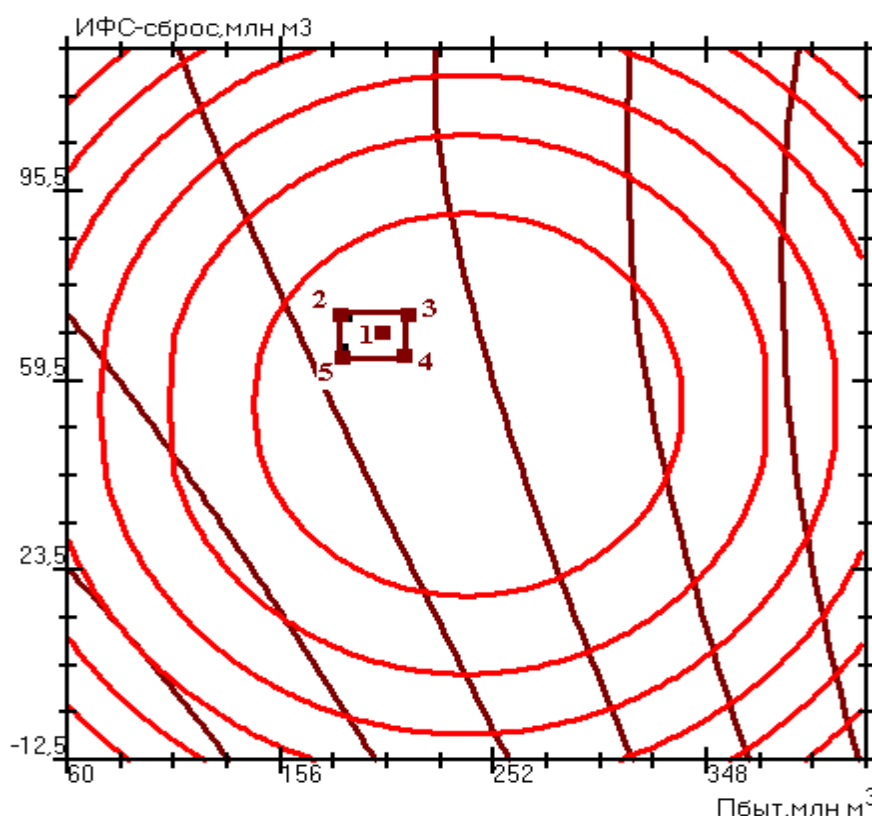
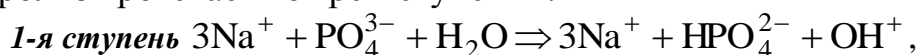


Рис. 40. Номограмма оптимизации «водной системой «Б»»: 2-й год-лето. Выделенная область на номограмме соответствует оптимизированной зоне эксплуатации водохранилища:
 1. Объём водохранилища составит $V_{В/хр} = 155 \pm 10$ млн.м³;
 2. Получение сельскохозяйственной продукции $Sx = 3641$ усл.т;
 3. Показатель загрязнения воды $\gamma = 1,54$;
 4. Величина рН = 7,29

Соль Na_3PO_4 . Анион PO_4^{3-} , по которому гидролизуется соль, трёхзарядный, поэтому гидролиз протекает по трём ступеням.



Константа гидролиза данного процесса по первой ступени рассчитывается по формуле:

$$K_{г1(H_3PO_4)} = \frac{[HPO_4^{2-}] \cdot [OH^-]}{[PO_4^{3-}] \cdot [H_2O]} = \frac{K_b}{K_{д3(HPO_4^{2-})}} = \frac{10^{-14}}{2,2 \cdot 10^{-13}} = 0,04545,$$

где HPO_4^{2-} – концентрация гидрфосфат-ионов, OH^- – концентрация ионов гидроксидной группы, K_b – ионное произведение воды ($[\text{H}^+]\cdot[\text{OH}^-] = 10^{-14}$), PO_4^{3-} – концентрация фосфат-ионов, H_2O – концентрация воды – постоянная величина, (число молей воды в литре имеет наибольшую величину, которая мало меняется при изменении концентрации соли); $K_{d2(\text{HPO}_4^{2-})}$ – константа диссоциации иона

HPO_4^{2-} по третьей ступени, протекающая по схеме



По второй ступени данная соль гидролизуеться незначительно. Так как, константа диссоциации H_3PO_4 по первой ступени больше чем по второй ($K_{d1} = 7,5 \cdot 10^{-3} > K_{d2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$), то можно предположить, что в основном гидролиз фосфата натрия протекает по первой ступени. Накопление большого числа ионов OH^- смещает равновесие в сторону образования ионов HPO_4^{2-} , что практически подавляет гидролиз по второй ступени и, тем более, по третьей.

При $\text{pH}=7,29$ ($\text{pH}=-\lg[\text{H}^+]$) сточных вод (данные 1-го года летом), концентрация ионов водорода равна

$$[\text{H}^+] = 10^{-7,29} \text{ моль/литр},$$

$$\text{а концентрация ионов } [\text{OH}^-] = \frac{K_b}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-7,29}} = 1,94 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Число молей воды в литре практически мало изменяется и данную величину можно считать величиной постоянной (const).

При наступлении состояния равновесия выполняется следующее соотношение $[\text{OH}^-] = [\text{HPO}_4^{2-}]$, тогда концентрация ионов $[\text{HPO}_4^{2-}]$ в сточных водах равна:

$$n_{[\text{HPO}_4^{2-}]} = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}] \cdot [\text{OH}^-]}{K_{r1(\text{Na}_3\text{PO}_4)} \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[1,97 \cdot 10^{-7}] \cdot [1,97 \cdot 10^{-7}]}{0,045 \cdot [1]} = 8,37 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л.}$$

Масса сбросов фосфата натрия будет равна

$$\begin{aligned} M_{(\text{сбр})\text{Na}_3\text{PO}_4} &= n_{[\text{HPO}_4^{2-}]} \cdot M_{\text{HPO}_4^{2-}} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(\text{сбр})} = \\ &= 8,37 \cdot 10^{-13} \cdot 95,97 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 2,80 \cdot 10^8 = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ т} \end{aligned}$$

где $n_{[\text{HPO}_4^{2-}]}$ – число молей вещества в литре воды сбросов, $M_{\text{HPO}_4^{2-}}$ – молярная масса иона HPO_4^{2-} , 10^{-6} , 10^3 – коэффициенты перевода (грамм, в тонны и литр, в кубические метры), соответственно, $V_{(\text{сбр})}$ – общий объём сбросов (определяется как сумма бытовых и технических сбросов).

Расчёты по определению массы сбросов фосфатных соединений по программе Microsoft. Excel – «пример заполнения программы excel» (нормы сбросов, см. табл. 29) производится по формуле:

$$M_{(\text{сбр})\text{Na}_3\text{PO}_4} = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}] \cdot [\text{OH}^+] \cdot K_{\text{д3}(\text{HPO}_4^{2-})}}{K_{\text{в}}[\text{H}_2\text{O}]} \cdot M_{\text{HPO}_4^{2-}} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot V_{(\text{сбр})} =$$

$$= \frac{[1,97 \cdot 10^{-7}]^2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-13}}{10^{-14}} \cdot 95,97 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^8 = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ т}$$

Нормативная величина сбросов сульфата натрия за расчётный период (2-й год, лето) будет равна:

$$M_{(\text{н.сбр}(\text{Na}_3\text{PO}_4))} = \text{ПДК}_{(\text{Na}_3\text{PO}_4)} \cdot V_{(\text{сбр})} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 2,8 \cdot 10^8 \cdot 10^3 = 560 \text{ т},$$

где $\text{ПДК}_{(\text{Na}_3\text{PO}_4)}$ – предельно допустимая концентрация фосфатных соединений в воде, $V_{(\text{сбр})}$ – объём сбросов, 10^{-9} , 10^3 – коэффициенты перевода: мг в тонны, литры в м^3 , соответственно. (ПДК в водоёмах в местах пользования по нормам № 105/АА от 12.01.92 и Правилам охраны поверхностных вод, № 04-19-16/805 от 03-04 91, М. Для фосфатных соединений ПДК = 2,00 мг/л).

Величина лимита по сбросам определена как $M_{\text{ил}(\text{сбр})} = 5 M_{\text{ин}(\text{сбр})}$, т, сверх лимитные сбросы – $M_{\text{сл}(\text{сбр})} = 5 M_{\text{ил}(\text{сбр})}$, т.:

$$M_{\text{л.сбр}(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = 5 \cdot \text{ПДК}_{\text{Na}_3\text{PO}_4} \cdot V_{(\text{сбр})} = 5 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 2,8 \cdot 10^8 \cdot 10^3 = 2800 \text{ т},$$

$$M_{\text{сл.сбр}(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = 25 \cdot \text{ПДК}_{\text{Na}_3\text{PO}_4} \cdot V_{(\text{сбр})} = 25 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 2,8 \cdot 10^8 \cdot 10^3 = 14000 \text{ т}.$$

По расчётным данным, реальный сброс фосфата натрия составит $2,25 \cdot 10^{-5}$ т, то есть меньше нормативной величины сброса для данного соединения ([560 т]). Тогда показатели по лимитному и сверх лимитному остатку отсутствуют. Следовательно, в таблицу Excel, в соответствующие графы, необходимо занести: $2,25 \cdot 10^{-5}$ т. – как расчёт платежей за нормативную величину, (см. табл. 29).

По такой же схеме проводится анализ всех остальных периодов года. Затем делается вывод о целесообразности эксплуатации водной системы. **Экономический эффект к концу четвёртого года эксплуатации водной системы «Б» составит 1,621E+07 тыс. руб., т. е. эффект положительный (см. расчёт по программе «Excel» см. табл. 29). Экономические затраты на сооружение и эксплуатацию водной системы «Б» после четвёртого года окупятся.**

Прибыль (экономический эффект) от эксплуатации водной системой «Б» оценивается по выражению

$$\begin{aligned} \text{Эрп} = & \sum_1^T \frac{[Y_{рс/хпрод} \cdot Ц_{с/хпрод} + V_{т/(полив)} \cdot Ц_{т/(полив)} + V_{б/расх} \cdot Ц_{б/расх}]}{(1 + E_n)^t} + \sum_1^T \frac{KB \cdot K_b \cdot E_{ам}}{(1 + E_n)^T} - \\ & - \sum_1^T \frac{KB \cdot K_b}{(1 + E_n)^t} - \sum_1^T \frac{[Y_{рс/хпрод} \cdot Ц_{с/хпрод} + V_{т/(полив)} \cdot Ц_{т/(полив)} + V_{б/расх} \cdot Ц_{б/расх}] \cdot E_n}{(1 + E_n)^t} + \\ & + \frac{V_{зат} \cdot Ц_{зат} \cdot K_{зат}}{V_{удзат}} + K_{эс(сбр)} K_{и} \cdot (M_{н(сбр)} N_{н(сбр)} + M_{л(сбр)} N_{л(сбр)} + M_{сл(сбр)} N_{сл(сбр)}) \end{aligned}$$

где Эрп – экономическая оценка инвестиционного проекта за расчётный период; $Y_{рс/хпр}$ – урожай сельскохозяйственной продукции, усл тонн в месяц; $Ц_{с/хпрод}$ – цена 1 тонны сельскохозяйственной продукции для реализации, руб.; $V_{т/(полив)}$ – расход воды для полива (технических нужд), мл м³ в месяц; $Ц_{т/(полив)}$ – цена 1 мл. м³ воды для полива(технической), руб.; $V_{б/расх}$ – расход воды для бытовых нужд, мл м³ в месяц; $б/расх$ – цена 1 мл. м³ воды для бытовой реализации, руб; E_n – нормативный коэффициент эффективности инвестиций ($E_n = 0,25-0,90$, 1/год) – коэффициент, учитывающий эффективность разработок, т.е. затраты на производство и реализацию продукции; KB – капитальные вложения в год t , руб (KB – единовременное вложение средств, необходимых для разработки и реализации данного решения. Вложения производятся до того периода, пока не начнётся реализация технического решения); K_b – коэффициент инвестора (предприятие или организация, осуществляющее вложение капитала); $V_{зат}$ – «объём затопления», мл. м³ (усл. площадь затопления; 1 м² затопляется – 10⁻⁴ мл. м³ воды; $Ц_{зат}$ – затраты на ликвидацию 1 м² затопления; $K_{зат}$ – коэффициент увеличения затрат на ликвидацию ущерба от затопления, который равен: в первый год – 1,1; во второй год – 1,2; в третий год – 1,3; в четвёртый год – 1,4 и т.д.; $V_{удзат}$ – условная площадь затопления; 1 м² затопляется соответствует расходу – 10⁻⁴ мл. м³ воды); T – продолжительность расчётного периода; $KB \cdot K_b \cdot E_{ам} / (1 + E_n)^T$ – учёт ликвидационной стоимости основных фондов по окончанию расходного периода; $E_{ам}$ – коэффициент амортизации (учёт эксплуатации основных мощностей); $K_{эк(с)}$ – коэффициент экологической ситуации почвы (по Челябинской области; $K_{эк(с)} = 1,9$); $K_{и}$ – коэффициент индексации платы за загрязнение ($K_{и} = 10$ и более, в зависимости от порядка предъявления платежей); $N_{н(сбр)}$ – нормы платы за нормативные величины сбросов (см. табл. 11.); $M_{н(сбр)}$ – нормативные величины сбросов; $N_{л(сбр)}$ – нормы платы за лимитные величины сбросов (см. табл. 11.); $M_{л(сбр)}$ – лимитные величины сбросов (величины равны $5M_{н(с)}$); $N_{сл(сбр)}$ – нормы платы за сверх лимитные величины сбросов (см. табл. 11.); $M_{сл(сбр)}$ – сверх лимитные величины сбросов (величины равны $5M_{л(с)}$); (Базовые нормативы платы за сброс приняты по нормативной литературе).

Табл. 29
Стр. 106

Табл. 29
Стр. 107

Табл. 29
Стр. 108

Табл. 29
Стр. 109

7. ЗАЩИТА ОТ ШУМА, ИНФРАЗВУКА И ВИБРАЦИИ (ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ)

7.1. Понятия и физические величины колебаний

Процесс распространения возмущений в упругой среде называется звуковой волной. Звуковые волны испускаются колебательным телом. Звуковые волны распространяются в окружающей среде (жидкой, твёрдой и газообразной). Звуковые волны зависят от вида колебательного тела и бывают плоские сферические и цилиндрические, поэтому и шум бывает аэродинамического характера и от сочленения деталей машин (рис. 41).



Рис. 41. Схема распространения колебаний

Различают музыкальный тон (синусоидальные колебания); музыкальный звук (регулярные колебания); шум (взрыв) – нерегулярные колебания, смесь многочисленных колебаний с различными частотами и амплитудой.

1. Музыкальный тон – синусоидальные колебания (рис. 42).

$x = A \sin(\omega t)$ или $x = A \sin \varphi$, где $\varphi = \omega t + \varphi_0$.

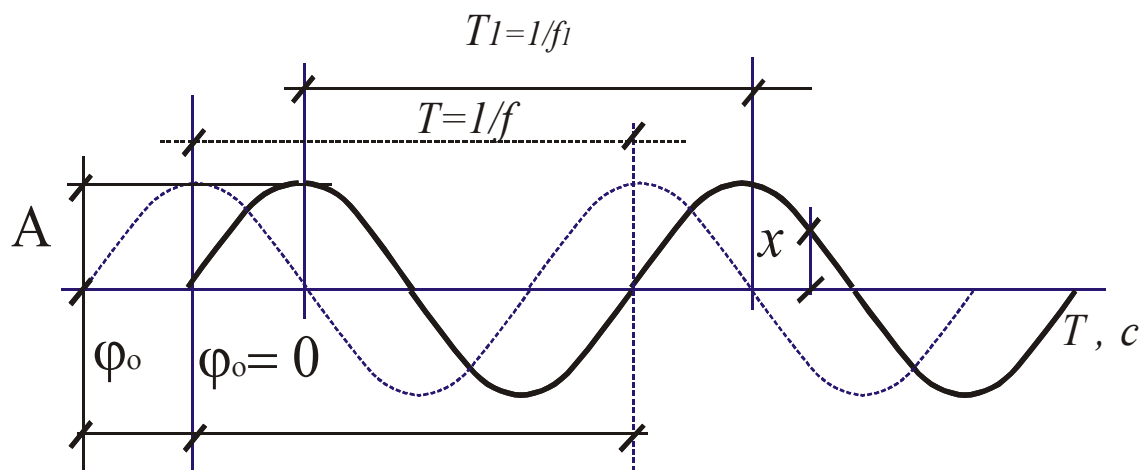


Рис. 42. Синусоидальные колебания

2. Шум – нерегулярные колебания (рис. 43).

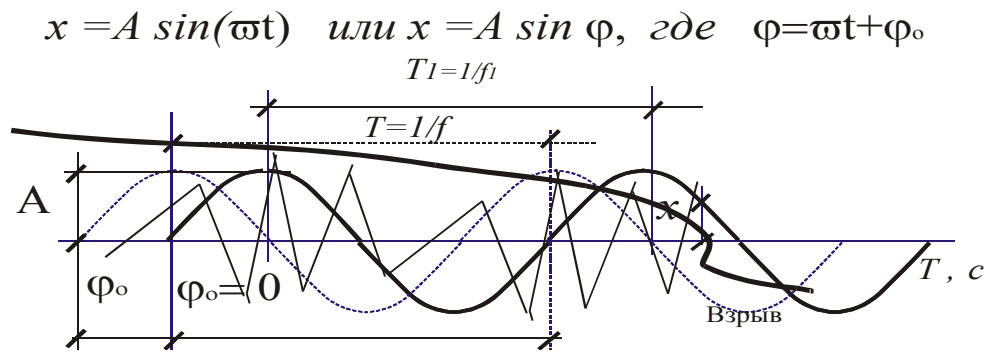


Рис. 43. Шум – нерегулярные колебания (взрыв)

Физические величины колебаний представлены в табл. 30.

Таблица 30

Физические величины колебаний

| Наименование величины | Обозначение величины | Единицы измерения | Органолептическое восприятие (ощущение) |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Амплитуда | A | мкм, м, мм | Громкость (или тактильные ощущения колебаний) |
| Период колебаний | $T = 1/f$ | с (секунда) | – |
| Частота колебаний (количество колебаний в единицу времени) | $f = 1/T$ | Гц (Герц), с^{-1} (секунда в минус первой степени) | Высота звука, или тактильные ощущения колебаний (тембр) |
| Угловая частота | $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ | Гц, с^{-1} | |
| Начальная фаза | φ_0 | Гц, с^{-1} | – |
| Время | t | с (секунда) | – |
| Фаза | $\varphi = \omega t + \varphi_0 = 2\pi f t + \varphi_0$ | рад (радиан) | – |
| Колебательная скорость | $v = P/\rho \cdot c$ | м/с (метр в секунду) | – |
| Звуковое давление воздуха | $P (P_{\min} = 2 \cdot 10^{-5} \text{Па} \text{ – порог ощущения})$ | Па = $\text{н}/\text{м}^2$ ($1 \text{н} = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$) | Громкость (или тактильные ощущения колебаний) |
| Плотность среды | ρ | $\text{кг}/\text{м}^3 = \text{н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ | – |
| Скорость распространения звуковых волн | $c = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$, γ – постоянная адиабаты | м/с (метр в секунду) | – |

Физические величины колебаний

| Наименование величины | Обозначение величины | Единицы измерения | Органолептическое восприятие (ощущение) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Постоянная адиабаты | $\gamma = C_p / C_v$, где C_p – удельная теплоёмкость при постоянном давлении; C_v – удельная теплоёмкость при постоянном объёме | Дж/кг·К | – |
| Акустическое сопротивление среды | ρc | $\frac{\text{н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{н} \cdot \text{с}}{\text{м}^3}$ | – |
| Интенсивность колебаний (прохождение энергии колебания через единицу площади, расположенной перпендикулярно) | $I = P \cdot V$, $I = \frac{P^2}{\rho \cdot c}$, $I_{\min} = 10^{-12}$ Вт/м ² – порог ощущения | $\frac{\text{н}^2 \cdot \text{м}^3}{\text{м}^4 \cdot \text{н} \cdot \text{с}} = \frac{\text{н}}{\text{м} \cdot \text{с}}$ $= \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ | Реактивный двигатель на расстоянии 10 м издаёт колебания интенсивностью $I = 1,0$ Вт/м ² |
| Диапазон восприятия колебаний | $I = 10^{-12} - 1,0$ Вт/м ² $P_{\min} = 2 \cdot 10^{-5}$ Па $P = 2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^2$ Па | Вт/м ² , Па | |
| Уровень звукового давления | $L_p = 2 \lg \frac{P}{P_0}$ | бел | – |
| | $L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0}$ | дБ (децибел) | |
| Уровень интенсивности звука (шума) | $L_I = \lg \frac{I}{I_0}$ | бел | |
| | $L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$ | дБ (децибел) | |

Переход к логарифмическим величинам стал возможен благодаря специфике органа слуха человека. Он воспринимает прирост громкости только в том случае, если интенсивность колебаний увеличивается в десять раз, т.е.

$$10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}.$$

Разложение сложных колебаний на простые гармоничные составляющие называется **частотным анализом колебаний**.

Характеристика распределения энергии по этим частотам называется **частотным спектром** (спектрограмма) рис. 44.

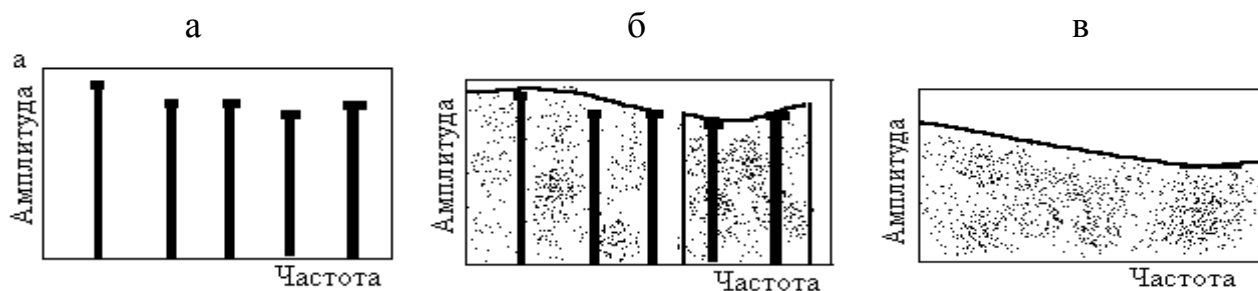


Рис. 44. Виды частотных спектров: а – линейчатый (камертон); б – смешанный; в – сплошной (оборудование)

7.2. Область восприятия звуковых волн и их оценка по интенсивности

Орган слухового анализатора воспринимает только те воздушные колебания, которые лежат внутри указанной области (см. рис. 43). Нижняя граничная кривая характеризует *порог слышимости* в зависимости от частоты, верхняя кривая – *болевой порог*. Известно, что при одинаковом звуковом давлении и одинаковой интенсивности громкость звука различной частоты по-разному воспринимается ухом.

Поскольку на частоте 1000 Гц «ухо» воспринимает наибольший диапазон интенсивности звуковых колебаний (наибольший диапазон звукового давления), то для определения восприятия звука используется именно эта частота (рис. 45).

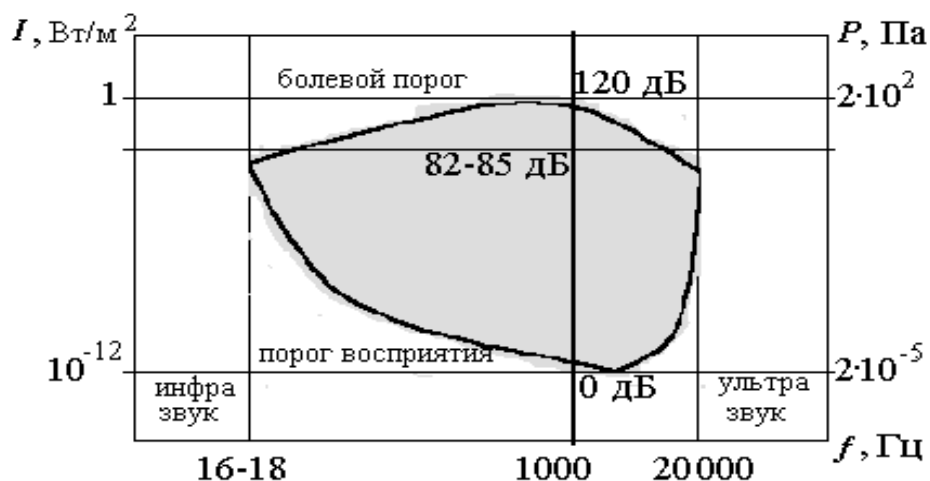


Рис. 45. Область интенсивностей звуковых волн, воспринимаемых органом слуха человека

Специфика органа слуха человека следующая:

- ◆ прирост громкости звука ощущается только в том случае, если его интенсивность увеличивается в 10 раз;

- ◆ пониженная чувствительность к звукам низкой частоты (порог 16–20 Гц);
- ◆ невосприятие инфра- и ультразвуков.

Звуковые колебания (шум; звук и т.п.) оцениваются по интенсивности:

1. Частотная характеристика предельно допустимых уровней звукового давления в октавных полосах частот (восьми октавах):

$$10 \operatorname{Lg} \frac{I}{I_0} = 20 \operatorname{Lg} \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}$$

Октава – диапазон частот, где нижнее значение в два раза меньше верхнего, т.е. $2f_{\text{н}} = f_{\text{в}}$. На шкале частот (рис. 33) откладываются в логарифмическом масштабе среднегеометрические значения частот по октавам.

2. Если восприятие звука (шума) непостоянно, то **оценивается эквивалентный** октавный уровень звукового давления в дБ «А» – энергетическая сумма октавных уровней звукового давления:

$$L_{A_{\text{экв}(s)}} = 10 \operatorname{lg} \sum_{i=1}^s 10^{0,1(L_{p_i} + 10 \operatorname{lg} \frac{t_i}{T})},$$

где от i до s – число точек или разных мест восприятия шума (звука), принятых из условия $\sum_{i=1}^s t_i = T$; L_{p_i} – уровень звукового давления i -й октавы; t_i – время действия шума в определяемый период; T – продолжительность рабочей смены.

3. Уровень шума в дБ «А»:

$$L_A = 10 \operatorname{lg} \sum_{i=1}^8 10^{0,1(L_{p_i} - k)}$$

где k – коррекция шумомера; А – корректирующая характеристика шумомера, отражающую пониженную чувствительность слуха к низким частотам.

Корректирующая характеристика шумомера по октавам:

| | | | | | | | | |
|-----------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| $f, \text{ Гц}$ | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| K | 26 | 16 | 9 | 3 | 0 | -1 | -1 | -1 |

4. Если шум непостоянный, то суммарное воздействие шума определяется как эквивалентный уровень шума в дБ «А» по формуле

$$L_{\Sigma} = 10 \operatorname{lg} \sum_{i=1}^T \frac{t_i}{T} 10^{0,1 \cdot L_{A_i}}$$

где L_{A_i} – уровень звукового давления в дБ «А»; t_i – время действия шума в определяемый период; T – общее время воздействия шума (звука).

Шум считается удовлетворяющим нормативным величинам, если измеренные уровни звукового давления (или интенсивность) во всём нормируемом диапазоне частот (8 октавных полос) не превышают значений, определяемых предельным спектром, или уровнем шума в дБ «А» (рис. 46).

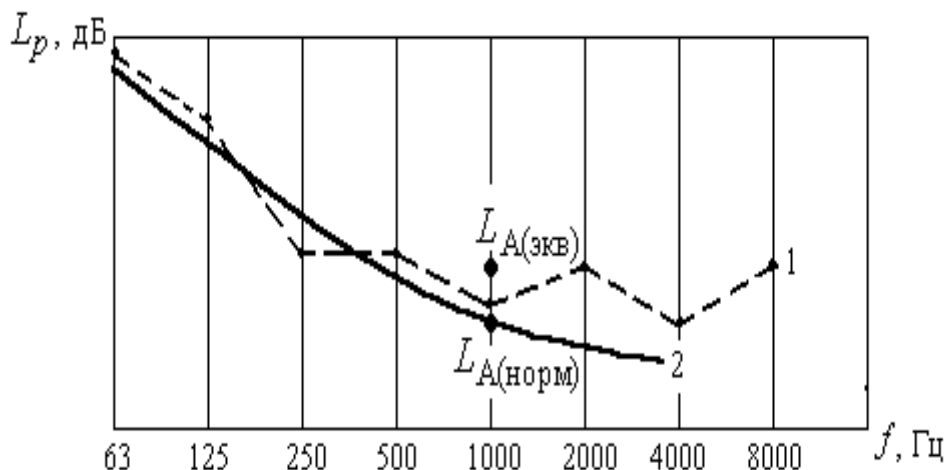


Рис. 46. Нормативные и измеренные уровни звукового давления нормируемого диапазона частот: 1 – измеренные уровни звукового давления; 2 – нормативная кривая

Как оценить звуковые колебания (шум) от двух и более источников? В этом случае оценка шума производится по выражению

$$L_{p(n)} = L_{p_1} + 10 \lg \cdot n,$$

где L_{p_i} – уровень звукового давления от наиболее шумного источника; n – число источников шума.

На практике, если шум одного источника превышает шум другого на 10 дБ, то шум наиболее слабого источника в расчётах можно не учитывать.

Методы расчёта снижения шума (основные принципы)

Снижение шума устройством кожуха. Если звукоизоляция из металла или стекла, то снижение звуковых колебаний определяется по формуле $\Delta L = R_C + 10 \lg \alpha$, где ΔL – снижение уровня звукового давления, дБ; R_C – звукоизоляция стенок кожуха (табл. 31, см. рис. 34); α – коэффициент звукоизоляции, $\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}}$, где $E_{\text{погл}}$ – поглощённая энергия; $E_{\text{пад}}$ – падающая энергия.

Снижение шума ограждающими конструкциями из кирпича или бетона. Расчёт состоит из: 1) построения частотной характеристики изоляции от воздушного шума; 2) сравнения с требуемой величиной звукоизоляции; 3) вычисления индекса звукоизоляции J_B ; 4) сравнения с нормативным индексом звукоизоляции J_H . Для этого в прямоугольной системе координат производится построение частотной характеристики звукоизоляции – по толщине ограждения h (м) находится координата частоты (табл. 31, 32, рис. 47, 48).

Звукоизоляция

| Материал | F_B | R_B , дБ | R_C , дБ | Примечание |
|----------------------------|------------------|------------|------------|-----------------------------------------------------|
| Сталь | $\frac{6000}{h}$ | 39 | 31 | 1) $2f_n = f_b$; 2) h – толщина стенки кожуха |
| Алюминиево-магниевый сплав | $\frac{6000}{h}$ | 32 | 22 | |
| Стекло силикатное | $\frac{8000}{h}$ | 35 | 29 | |
| Стекло органическое | $\frac{7000}{h}$ | 37 | 30 | |

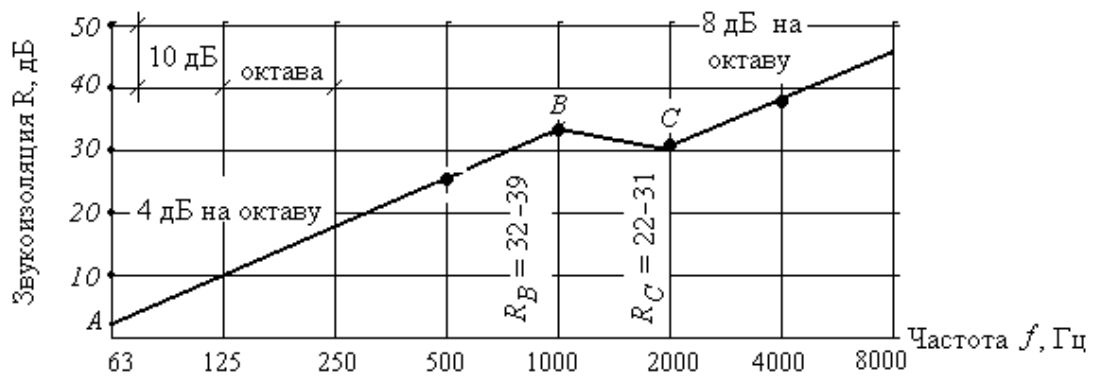


Рис. 47. Звукоизоляция из металла или стекла

Звукоизоляция для материала $\rho = 1800 \text{ кг/см}^3$

| h , м | f_B , Гц | R_B , дБ | R_C , дБ |
|---------|------------|------------|------------|
| 0,05 | 330 | 31,5 | 60,0 |

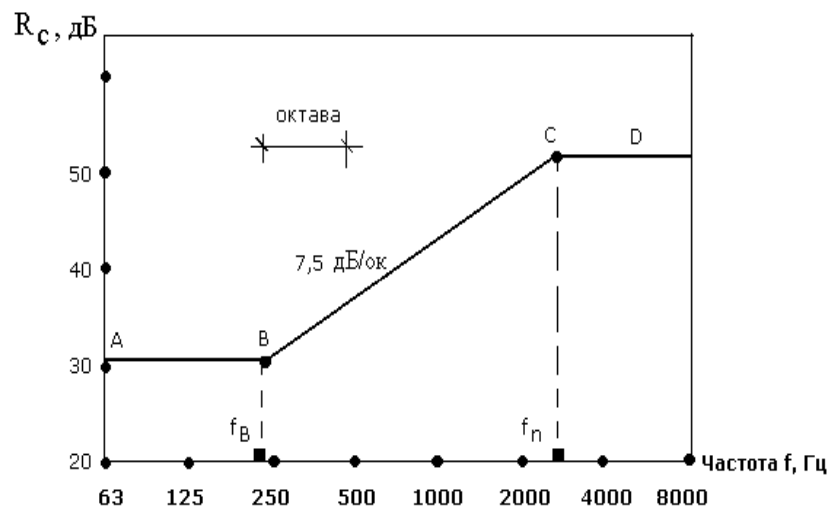


Рис. 48. Звукоизоляция из кирпича или бетона

7.3. Механические колебания

При любых колебаниях отклонение системы вызывает появление восстанавливающей силы, которая стремится вернуть систему в положение равновесия (рис. 49). Отклонение амплитуды A отвечает силе тяжести $M = mg$, определяемой жёсткостью пружины K .

Характеристика механических колебаний:

- A – амплитуда (размах) колебаний, мм, мкм и т.д.;
- $\nu = 2\pi fA$ – виброскорость (минимальные колебания, которые возможно ощутить как колебания, $\nu_{\text{мин}} = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с, у максимальных колебаний предела нет);
- T – период колебаний, с, мин, лет и т.д.;
- $\omega = 4\pi f^2 A$ – виброускорение, м/с²;
- $1/T$ – частота колебаний f , Гц;
- $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$ – собственная частота колебаний, Гц;
- K – жёсткость пружины, $K = 4\pi f_0^2 M$, где M – сила тяжести, $M = mg$, а при $f = f_0$ происходит усиление колебаний.

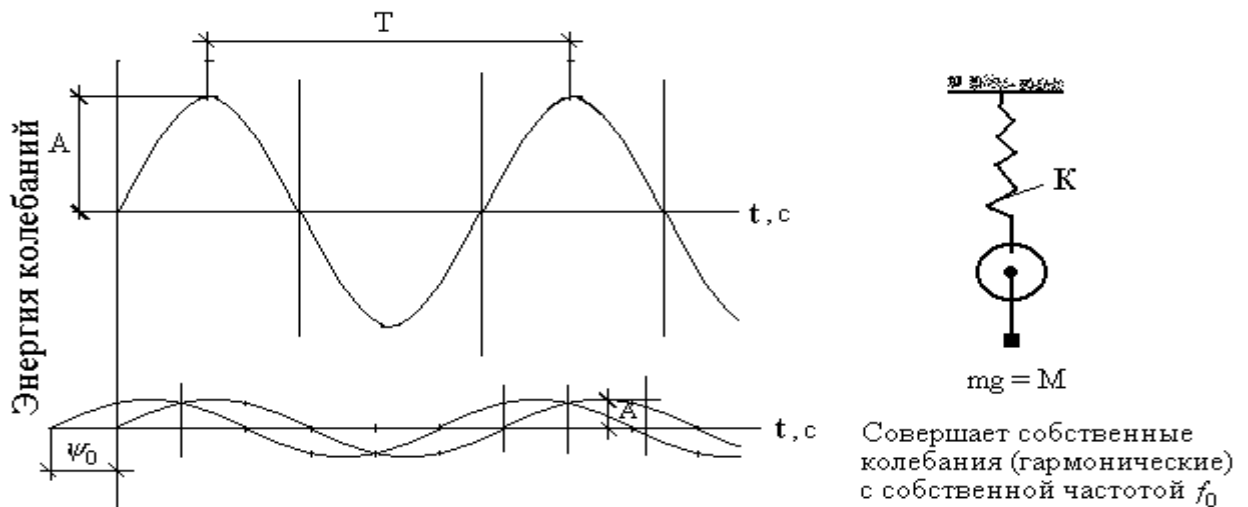


Рис. 49. Характеристики механических колебаний

На практике всегда существует широкополосный спектр колебаний, поэтому для оценки колебаний по частотному диапазону производится их разложение на отдельные составляющие – октавы – среднегеометрические величины частот, где верхнее значение в два раза больше нижнего (частотный анализ). Характеристика распределения энергии колебаний по частотам называется спектрограммой, или частотным спектром:

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|----|----|----|----|------|----|-----|-----|-----|------|
| f , Гц | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| L_v , дБ | 110 | 45 | 45 | 67 | 89 | 45 | 32 | 56 | 12 | 3 | 23 |

Восприятие живым организмом механических колебаний с близкими по значению частотами практически одинаково. Так как диапазон восприятия механических колебаний велик (от $5 \cdot 10^{-8}$ м/с до бесконечности), на практике для оценки колебаний принята логарифмическая величина – уровень виброскорости $L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}$, дБ. Прирост или ослабление колебаний ощущается только тогда, когда интенсивность их увеличится или уменьшится в 10 раз.

Механические колебания считаются удовлетворяющими нормативным величинам, если измеренные уровни виброскорости L_v во всех октавных полосах частот нормируемого диапазона не превышают значений, определяемых предельным спектром (рис. 50).

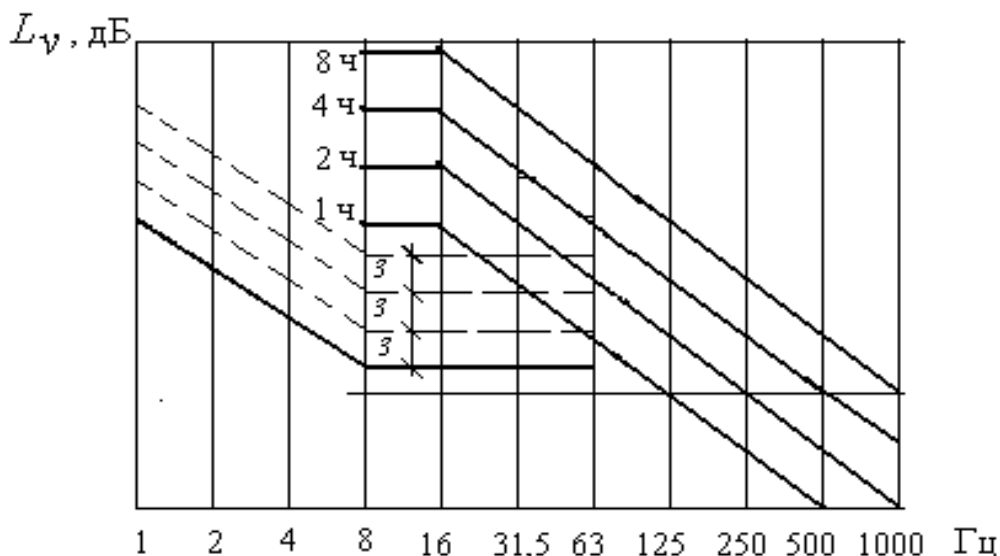


Рис. 50. Значения, определяемые предельным спектром
Превышение виброскорости более чем на 12 дБ
(по сравнению с нормативной величиной) недопустимо

Нормирование механических колебаний, действующих на человека. Различают механические колебания, воспринимаемые человеком, общие (общая вибрация, нормируется по октавам в диапазоне частот от 1 до 63 Гц, ГОСТ 12.1.012-98) и локальные (локальная вибрация, нормируется в диапазоне частот от 8 до 1000 Гц, ГОСТ 12.1.012-98).

Защита от механических колебаний. Основным методом защиты от механических колебаний (вибрации) является виброизоляция (рис. 51).

В общем виде снижение виброскорости при использовании виброизоляторов (см. рис. 50) определяется по выражению

$$\Delta L_v = 10 \lg \left[\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) + \eta^2 \right] - 10 \lg (1 + \eta^2),$$

где η – коэффициент потерь амортизатора.

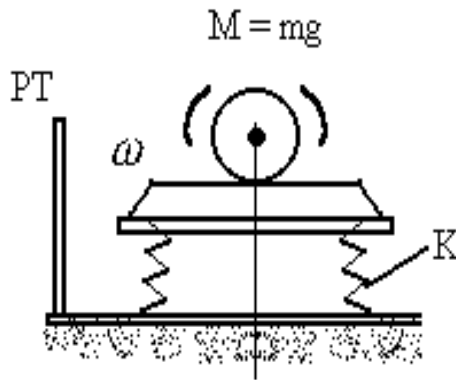


Рис. 51. Схема устройства виброизолятора:

где ω – круговая частота, $\omega = 2\pi \cdot f_0 = \sqrt{K/M}$; f_0 – собственная частота колебаний; K – жёсткость пружины; M – сила тяжести; m – масса машины (установки); g – ускорение свободного падения

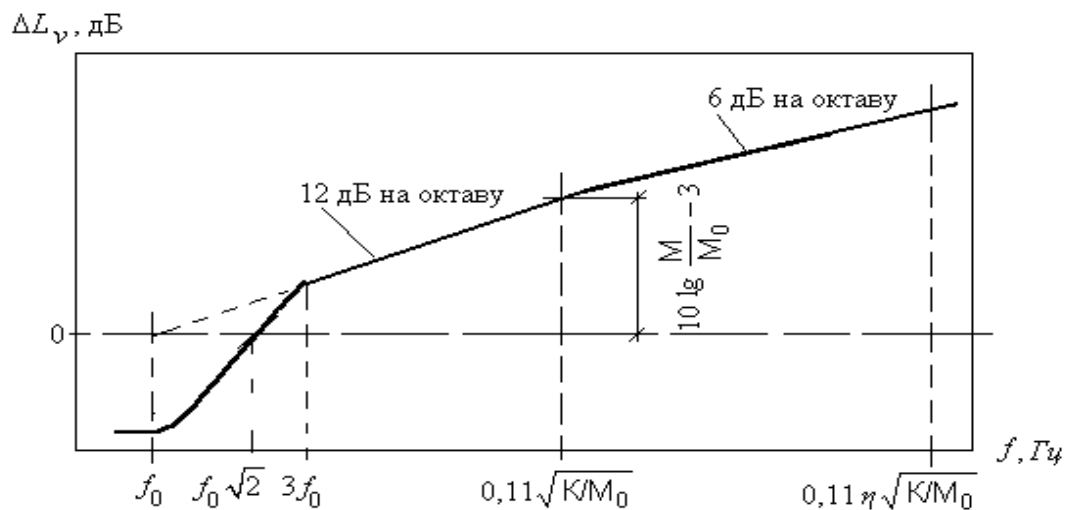


Рис. 52. Виброизоляция в частотном диапазоне

Анализ графика виброизоляции (рис. 52)

Участок от $0,11\sqrt{\frac{K}{M_0}}$ до $\frac{0,11}{\eta}\sqrt{\frac{K}{M_0}}$ соответствует формуле виброизоляции

$$\Delta L_v = 20 \lg \frac{f}{f_0} + 10 \lg \frac{M}{M_0} - 3, \text{ где } f - \text{ существующая частота колебаний; } f_0 - \text{ собственная частота колебаний; } M - \text{ сила тяжести машины (} M = m \cdot g \text{); } M_0 - \text{ сила тяжести амортизатора (} M_0 = m_0 \cdot g \text{);}$$

Участок $f < f_0\sqrt{2}$ соответствует формуле виброизоляции

$$\Delta L_v = -10 \lg \left(1 + \frac{1}{\eta^2} \right), \Delta L_v < 0.$$

8. РОСТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ. МАСШТАБЫ И АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ

На протяжении большей части человеческой истории численность населения росла очень медленно (рис. 53). Но по данным мировой и отечественной литературы в настоящее время рост населения стал «взрывообразный» (рис. 54).

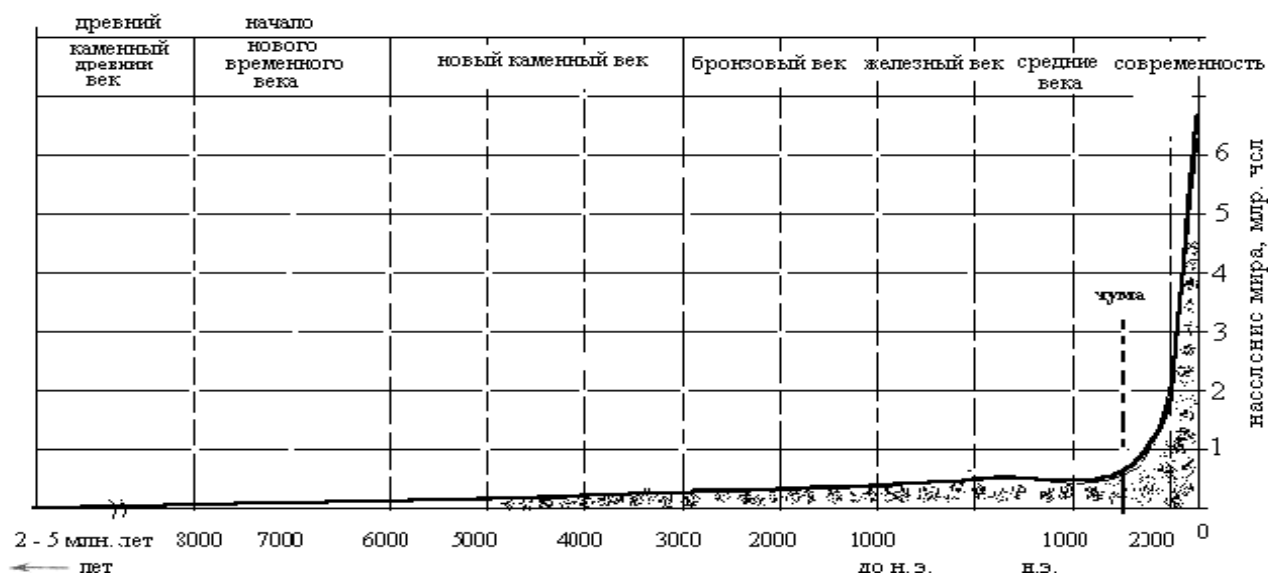


Рис. 53. Мировое население. Демографический «взрыв»

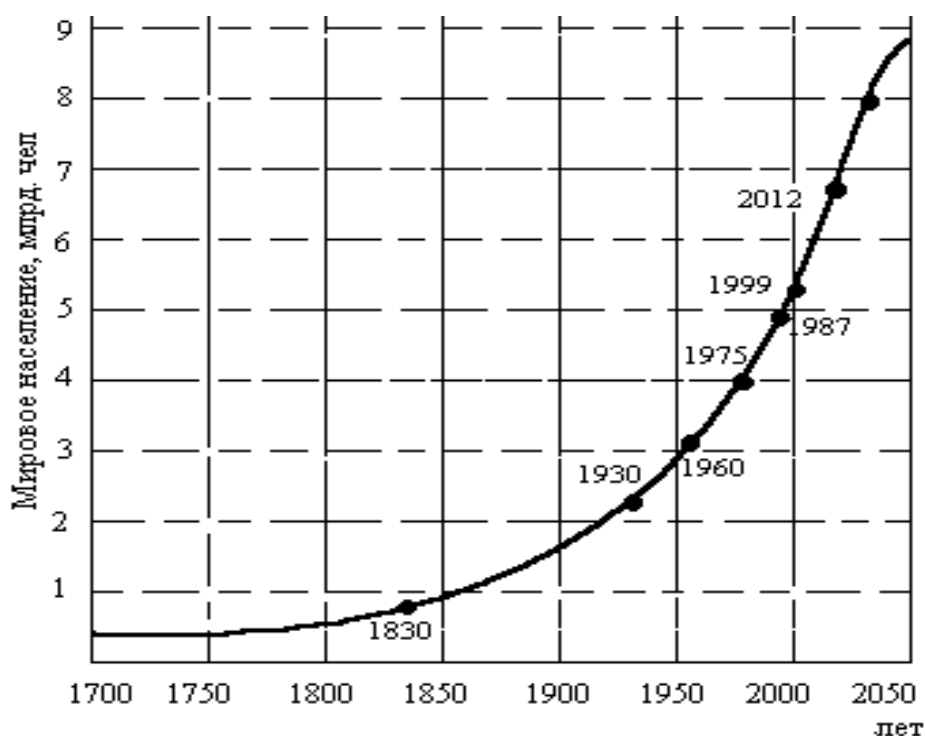


Рис. 54. Рост народонаселения приведён более детально для 1700–1989 гг. и спрогнозирован до 2050 года

По данным литературных источников население земного шара составляло:
на 1830 год – 1 млрд чел;

в 18–19 вв. ситуация поменялась и уже к 1930 году (через 100 лет после достижения 1 млрд чел) население составило – 2 млрд чел;
к 1960 году (30 лет спустя) – 3 млрд чел;
к 1975 году (15 лет спустя) – 4 млрд чел;
к 1987 году (12 лет спустя) – 5 млрд чел и более.

Такая закономерность прироста населения (рождаемость минус смертность) земного шара в настоящее время сохраняется и составляет 90 млн. чел. в год. Численность населения в настоящее время увеличивается быстрее, чем ранее (см. рис. 53, 54) и к 1999 году составила более 6 млрд. чел. Такая закономерность в 21-м веке будет сохраняться до тех пор, пока население земного шара не достигнет 10 млрд чел.

Представленные закономерности основаны на существующих условиях окружающей среды. И если произойдёт «экологический» сдвиг (в частности изменение природных условий), то ситуация может резко измениться т.е. под воздействием 10 млрд. населения быстро начнёт истощаться и деградироваться природные ресурсы. И чтобы человечество продолжало устойчиво жить и развиваться, требуется дальнейшее снижение темпов прироста населения и распространение среди него «сознания выживания» и «экологического сознания».

Богатые и бедные нации. Страны мира обычно делят на три основные экономические категории.

1. *Высокоразвитые, промышленные, или страны с высоким национальным доходом:* США, Канада, Япония, Австралия, государства Западной Европы и Скандинавии.

2. *Умеренно развитые, или страны со средним национальным доходом:* большинство государств Латинской Америки (Мексика, Центральная и Южная Америка), Северная и Западная Африка, Юго-Восточная Азия.

3. *Слабо развитые, или страны с низким национальным доходом:* большинство стран Восточной и Центральной Африки и Индии (КНДР до сих пор относится к этой категории, но возможно будет отнесена ко второй группе). Они известны как страны «Третьего мира». Другие, настоящие и бывшие социалистические страны (кроме Китая), рассматриваются как отдельная категория государств. К отдельной категории относятся такие страны как Саудовская Аравия Иран, Ирак и пр., где большинство граждан бедны, но национальный доход высок благодаря экспорту нефти. На рис. 55 (карта) приведены страны с разделением их на группы по валовому национальному продукту (ВНП) на душу населения (главный показатель уровня жизни). Неравенство и распределение материальных ценностей среди граждан этих стран *ошеломляет*.

В высоко развитых странах проживает **25 % мирового населения**, которое при этом владеет **80 % мирового богатства**. Таким образом, на *долю развивающихся стран* приходится 75 % мирового населения с 20 % богатства. Богатство внутри каждой страны распределено не равномерно. От 10 до 15 % людей в высоко развитых странах относятся к разряду бедных. С другой стороны, 10 % населения в развивающихся странах считаются богатыми.

Рисунок 55
стр. 122

Население и бедность. Тем не менее, именно в слаборазвитых странах население растёт быстрее. И тем быстрее, чем «беднее страна». Если такая закономерность сохранится, то население в этих странах удвоится через 25–35 лет. Численность населения высокоразвитых стран, наоборот, приближается к постоянному уровню (хотя иммиграция может изменить существующую картину).

Рождаемость и половозрастные пирамиды. Ключевой фактор (показатель), определяющий диспропорцию в темпах прироста населения – суммарный коэффициент рождаемости (СКР), т.е. среднее число детей, которое рождает каждая женщина в течении жизни (по статистическим данным). При современном состоянии здравоохранения большинство детей доживает до половой зрелости и, в свою очередь *обзаводятся детьми*. Если предположить, что все дети выживают, то СКР будет равен 2,0, обеспечит неизменную численность населения: два ребёнка заменят отца и мать, когда те умрут.

Если СКР ниже 2,0, то это приведёт к снижению численности населения, потому что родительское поколение будет заменено не полностью, а СКР выше 2,0 обусловит рост населения, так как число родителей будет возрастать с каждым поколением.

СКС, при котором родителей столько же, сколько сменяющих их детей, *т.е. численность популяции неизменна* называется **простой воспроизводящей рождаемостью**. И если учесть, что часть детей всё-таки не доживают до полной зрелости, то сейчас для высокоразвитых стран СКР составляет 1,85–2,03, а для **слаборазвитых – 2,20 и более**.

Сравнивая эти цифры с реальной ситуацией можно наблюдать то, что в действительности в **высокоразвитых странах СКР** равен 1,9, т.е. несколько ниже уровня простого воспроизводства.

СКР в менее развитых странах составляет 4,8 (без Китая) и 4,1, если его учитывать. Это более чем вдвое превышает простую воспроизводящую рождаемость и приводит к удвоению численности населения в каждом поколении.

Спустя определённое время неодинаковое СКС приводит к резко различным **половым пирамидам**, определяющим возрастной и половой состав населения. Этот показатель обычно изображают в виде **гистограммы, демонстрирующей количество людей в каждой возрастной группе (обычно с разницей в пять лет)**. Полосы соответствующей мужской половине населения, располагают с одной стороны графика, женской – с другой (рис. 56). Можно видеть, что половозрастная пирамида высокоразвитых стран (рис. 56–Б) выглядит как колонна, отражая тот факт, что численность **детей, подростков, молодых людей, людей среднего и старшего возрастов примерно одинаковы**. Это указывает на то, что значения СКР близкие к простому воспроизводящему уровню, *когда каждая воспроизводящая группа замещает предыдущую*.

В тоже время половозрастная пирамида развивающихся стран имеет вид треугольника, поскольку число детей, произведённых на свет, примерно вдвое превышает её собственную численность (рис. 56–А). Это приводит к тому, что молодое население преобладает (40 % населения моложе 15 лет без жизненного опыта и профессиональной подготовки), с относительно небольшой долей людей среднего и старшего возрастов. Здесь перед государствами стоит задача дать молодым людям образование, профессию и возможность продуктивно работать. По этим статистическим данным можно предсказать структуру будущего населения и о

соотношении рождаемости и смертности. Пирамиды показывают, что каждые пять лет все полосы сдвигаются вверх на одну позицию. Верхние при этом укорачиваются, а самая верхняя, исчезает, т.к. умирают старики. В это время сразу появляется новая полоса, соответствующая числу родившихся за пятилетний период. Если СКС остаётся неизменным, то половозрастная пирамида развивающихся стран будет представлять собой всё более широкогоугольный треугольник, так как каждое последующее поколение многочисленнее предыдущего и производит на свет ещё более многочисленное потомство (рис. 56–В). Зато половозрастная пирамида развитых стран сохраняет свою форму (рис. 56–Г).

Демографический потенциал. Даже если СКР развивающихся стран упадёт до уровня простого воспроизводства (что маловероятно), численность их населения ещё некоторое время будет расти, прежде чем стабилизируется. Это произойдёт потому, что даже при «идеальном» значении СКР = 2.0 сегодняшнее поколение детей моложе 15 лет в будущем произведёт потомство равное своей численности, а это значительно превысит число умирающих среди относительно немногочисленных групп людей старших возрастов. Такая ситуация сохранится ещё 65–70 лет, пока нынешняя молодёжь не начнёт умирать достигнув преклонного возраста. В этом случае численность молодых людей и стариков примерно сравняются и половозрастная пирамида приобретёт форму колонны. При такой структуре населения *смертность* пожилых людей будет *уравновешена рождаемостью*. Но к этому времени всё население успеет возрасти в два три раза (см. рис. 56–В).

Таким образом, население развивающихся стран обладает *демографическим потенциалом* благодаря высокой нынешней доле молодых людей, которые приведут к удвоению населения в ближайшем будущем, даже если рождаемость понизится. Вся разница в том, что при низком СКР численность населения через 60 лет стабилизируется, а при высоком значении СКР она будет неуклонно расти, пока за её регулирование не возьмутся такие лимитирующие факторы как голод, болезни и социальные потрясения. Поэтому, через 70–80 лет общество столкнётся с быстрым ростом населения развивающихся стран, тогда как в высокоразвитых странах он будет либо незначительным, либо вообще прекратится (рис. 57). Доля их населения будет составлять всё меньший процент от общемирового и через 50–60 лет снизится в нём до 10 %, против нынешних 25 %. Кроме того, «богатые», по-видимому, продолжат богатеть, а бедные по разнообразным причинам (см. следующий раздел) беднеть.

Рост населения сводит на нет результаты экономического роста и усугубляет долговой кризис. Так как один из показателей уровня жизни в стране является валовой национальный продукт на душу населения – ВВП, определяемый путём деления валового национального продукта страны – ВВП (общей стоимости реализованных материальных благ и услуг) на численность её населения. Очевидно, что экономические успехи высокоразвитых стран, где население не растёт, прямо сказываются на повышении уровня жизни их граждан, тогда как в менее развитых странах произведенные блага должны распределяться между большим числом людей и уровень жизни в них резко падает.

Рис. 56
Стр. 125

То есть реальное экономическое развитие населения с точки зрения обеспечения людей всем необходимым представляет собой разницу между ростом экономики и населения.

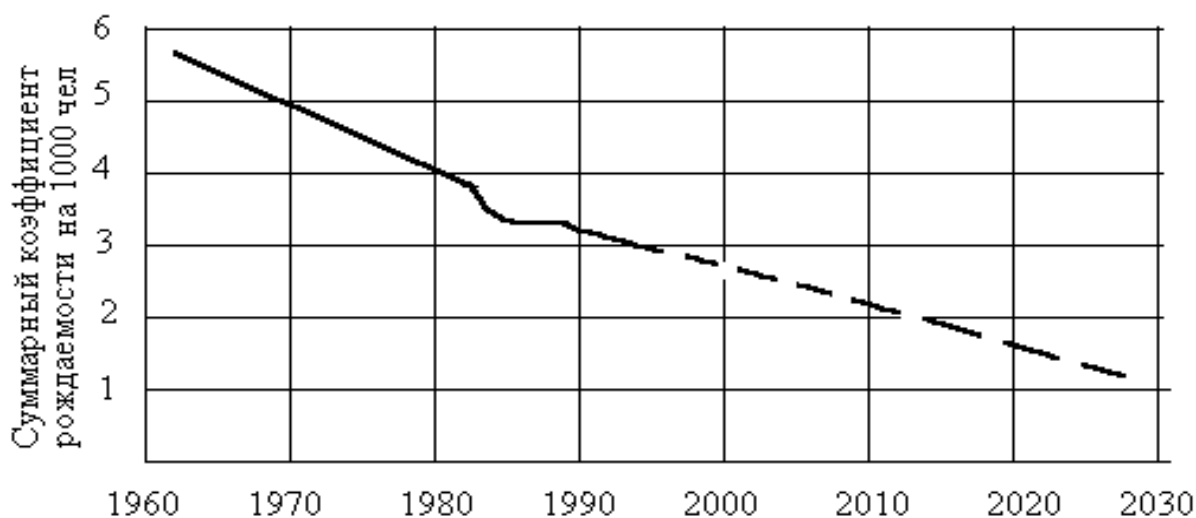


Рис. 57. Рождаемость в развивающихся странах в последние годы снизилась. Если эта закономерность сохранится, то примерно к 2020 году население мира станет, просто воспроизводится не увеличиваясь

Экономический рост. Рост населения. Реальный экономический рост. Например, если в США, и в бедной Африканской стране Кении экономика растёт на 2,5 % в год, то в США, где темпы роста населения 0,7 %, реальный экономический рост составит примерно 1,8 % в год, т. е. $(2,5 - 0,7 = 1,8)$, а в Кении, где население увеличивается ежегодно на 4 %, экономика отстаёт от его прироста и реальный экономический рост составит $(2,5 - 4 = -1,5)$.

Кроме того, **серьёзная помеха для экономического развития** «третьих стран» является долговой кризис. В 1960–1980 годах эти страны финансировали рост своей экономики в основном за счёт займов у промышленных стран, причём добились значительных успехов. Но на данный период их задолженность составляет около 1 триллиона долларов и они уже миновали фазу закупок, вступив в неизбежную фазу платежей. Поэтому этим странам приходится отдавать большую часть своих доходов в счёт процентов за долги, слишком мало оставляя для дальнейшего развития (учитывая и то, что кредиторы не желают возобновлять займы из-за сомнения возвращения долгов). Поэтому у этих стран, как следствие, наступает экономический кризис с высоким уровнем безработицы и инфляцией, темпы которой доходят до 100 % в год.

Поэтому возникает проблема жилья, работы, образования, питания и всё остальное необходимое для деятельности и жизни человека.

Население, бедность и окружающая среда. Проблема народонаселения в развивающихся странах отражается на их экономическом развитии. Имеет место истощение пастбищ и почвы, леса используются в основном на дрова и другие, экологически невыгодные действия. Это угрожает не только «виноватому» государству и нации, но всей биосфере в целом. «Устойчивое развитие» требует го-

раздо большего вмешательства, чем безучастное наблюдение за происходящим. Необходимы действия, направленные как на снижение рождаемости, так и на охрану окружающей среды. Поэтому необходимо изучить и понять, почему для «бедных» стран рост населения характерен, а для «богатых» – численность населения стабилизировалась.

8.1. Демографический «взрыв», его причины и возможное разрешение связанных с ним проблем

На рождаемость и смертность влияет множество факторов: болезни, войны, семейные и национальные традиции, экономическое состояние страны, религия, нравственные идеалы и т.д. Если не учитывать иммиграцию и эмиграцию, изменение размеров популяции сводятся к разности между числом рождений и смертей.

Рождаемость, смертность и уравнение роста населения. Во всех странах рождения и смерти регистрируются, так что эта информация вполне доступна. Сравнивая темпы прироста населения в разных странах, население обычно делят на группы 1000 человек, и рассчитывается среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год (так называемые коэффициенты частоты рождения и смерти). Эти показатели называются **общими коэффициентами рождаемости (ОКР) и смертности (ОКС)** соответственно. «Общий» здесь означает, что данные цифры не учитывают, какую часть населения страны составляют пожилые и молодые люди, мужчины и женщины – факторы, значимо оказывающие влияние на будущее нации. При вычитании ОКС из ОКР, получается **естественный прирост (или убыль, если смертность выше рождаемости)** населения. Данный показатель не следует отождествлять с изменением численности населения из-за эмиграции и иммиграции.

Темпы прироста (или убыли) выражаются также и в процентах. Современные статистические данные (табл.1) показывают, что в группе **высокоразвитых стран** ОКР в среднем равен 15, а ОКС – 9; значит прирост населения составляет 0,6 % в год: $15 - 9 = 6$ (на 1000 человек), $6 \div 10 = 0,6$ %. При современной численности 1,2 млрд. человек такой прирост приводит к ежегодному увеличению населения развитых стран на 7 млн. человек. В то же время в группе слаборазвитых стран ОКР равен 31, а ОКС – 10, что даёт прирост 2,1 % в год (табл. 33). Данные, приведённые в таблице, показывают, что в развитых странах прирост населения может быть даже отрицательный, в то время как у слаборазвитых стран прирост значительный.

Обычно принято оценивать рост населения по **«времени удвоения»**, т.е. по периоду, необходимому для удвоения численности населения при современных темпах прироста. Это означает, что за то же самое время жилищный фонд, сельскохозяйственная продукция, число рабочих мест, производство энергии, водоснабжение, система очистки сточных вод, школьная сеть, система высшего и среднего специального образования, система здравоохранения и т.п. должны также вырасти вдвое для сохранения уровня жизни, хотя бы на прежнем уровне.

Демографические данные по отдельным регионам и странам за 1988–2003 годы

| Регионы | Суммарный коэффициент рождаемости | Общий коэффициент рождаемости* | Общий коэффициент смертности* | Валовой национальный продукт на душу населения, \$ США |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Мир в целом | 3,6 | 28 | 10 | 3010 |
| Более развитые страны | 1,9 | 15 | 9 | 10700 |
| Менее развитые страны | 4,1 | 31 | 10 | 640 |
| Менее развитые страны (без Китая) | 4,8 | 35 | 12 | 780 |
| Африка | 6,3 | 44 | 15 | 620 |
| Азия без Китая | 4,3 | 32 | 11 | 1480 |
| Латинская Америка | 3,7 | 29 | 8 | 1720 |
| Северная Америка | 1,8 | 15 | 9 | 17170 |
| Европа | 1,8 | 13 | 10 | 8170 |
| Высокоразвитые страны | | | | |
| США | 1,8 | 16 | 9 | 17500 |
| Германия | 1,4 | 10 | 11 | 12080 |
| Франция | 1,8 | 14 | 10 | 10740 |
| Англия | 1,8 | 13 | 10 | 8920 |
| Япония | 1,7 | 11 | 6 | 12850 |
| Австралия | 1,9 | 15 | 7 | 11910 |
| Умеренные страны | | | | |
| Мексика | 4,0 | 30 | 6 | 1850 |
| Бразилия | 3,4 | 28 | 8 | 1810 |
| Аргентина | 3,3 | 24 | 9 | 2350 |
| Южная Корея | 2,1 | 19 | 6 | 2370 |
| Коста-Рика | 3,6 | 34 | 5 | 1420 |
| Слаборазвитые страны | | | | |
| Китай | 2,4 | 21 | 7 | 300 |
| Индия | 4,3 | 33 | 13 | 270 |
| Пакистан | 6,6 | 43 | 15 | 350 |
| Эфиопия | 7,0 | 46 | 15 | 120 |
| Кения | 8,0 | 54 | 13 | 300 |
| Замбия | 7,0 | 50 | 13 | 300 |
| Руанда | 8,5 | 53 | 16 | 290 |

* Число рождений или смертей на 1000 человек в год (данные усреднены за период 1088-20003 годы)

«*Время удвоения*» вычисляется делением 70 (средняя продолжительность жизни для активного населения) на темпы прироста населения в процентах. Например, население высокоразвитых стран при современных темпах прироста удвоится через 117 лет: $(70 : 0,6 = 117)$, а развивающихся стран – через 33 года. В некоторых случаях «*время удвоения*» может быть ещё короче, например, ОКР и

ОКС в Кении равны соответственно 53 и 13. При таком соотношении темпы прироста составляют 4 % в год, и, если они сохранятся в дальнейшем, население этой страны удвоится через 17,5 лет: $53 - 13 = 40$; $40 : 10 = 4 \%$; $70 : 4 = 17,5$ лет. Представьте, что все жизненные блага, которыми пользуется население в развитых странах, удвоится меньше, чем за 18 лет, это мало вероятно. Поэтому любые экономические успехи, очевидно, сводятся на нет таким ростом населения, а уровень жизни населения в этих странах обречён на снижение.

Причины демографического взрыва. Как уже было отмечено, у всех видов есть **репродуктивный** потенциал, который приведёт к популяционному взрыву, если высокий процент потомства доживёт до половой зрелости и размножится. Естественно, рост природных популяций сдерживается сопротивлением среды, т.е. факторами, приводящими к гибели значительной доли молодежи до наступления **репродуктивного** возраста. До 19 века так обстояло дело и с человеческой популяцией. Ещё в конце 1800-х годов не было ничего необычного в том, что в семье было **по 8–10 детей, из которых 1–3** доживали до половой зрелости. Эпидемии, заболевания типа **оспы, ветрянки дизентерии, дифтерии** и т.д. уносили множество детских жизней. Т.е. рождаемость была высокой – ОКР достигал 40–50, но из-за высокой смертности в детском возрасте ОКС был почти таким же, поэтому население, если и росло, то медленно.

Снижение младенческой и детской смертности. В середине 1800-х годов в опубликованных работах Луи Пастера и других учёных показано, что эпидемии вызываются микроорганизмами. Эти открытия привели к разработкам эффективных мер профилактики и лечения заболеваний. Например, вакцинирование против большинства детских инфекций и значительное улучшение санитарных условий (очистка сточных вод, приготовление еды и т.п.). Далее 20-м веке, открытие антибиотиков привело к появлению эффективных (чудодейственных) лекарств, что привело к резкому снижению детской смертности. Снижение младенческой и детской смертности рассматривается как **повышение выживаемости человеческой популяции (рис. 58).**

Итак, профилактика и лечение детских заболеваний привели к резкому снижению смертности. ОКС снизился с 40–50 на 1000 человек в год до 10–12, причём это число соответствует доле умерших пожилых людей. А ОКР по-прежнему остаётся на уровне 40–50. Это привело к демографическому «взрыву». Важно, что он связан лишь со снижением смертности. Рождаемость не возросла, она даже несколько снижается, хотя и незначительно.

Переход от пререпродуктивной смертности к пострепродуктивной. Рано или поздно люди всё-таки умирают. Но почему же смерть, скажем, от рака или от сердечно-сосудистых заболеваний, не играют такой демографической роли, как связанные с детским заболеванием? Всё дело в том, что умер человек до появления у него детей (*пререпродуктивная смерть*) или после (*пострепродуктивная смерть*).

На рис. 58 представлены графические интерпретации *пререпродуктивной и пострепродуктивной смертей*. Например, две семьи, где родилось по четыре

человека детей. Сначала предположим, что в каждом поколении двое из четырёх детей умирают до достижения половой зрелости (рис. 58-А).

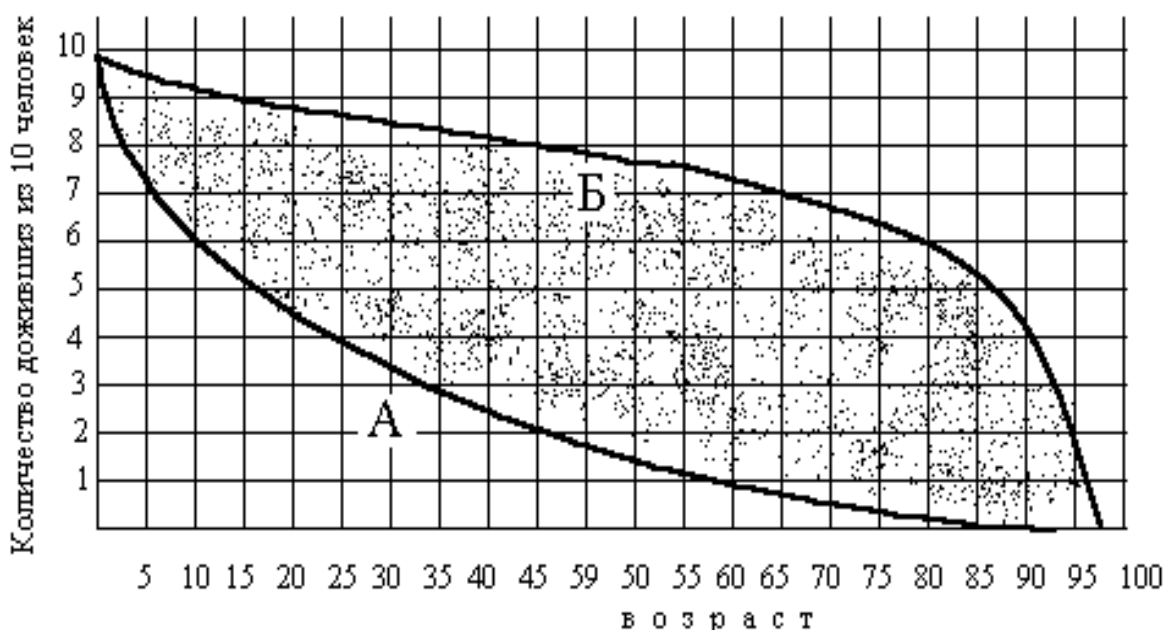


Рис. 58. Кривые выживаемости начинаются в точке, соответствующей численности населения 1000 человек, и показывают, сколько из них доживают до каждого возраста. А – выживаемость цветных мужчин в США в 1902 году, (типичная для эпохи, предшествовавшей появлению современного здравоохранения); Б – выживаемость населения США в 1976 году (данные департамента здравоохранения, образования и благосостояния США). Кривая Б типична для современной ситуации: свыше 95 % новорождённых доживают до 40 лет и более; быстрое повышение смертности начинается не ранее 50-летнего возраста

Тогда остаётся только двое детей, которые родят четырёх внуков, но из них тоже только двое доживут до половой зрелости. Когда старшее поколение умирает, двое родителей замещают столько же детей, т.е. численность населения остаётся неизменной.

Во второй семье все четверо детей доживают до половой зрелости и обзаводятся потомством. У четверых детей родится восемь внуков, у тех – шестнадцать правнуков и т.д. (рис. 58-Б). Таким образом, удвоение населения происходит в каждом поколении, хотя старшее поколение умирает. Значит, пострепродуктивная смертность не может быть значимым фактором, ограничивающим рост населения.

А Перерепродуктивная смертность

| Поколение | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|
| ● Взрослый × Умерший ◊ Ребёнок | | | | | |
| Численность | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Б Пострепродуктивная смертность

| Поколение | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------------|---|---|---|----|----|
| ● Взрослый × Умерший ◊ Ребёнок | | | | | |
| Численность | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |

Рис. 59. Влияние пререпродуктивной и пострепродуктивной смертности на прирост населения. А – пререпродуктивная смертность сдерживающая её; Б – пострепродуктивная смертность позволяющая населению расти

Пострепродуктивная продолжительность жизни слабо влияет на численность населения. В самом деле, **пострепродуктивная продолжительность жизни** оказывает минимальное воздействие на рост населения и к тому же временное (рис. 59). В этом случае сделано допущение, что в каждой семье четверо детей, а время генерации равно 20 годам. Сравниваются случаи продолжительности жизни, равной 60, 80, и 40 годам. В каждом из них исходная численность населения составляет 14 человек: два прародителя (дедушка и бабушка), 4 родителей и 8 детей. Если продолжительность жизни 60 лет, старшее поколение исчезает при появлении каждого нового, и всегда оказывается представлены **три** поколения (рис. 59-А). При этом население в каждом поколении удваивается: с 14 до 28 человек, затем до 56 и т.д.

На рис. 59-Б, представлены зависимости роста населения в семье при продолжительности жизни 80 лет, где одновременно представлены **четыре** поколения. Престарелые люди, остающиеся живыми при появлении первого нового поколения, увеличивают общую численность населения по сравнению с первым случаем (рис. 59-А) примерно на 7 %, но затем оно опять начинает просто удваиваться: с 30 до 60, затем до 120 и т.д.

На рис. 59-В представлены соответствующие зависимости при продолжительности жизни 40 лет, и в каждом поколении население лишается старшей возрастной группы. Сначала это приводит к снижению численности населения примерно на 15 процентов по сравнению с первоначальным случаем (рис. 59-А). Но после этого население опять в каждом поколении удваивается.

Следовательно, лечатся ли люди от таких возрастных болезней, как рак или сердечно-сосудистых заболеваний и живут дополнительно 20–30 лет или же

умирают от них в 40–50 лет, это не ведёт к устойчивому росту населения, хотя, безусловно, имеет социальные и экономические последствия.

Несчастные случаи и стихийные бедствия слабо влияют на численность населения. Аналогичным образом несчастные случаи и стихийные бедствия вопреки высказываниям иногда предположениям не влияют на численность населения. Эти факторы не оказывают направленного влияния на пререпродуктивную смертность и, несмотря на социальное и экономическое значение связанных с ним потерь, относительно слабо отражается на росте населения в целом.

Например, в США ежегодные потери от автомобильных катастроф, составляющие около 50000 человек, возмещается в течении 10 дней. Несколько лет назад приливной волной смыло прибрежный рисоводческий район в Индии. Погибло около полумиллиона человек – огромные потери для стихийного бедствия. Однако естественные темпы прироста населения в Индии компенсировали потери за 30 дней. Даже войны со времён второй мировой войны ненадолго отражаются на численности населения. Во вьетнамской войне погибло 45 000 американцев. Естественный прирост населения в стране около 150 000 человек в месяц – эти потери компенсировались за 10 дней (около 3-х недель, если считать только мужчин). Даже регулярная гибель в мире от голода и неполноценного питания, 3–6 млн. человек в год, несущественны с демографической точки зрения (прирост населения в мире за этот же период составил 90 млн. человек).

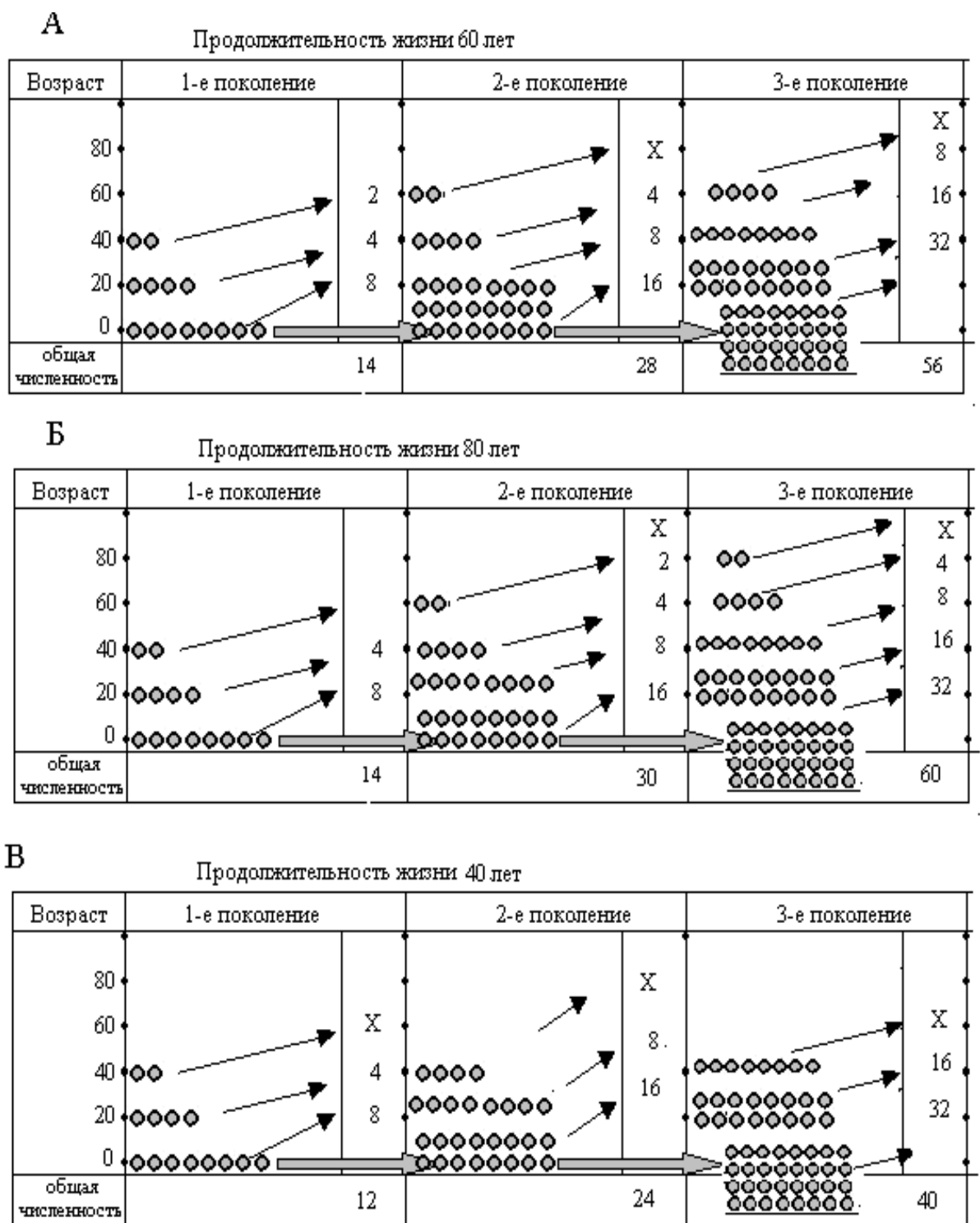


Рис. 60. Влияние продолжительности жизни на рост населения. В каждом случае у пары рождаются четверо детей, а время генерации 20 лет
 А – продолжительность жизни 60 лет; население удваивается в каждом поколении.
 Б – продолжительность жизни 80 лет; в этом случае численность населения лишь немного больше, чем в предыдущем и также удваивается в каждом поколении.
 В – продолжительность жизни 40 лет; численность населения уменьшается на 15 % по сравнению с первоначальным вариантом, но также удваивается

Итак, в прошлом для человечества были характерны высокие коэффициенты рождаемости и смертности (в основном, детской). Быстрый рост народонаселения начался из-за снижения детской смертности при сохранении прежнего уровня рождаемости.

Решение проблемы: снижение коэффициентов рождаемости. Конечно, стабильную численность населения можно было бы обеспечить, повысив уровень смертности, но все наши усилия направлены на то, чтобы этого не случилось. Есть только один гуманный способ сдержать рост населения – снижения рождаемости до уровня, соответствующего нынешней низкой смертности. Это уже произошло в более развитых странах, где рождаемость приближена к уровню простого воспроизведения (рис. 61). В развивающихся странах рождаемость тоже снизилась, но не на столько значительно.

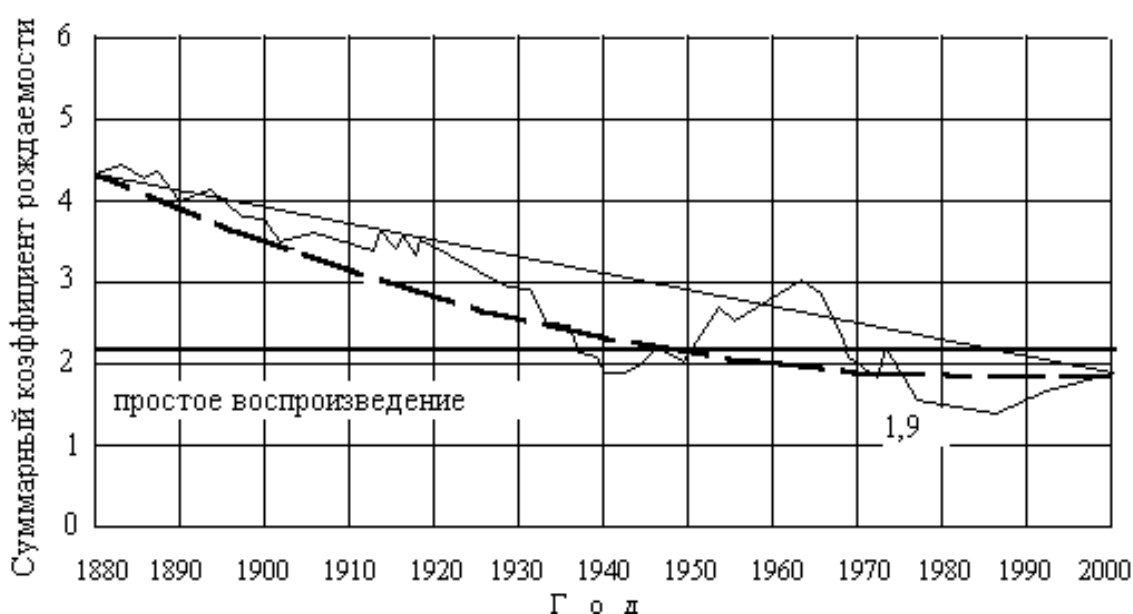


Рис. 61. Рождаемость в США (сплошная линия). С 1880 года появилась закономерность к её снижению до уровня простого воспроизведения (пунктирная линия). Пик в период с 1945 по 1965 годы соответствует аномальному буму рождаемости после второй мировой войны и не следует из общей закономерности

Демографический переход. Анализируя рождаемость и смертность в высоко-развитых странах за последние 200 лет, можно заметит явно выраженный переход от «примитивной» стабильности (высокая рождаемость и высокая смертность) к современной (низкая рождаемость и низкая смертность). Это называется **демографическим переходом** (рис. 61).

Фаза I. Ситуация при слабом развитии медицины: уровень рождаемости высок, но детская и младенческая смертность тоже высокая, так что население, если и растёт, то медленно.

Фаза II. Общество научилось контролировать заболевания, приводящие в первую очередь к высокой пререпродуктивной смертности. Она резко снизилась, но рождаемость осталась высокой, что вызвало быстрый рост населения.

Фаза III. Социальные и (или) экономические изменения приводят к снижению рождаемости. В конце этой фазы численность вновь стабилизируется, поскольку снижение младенческой и детской смертности компенсируется низкой рождаемостью.

Фаза IV. Новая стабильная численность населения поддерживается за счёт низкой рождаемости и низкой смертности.



Рис. 62. Демографический переход, четыре фазы. Фаза I характеризуется стабильной численностью населения при высоких уровнях рождаемости и смертности. Для фазы II характерно снижение смертности, но рождаемость остаётся по-прежнему высокой, что привело к повышению темпов прироста населения. В фазе III рождаемость падает, и это вновь приводит к стабилизации численности населения. Фаза IV – новый неизменный уровень численности населения при низких коэффициентах рождаемости и смертности. Высокоразвитые страны в настоящее время приближаются к концу третьей фазы, а развивающиеся находятся только на начальных её стадиях

Причины различий между коэффициентами рождаемости развитых и развивающихся стран. Суммарный коэффициент рождаемости, т.е. число детей в семье главным образом зависит от двух факторов:

- 1) числа детей, которое она желает иметь (допускаем, что это число меньше физиологической возможности);
- 2) доступности эффективных противозачаточных средств.

Кроме того, влияют социальные и экономические факторы, которые в индустриальном и аграрном государстве разные. По целому ряду причин индустриальное общество отдаёт предпочтение маленькой семье, а аграрное – большой.

1. **Дети: экономическое подспорье или обуза.** На семейной ферме дети могут быть ценными помощниками. Даже 4-х летний малыш способен взять на себя некоторую работу типа кормление цыплят или сбора яиц, 12-ти летние дети часто трудятся наравне со взрослыми. И, напротив, в условиях города возможности ребёнка внести свой вклад в экономическое благосостояние семьи крайне ограничены, зато издержки на его питание, одежду и образование велики. Т.е. аграрные семьи хотят больше детей, потому что это их экономическое подспорье, а городские – меньше, поскольку это экономическая обуза.

2. **Гарантии в старости.** Индустриальное общество уже пришло к тому, чтобы предлагать людям и даже настаивать на использовании ими различных программ по охране здоровья и пенсионному обеспечению, гарантирующих заботу во время болезни и в старости. В аграрном обществе люди надеются только на самих себя; подобных программ там нет.

3. **Образование и профессиональные возможности.** Индустриальное общество и городские условия жизни дают самые разные возможности получить образование и продвинутся по службе, что и приносит благосостояние семьи. Поэтому они стремятся повременить с женитьбой и (или) с обзаведением детей, а в результате пропускают самые благоприятные с физиологической точки зрения период деторождения (конец второго – начало третьего десятилетия жизни) и, в конце концов, оставляют меньше потомства, чем могли бы при другом стечении обстоятельств. И, напротив, в аграрном обществе относительно мало профессиональных возможностей помимо традиционного занятия фермерством, которому люди обучаются **«автоматически»** по мере того как подрастают. Поэтому они рано женятся и обзаводятся детьми, оставляя многочисленное потомство.

4. **Положение женщины.** В аграрных обществах обычно считается, что первая и **самая главная задача** женщины – **рожать и воспитывать детей.** Женщины часто отстраняются, даже законодательно, от занятия бизнесом и работы в промышленности. Единственная приемлемая для них роль в глазах мужчин – забота о большой семье. Поэтому у женщин нет другого выбора. В индустриальных же странах для женщин много, наравне с мужчинами, возможностей. Многие женщины стремятся сделать карьеру и в связи с этим ограничивают число детей.

5. **Религиозные верования.** Некоторые религии поощряют крупные семьи. В городах люди обычно уходят из-под влияния этих догм, если не от религии вообще под влиянием большого контакта с другими культурными ценностями. В то же время в аграрных странах люди стремятся сохранить сложившиеся традиции.

Доступность противозачаточных средств. В развивающихся странах, особенно в сельской местности, **контрацептивы** редкость. До **промышленной революции** все общества были в основном аграрными. У них просто не оставалось выбора: при отсутствии машин большинство населения по необходимости занимались крестьянским трудом, чтобы добыть для страны достаточное количество еды. Во второй половине 19 века и первой половине 20-го в странах, которые в настоящее время относятся к высокоразвитым, более или менее одновременно произошли три события. Как уже отмечалось, прогресс в профилактике и лечении детской смертности. В то же время происходит механизация фермерских хозяйств, а в городах рост промышленности.

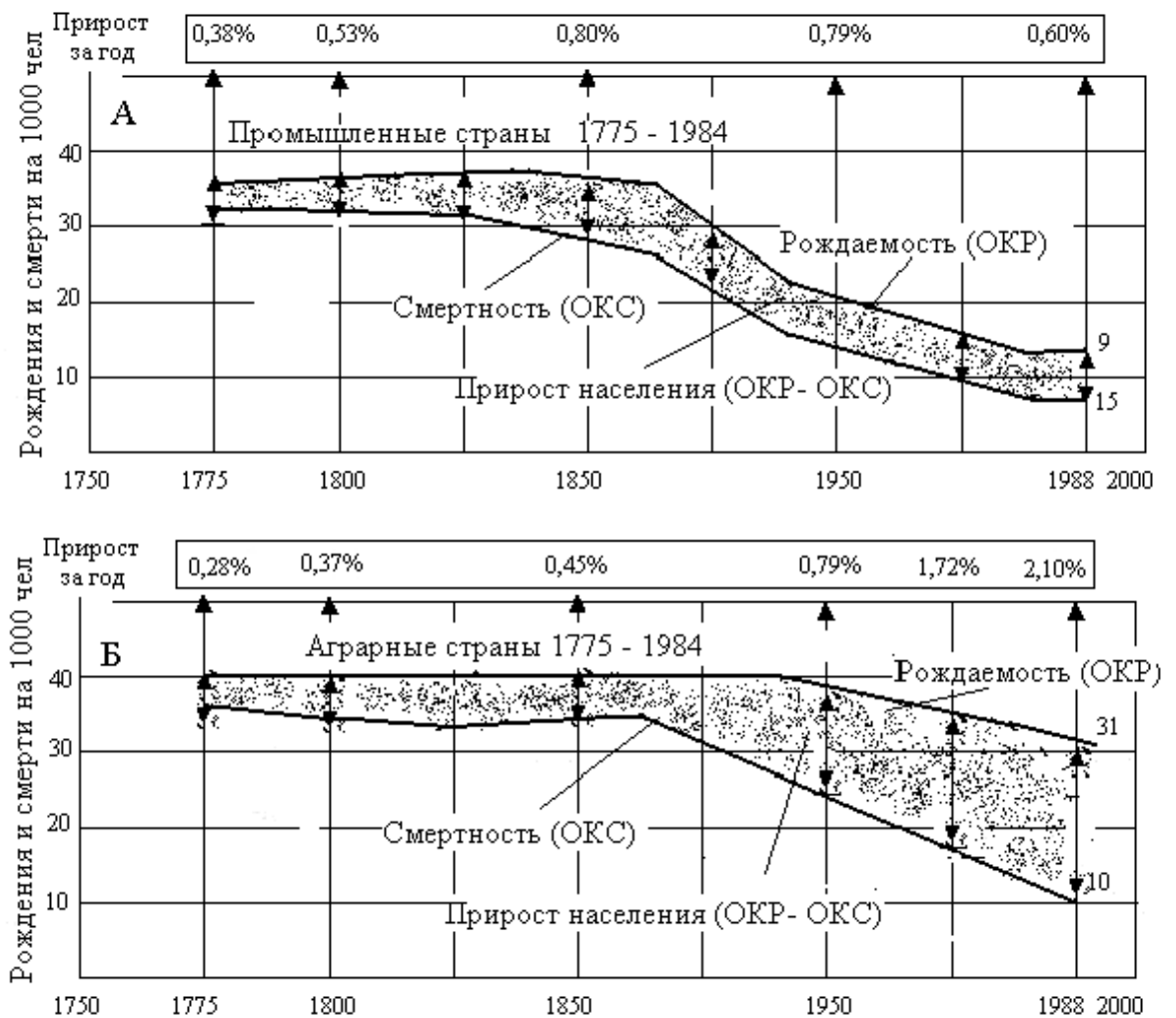


Рис. 63. Увеличение народонаселения мира происходило благодаря снижению смертности, а не росту рождаемости. Фактически она также несколько снизилась

Поэтому в поисках работы из деревень начинает переезд людей в город. По мере усвоения всё большим процентом населения городского образа жизни рождаемость уменьшилась параллельно со смертностью. В результате **демографического взрыва** в тех странах, которые сегодня относятся к **индустриальным**, никогда **не было** (рис. 63-А). Наконец, заселение Западного полушария особенно США и Канады, снимало демографическое давление Европы. Повышение темпов прироста населения хорошо заметно по увеличивающемуся разрыву между графиками рождаемости и смертности для непромышленных стран (рис. 63-Б) (данные опубликованы с разрешения Population Reference Bureau? Inc., Вашингтон).

Сегодняшние развивающиеся страны в 18 и 19 веках были колониями. Пока в Европе и Америке развивалась промышленность, в низ господствовал и поддерживался аграрный уклад, необходимый для производства выгодных для метрополии культур (кофе, сахара, чая, табака, хлопка, бананов и т.д.). Большинство этих колониальных стран добились независимости только в середине 20-го века. Следовательно, высокий уровень смертности и рождаемости сохранялся в большинстве из них до второй мировой войны. После неё были предприняты большие

усилия по улучшению здоровья людей во всём мире. Резко понизилась детская смертность за счёт вакцинирования и применения антибиотиков. Поэтому большинство стран Азии и Африки вступило одновременно в эру независимости и демографического взрыва, практически не начав индустриализации, которая приводит к уменьшению рождаемости.

В настоящее время проблема ещё более осложняется. Недостаток земель для благоустройства растущего населения приводит к истощению пастбищ, эрозии почвы и её выпахиванию, что сильно снижает её плодородие. Природные ресурсы, чаще всего применяются для получения топлива и скудных экспортных возможностей. Всё большее количество молодых людей устремляются в город из-за того, что не могут прокормиться на земле. Однако за счёт зачаточной индустриализации для них не хватает там, ни работы, ни жилья, ни чистой воды, ни канализации. Результат всего этого – быстрый рост в *третьем мире* городов *с миллионами безработных, полуголодных людей*, живущих в убогих лачугах или прямо на улицах.

8.2. Народонаселение, среда обитания и социальные факторы

Улучшение жизни людей. Обнищавший народ, отчаянно стремясь выжить, будет истощать окружающую среду, а истощённая среда в свою очередь сможет поддержать лишь нищенское существование людей. Чтобы разорвать этот порочный круг, необходимо стремиться к:

- улучшению жизни людей;
- снижению рождаемости;
- защите окружающей среды.

Увеличение производства продуктов питания, успехи и трудности. Первая и основная предпосылка улучшения жизни людей – обеспечение каждому полноценного питания. Без этого все остальные факторы снижают свою значимость. Около 200 лет назад (1978 год), когда людей на планете было менее одного миллиарда, английский экономист Томас Мальтус сделал вывод, что народонаселение увеличивается в геометрической прогрессии (см. рис. 63), тогда как объём сельскохозяйственного производства, зависящий от площади пахотных и пастбищных земель, ограничен. Он же предсказывал, что ожидает человечество за отсутствием контроля его численностью, т.е. катастрофический голод, так как прирост народонаселения опережает прирост сельскохозяйственной продукции. И многие присоединились к этой точке зрения.

Однако, несмотря на шести-семи кратное увеличение народонаселения, процент людей страдающих от недоедания или голода составляет 10–12 %, в настоящее время, вероятно не выше, чем 200 лет назад. Значит, расширение сельскохозяйственного производства не отстаёт от роста народонаселения и даже опережает его, особенно после второй мировой войны (см. рис. 64).

С 1955 по 1984 год производство зерна в мире (основного источника питания для человека и корма для скота) возросло примерно в 2,6 раза, опередив увеличение народонаселения на 40 %. В развитых странах, особенно в США, это привело

к образованию огромных излишков продовольствия, которые раздаются или продаются по низким ценам, нуждающимся нациям.

В настоящее время население мира увеличивается примерно на миллион человек каждые четыре дня (90 млн. в год) – быстрее, чем когда бы то ни было. Сможет ли, сельскохозяйственное производство расти, достаточно быстро, чтобы прокормить всех людей?

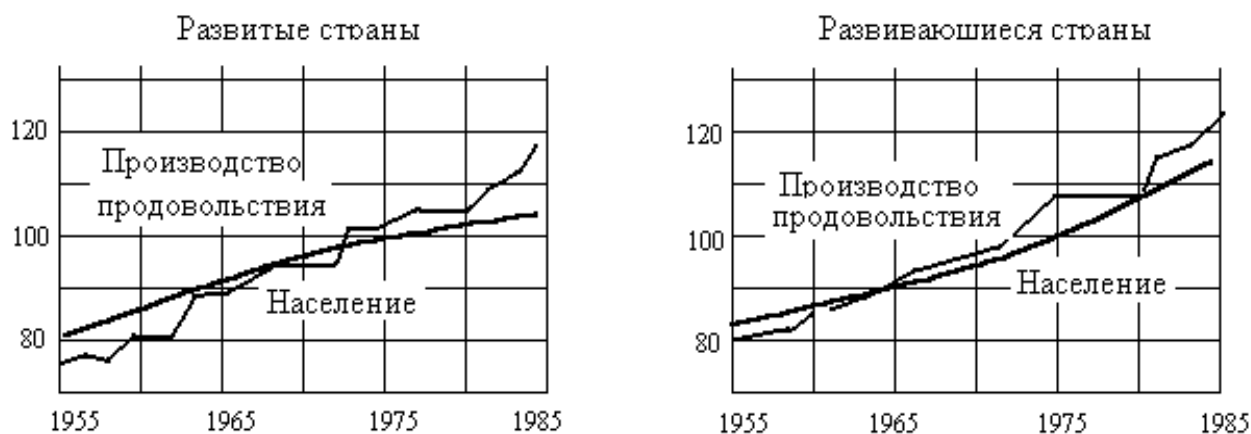


Рис. 64. Производство продуктов питания и динамика народонаселения в развитых и развивающихся странах (с разрешения данных службы экономических исследований Сельскохозяйственного департамента США)

Увеличение продовольственных ресурсов в последние 40 лет обусловлено главным образом следующим:

- 1) освоение новых пахотных земель (экстенсивный путь);
- 2) рост использования удобрений и пестицидов (интенсивный путь);
- 3) развитие орошения;
- 4) вывод новых урожайных сортов сельскохозяйственных культур.

По мнению многих сельскохозяйственных экспертов, дальнейшее увеличение продукции с помощью этих мер исчерпали себя (за исключением применения удобрений и развития орошения) и местами приводят к неустойчивой ситуации. Применение удобрений и орошение земель заметно повышает урожайность. Но эти возможности не беспредельны.

Орошение – ограничено из-за недостатка водных ресурсов. Происходит истощение запасов грунтовых вод, что затрудняет использование искусственных водоёмов. Кроме того, отрицательные факторы такие, как *засоление и заболачивание* поливных земельных наделов. Нередко такие уголья *стоят заброшенные*.

Удобрения – биогены, часто относятся к факторам, лимитирующим рост растений. Поэтому увеличение урожая за счёт применения удобрений (азотные, сульфатные, калийные и т.д.) происходит только до определённого предела (хотелось бы больше). *Производство удобрений нередко являются более дорогим, чем доход от реализации сельскохозяйственной продукции*. Надо учесть и то, что выращенная таким способом сельхозпродукция чувствительна к поражению насекомыми и плохо хранится.

Пестициды – вещества для борьбы с «вредителями». Резко повысили сохранение урожая на корню. Но использование отравляющих веществ становится неэффективно из-за воздействия этих же веществ на организм человека. (Термин «экологически чистая» сельскохозяйственная продукция в данном случае неуместен). Есть методы «естественного» контроля за вредителями сельскохозяйственной продукции, но они не эффективны для получения и сохранения урожая.

Высокоурожайные сорта. Использование новых высокоурожайных сортов растений привело к «Зелёной революции». На сегодняшний день такой метод остаётся наиболее эффективным и наряду с оптимальным использованием удобрений, пестицидов и орошения это остаётся самым эффективным. Но и тут генетики пока не могут предложить для широкого применения новых «суперурожайных» сортов».

Климат и другие факторы, влияющие на производства продовольствия. Учитывая нестабильность климатических условий, рассчитывать на увеличение сельскохозяйственной продукции не приходится. Например, в Африканских странах производство зерна на душу населения упало и составляет ниже, чем производство 1950 года (рис. 65-А). А в масштабе всей планеты производства зерна снизилось в 1,5 раза. Причём в 1087 и 1988 годах (последняя допустимая статистика) зарегистрировано абсолютное снижение мирового уровня.

Вылов рыбы в океанах существенно не увеличился с 1970 года, что говорит о существенных и здесь пределах (рис. 65-Б).

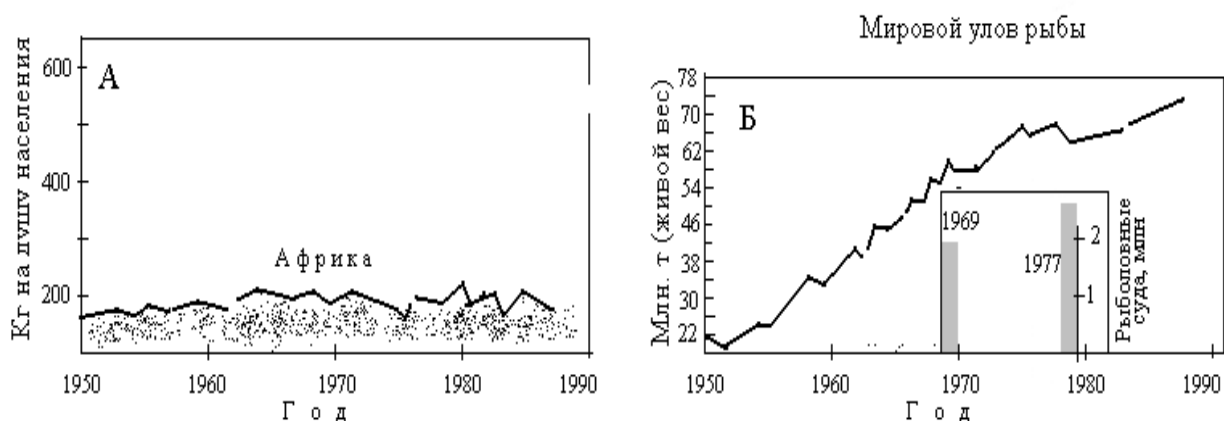


Рис. 65. А – в связи со стремительным ростом населения Африки среднесуточное производство зерна в 1950-е и 1960-е годы увеличилось незначительно.

И начиная с 1970 года наблюдается снижение его производства; Б – моря не относятся к неисчерпаемым источникам продуктов питания

В условиях прекращения роста или падения производства продуктов питания при одновременном увеличении народонаселения примерно на 90 млн. человек в год предостережения Мальтуса становятся вновь актуальными.

Голод: проблема способности покупать продукты питания. Обеспечение полноценного питания людей **требует не только определённого** среднедушевого производства продуктов питания. Проблемы голода и недоедания существует, даже несмотря на то что имеется перепроизводства продуктов питания. Голод вызван отсутствием денег, а не пустотой прилавков.

Франсес Мур Лапп в своей книге «Во-первых, пища отмечает, что в мировой системе сельского хозяйства есть множество слабых мест. Огромным количеством лучших сельскохозяйственных угодий принадлежат богатым землевладельцам (2-м % владельцам принадлежит 60 % угодий), которые выращивают на них «культуры» дающие большие прибыли (табак, кофе, тростниковый сахар, хлопок, бананы и т.п.). В то же время у 70 % деревенских семей земли мало или нет совсем. Это наследие колониализма 19 века.

Кроме того, существует такой фактор, как *«высокий трофический уровень»* нашего питания (большое количества зерна, которое могло бы быть использовано на питание идёт на корм скоту). *При «превращении» этого зерна в мясо* теряется его 90 %. Данные расчёта показывают, что если бы люди в развитых странах сократили или прекратили потребление мяса, заменив его зерновыми продуктами (что типично для стран Третьего мира), появился с избыток продовольствия, достаточный для питания 2–3 млрд. людей. Но проблема в том, что благодаря своей покупательной способности высокоразвитые страны фактически отнимают пищу у голодных. Ведь, само собой разумеется, что фермеры будут выращивать и продавать продукты питания, приносящие им наибольшую прибыль. Поскольку люди заплатят шесть долларов за фунт вырезки, которые производитель мяса сможет потратить на покупку зерна для скота, больше, чем голодный позволит себе израсходовать на пищу для самого себя. Поэтому естественно, пока богатые нации в состоянии покупать дорогостоящие непродовольственные культуры, а крупные землевладельцы распоряжаются их производством, земля вряд ли будет давать больше пищи.

Спады урожая зерна, если они возникнут в будущем, приведут к повышению цен на продовольствие и поставят ещё больше людей на грань голода. Пока эта проблема связана скорее с особенностью экономического распределения, чем неспособностью человека производить достаточное количество продуктов питания.

Продовольственная помощь и «Крайне печальная теорема». После второй мировой войны многочисленные гуманитарные усилия направлялись на повсеместное предотвращение голода. Например, США стали мировым лидером бесплатного распределения излишков продовольствия или продажи их по низким ценам. Благодаря этим мерам ряд вспышек голода был ликвидирован. Благородство таких действий бесспорно. Но «щедрая раздача еды» развитыми странами нередко шло во вред помогающим странам. Или другой вариант этого действия: «Справедливы ли такие действия, т. к. в этом случае *сильные страны* подрывают своими действиями развитие сельскохозяйственной продукции развивающимися странами. Этот фактор, порой, влияет сильнее, чем любой другой фактор. Дело в том, что продукция местных фермеров, как правило, должна конкурировать со стоящими «гроши» импортными товарами. Когда производителя, в этом случае, не будут получать прибыль, они прекратят производства сельскохозяйственного товара и, в конце концов, пополнят армию неимущих. Кроме того, люди, реализующие свою продукцию у фермеров, также прекращают своё производство, цепочка появления неимущих продолжается. Между тем, население продолжает расти и беднеть. Следовательно, бесплатная еда, несмотря на все благие намерения, часто

усугубляет проблемы нищеты и голода, хотя направлена на их разрешение. Этот гуманитарно-экономический приём, кстати, также направлен на обнищание стран. Т.к. правительство развивающихся стран таким образом сами загнали себя в ловушку «Крайне печальной теоремы» проводя неадекватную внутреннюю политику. Эта проблема особенно очевидна в недавно провозгласивших независимость государствах Африки, лидеры которых устанавливают предельные цены на продукты питания, пытаются завоевать и сохранить поддержку со стороны городского населения. Такая политика делает производство продуктов питания нерентабельным и разоряет фермеров. В результате нехватка продуктов питания всё время увеличивается, а это, в свою очередь способствует миграции сельского населения в город. Кроме того, брошенные земли усугубляют проблему окружающей среды и неизбежным её ухудшением и деградацией природы. Это и есть основной фактор, ведущий к потере сельскохозяйственных угодий.

Экономическое развитие. Признано, что содействие экономическому развитию остальных стран выгодно всем.

- Во-первых, улучшение жизни бедноты – гуманная цель, приносящая моральное удовлетворение.

- Во-вторых, экономическое развитие – фактор снижения рождаемости, **так как индустриализация и урбанизация** вынуждают людей уменьшать количество детей в семье.

- И, наконец, улучшение благосостояния в развивающихся странах расширяет рынок сбыта, следовательно, способствует дальнейшему развитию и процветанию народов развитых стран.

В этом случае на первый план выходят два типа программ развития: крупномасштабные централизованные и децентрализованные проекты.

Крупномасштабные централизованные проекты. Примерами таких программ-проектов служит строительство плотин и искусственных водоёмов с гидроэлектростанциями, строительство атомных электростанций, современных промышленных предприятий, больниц и дорог. У этих проектов следующие преимущества:

- ими сравнительно нетрудно управлять;
- достигаются вполне ощутимые конечные результаты, вызывающие гордость как у заказчиков, так и у спонсоров.

Эти проекты могут вполне увеличить валовой национальный продукт (ВНП) развивающихся стран, так что внешне их благосостояние растёт.

Но, к сожалению, такое впечатление нередко оказывается обманчивым:

- новая скоростная автострада, например, создаёт очевидные удобства для владельцев автомобилей, но очевидную опасность для пешеходов; бедняк не может позволить себе приобретение автомобиля;

- бедняк не может лечиться в дорогостоящей больнице и поликлинике или пользоваться дорогой электроэнергией новой ГЭС;

- новые промышленные предприятия оставляют без заказов, а значит и без работы множество мелких мастерских;

- в тоже время механизация обычно не увеличивает производства продуктов питания в развивающихся странах. Наивысшая урожайность достигается на мелких участках, где тщательная обработка земли и сбор урожая производится в ручную. Механизация подрывает разнообразие и равномерность снабжения пищевыми продуктами. Когда множество независимых крестьян обрабатывают маленькие наделы, где выращиваемые культуры, сроки сева и уборки урожая у каждого из них свои, особенно в тех районах, где сезонные ограничения весьма условные. Когда же хозяйство механизировано, выращивать разные сорта невыгодно, когда убирать весь урожай необходимо одновременно. Но главное, слишком многие централизованные проекты дестабилизируют сельское хозяйство. Например, оросительные системы, позволяющие кратковременно повысить урожайность, затем приводят к забрасыванию земель, из-за их заболачивания, эрозии, засоления, или истощения водных ресурсов. (Такие проекты, кроме того, дорогие, см. пример управления водными объектами).

Децентрализованные проекты – адекватная технология. В начале 1960 г. проблемы присущие крупным централизованным проектам, стали очевидны. Было признано, что, действительно облегчить жизнь *«третьего мира»* можно лишь с помощью проектов такого масштаба, которые принесут непосредственную и устойчивую выгоду бедным слоям общества. Это так называемые *«адекватные технологии»*.

1. Непосредственное удовлетворение экономических и социальных нужд заказчика без нарушения существующей социальной структуры.

2. Умеренная требовательность к уровню обучения и мастерства. Использование методов, где один работник мог бы обучить другого. Возможность для многих людей использовать собственные способности, ум и таланты.

3. Использование обильных и дешёвых местных ресурсов.

4. Отсутствие потребности в дорогостоящих, централизованно управляемых строительных площадках. Опора на существующий жилой фонд, фермы и местные магазины.

Вот несколько примеров такой технологии. Адекватная технология и сельское хозяйство.

1. Использование мульчированных отходов для сохранения влаги и на полях, защиты почвы от эрозии и улучшение её структуры.

2. Внедрение поликультур – выращивание нескольких культур одновременно на одном участке таким образом, чтобы сбор урожая одной из них и посев другой шли одновременно, не оставляя почву обнажённой.

3. Анаэробные перегниватели для переработки сельскохозяйственных отходов и производства метана (такие методы широко используются в Китае).

4. Использование отходов для рыбоводства (также широко применяется в Китае).

5. Разведение садов и огородов и т.п.

Проблемы адекватных технологий. Главная из них – то, что населению развивающихся стран кажется, что им закрыта дорога в индустриальный мир. По-

этому необходима разумное сочетание централизованных и адекватных технологий – такие как постройка электростанций и создание сетей энергопотребления для нужд поливных и удобряемых площадей с разведением промысловых видов рыб. Поэтому ясно, что прежде всего следует обращать внимание на окружающую среду, знание закономерностей почвенных и водных объектов на перспективу устойчивого развития.

Снижение рождаемости. Все экономические успехи проектов и их эффективность может свести на нет рост народонаселения, поскольку доход приходится делить между большим числом людей. Но экономическое развитие само по себе не ведёт к падению рождаемости, когда она настолько высока что в сущности исключает рост благосостояния. Необходимы конкретные усилия, направленные на её снижение. Многочисленные исследования и опыт последних десятилетий показывают, что рождаемость можно существенно снизить с помощью адекватных мер *в области планирования семьи, здравоохранения и образования* вне зависимости от экономической ситуации. Кроме того, за последние годы значительно изменились и социальные предпосылки – терпимость правительств развивающихся стран к планированию семьи.

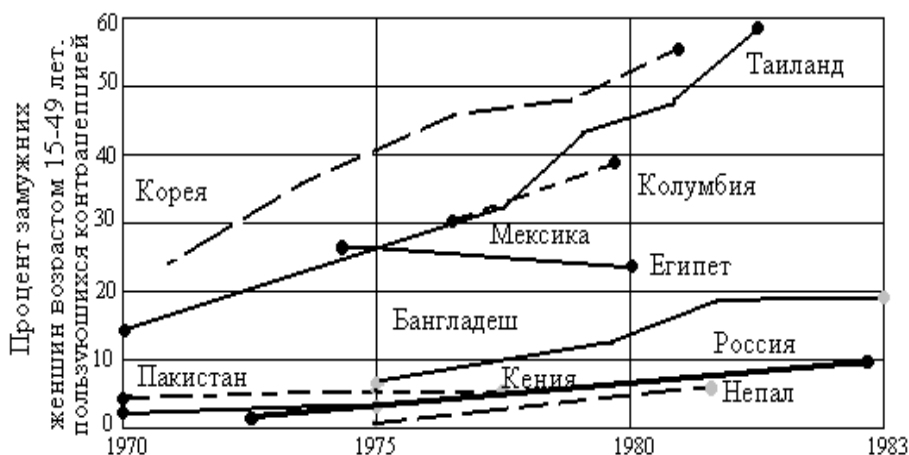


Рис. 66. Закономерности использования контрацептивов в некоторых странах 1970–1983 гг. Данные показывают, что в целом их использование возрастают, но в большинстве развивающихся стран его уровень остаётся низким. Следовательно, существуют перспективы снижения рождаемости с применением программ снижения рождаемости и планирования семьи (данные литературных источников)

Лидеры слаборазвитых стран поддерживают снижение рождаемости. Более ста стран, на долю которых приходится 95 % населения планеты, сейчас осуществляют программу планирования семьи. В 1987 году «Положение по стабилизации численности населения» было подписано 45 руководителями развивающихся государств и представлено конгрессу США. В нём, в частности, говорится: *«Глобальная деградация окружающей среды, неравенство доходов и конфликтная ситуация обусловлены в наше время чрезмерным потреблением и перенаселением. Если такая закономерность сохранится, то следующие поколения будут лишены полноценной пищи, медицинского обслуживания, жилья, природ-*

ных богатств и надежды на хорошую работу и собственного материального обеспечения... Мы убеждены, что настало время необходимости прекращения в ближайшем будущем роста населения планеты и осуществлять в каждой стране необходимую политику и программы, способствующие достижения этой цели. Мы обращаемся к развитым странам и организациям с просьбой о более активной поддержке демографических программ в тех странах Третьего мира, которые нуждаются в этой помощи. Такие программы на 75 % финансируются самими странами.

Люди слаборазвитых стран хотят иметь меньше детей. В наследство от аграрного прошлого у людей в странах Третьего мира сохранилось желание иметь много детей, но сталкиваясь с бедностью и отсутствием перспектив они пришли к выводу, что лучше иметь их меньше, чем уже родилось. Они оценили, что двое – трое здоровых детей скорее им обеспечат «спокойную старость» (хотя вряд ли, но это их мнение). Это, пожалуй, основной вывод большого исследования, произведённого в 61 слаборазвитой стране за последние десятилетия. Следует отметить и то, что 50 % опрошенных женщин не **хотят заводить больше детей, а ещё 25 % предпочитают отсрочить свою следующую беременность по крайней мере на два года.** Однако 60 % этих «поумневших» респонденток вообще не знают о существовании служб планирования семьи, а остальные 40 % респонденток часто получали от этой службы помощь (рис. 6б).

Жители развитых стран обычно «автоматически» получают основные знания о планировании семьи. Потому как огромная масса молодых людей в *развивающихся странах* просто не образована и лишена даже начальных навыков чтения и письма (необучена грамоте). Эти люди не имеют даже общего представления о процессах размножения и тем более о процессах контроля рождаемости. И поэтому крайне важно обеспечить их нужной информацией о данной программе планирования рождаемости до того момента как они станут половозрелыми.

Эффективность систем планирования семьи, здравоохранения и образования. В настоящее время деятельность служб планирования семьи идёт по следующим направлениям.

- Консультации семейных пар и одиноких клиентов по вопросам биологии размножения, по отрицательным и положительным особенностям методов контрацепции.
- Предоставление на выбор противозачаточных средств.
- Консультации по вопросам здоровья матери и ребёнка в до- и послеродовой периоды. Упор на полноценное питание и на санитарно гигиенические меры.
- Ознакомление с преимуществами программ планирования семьи.

Здравоохранение составляет часть программ планирования. В промышленных странах максимальная охрана здоровья матери и ребёнка считается аксиомой. Более эффективные методы в борьбе с заболеваниями как молодых людей, так и людей старшего возраста. Слабое здоровье и смертность обычно среди матерей и детей часто связано с инфекциями (несоблюдение гигиенических правил) и плохим питанием.

К такому же результату приводит и наличие образования. Когда культурный уровень родителей быстро растёт, они видят, что образованному и знающему человеку легче добиться успехов в жизни. Посещение детьми учебных заведений требует соответствующей одежды, школьных принадлежностей и многого другого. А бедные родители оказываются перед проблемой распределения своих ограниченных средств. Они убеждаются, что стремление дать детям образование идёт в разрез с мечтой о большом их количестве. Об университетах здесь речь не идёт.

Неграмотных людей в некоторых развивающихся странах достигает до 80 % от общего числа населения. И простое обучение людей читать и писать, особенно женщин, крайне необходимо, чтобы они могли следовать письменным рекомендациям программы планирования семьи. Т.к. одна из самых серьёзных трудностей при пропаганде выполнения программы, является низкий уровень образования и грамотности. Доступность образования для людей открывает перед ними новые возможности в реализации своих социально-экономических задач, а не только вынашивать детей (рис. 67).

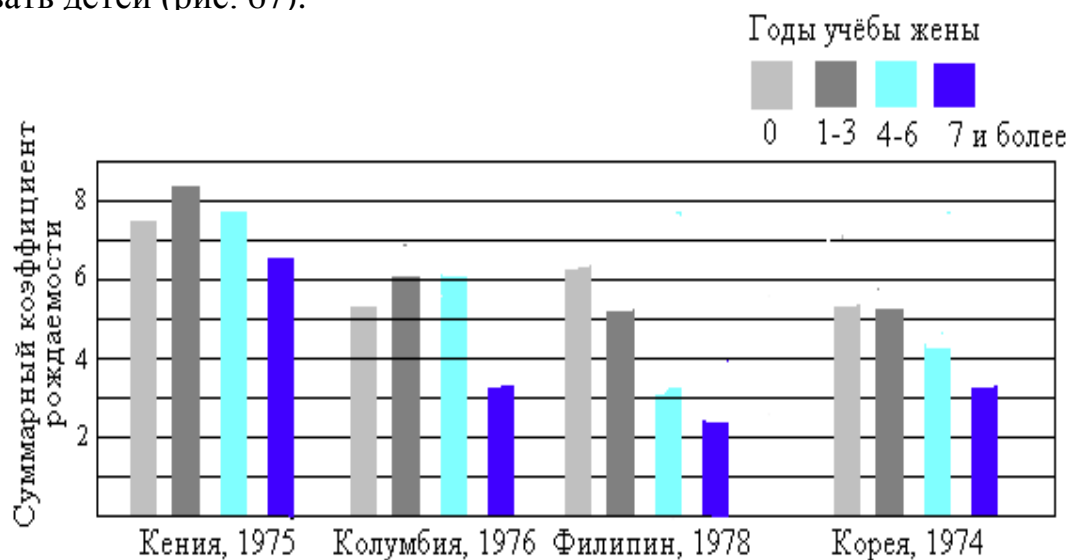


Рис. 67. Зависимость суммарного коэффициента рождаемости (СКР) от числа лет обучения населения в школе для некоторых развивающихся стран. Всего несколько лет образовательного уровня, для того чтобы рождаемость снизилась. (Данные опубликованы по данным и с разрешения Оксвольского университета). Хороший пример – Таиланд, азиатская страна с населением 55 млн. человек. Суммарный коэффициент рождаемости (СКР) снизился с 7, в 1960 году, до 2.4 в настоящее время.

Итак, опыт показывает, что развитие службы планирования семьи, забота о здоровье матери и ребёнка, а также успехи народного образования приводят к значительному снижению рождаемости при небольших экономических затратах.

9. ПРИМЕР ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН МИРА

Постановка задачи. По статистическим демографическим данным отдельных высокоразвитых регионов мира, полученных за период с 1800 по 2000 год опре-

делить состояние изменения показателей характеризующих народонаселение и социально-экономическое его развитие для такой высокоразвитой страны как Англия за период с 1988 до 2010–2015 годов. Статистические данные сведены в матрицу (табл. 35) для получения регрессионных моделей. Используя данные табл. 34 проанализируйте, как поменяются показатели народонаселения при увеличении уровня образования людей с 8.6 до 15 лет при условии, что валовой национальный продукт (ВНП) на душу населения к 2010–2015 годам будет не меньше ВНП 1988 года, т.е. он будет только расти.

Таблица 34

| Наименование показателя и един. измер. | Обозначение | Исследуемые факторы | Интервал варьирования | | | | |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|------|------|---------|
| | | | -1,215* | -1 | 0 | +1 | +1,215* |
| Образование населения (количество лет обучения) | Обр, лет | ОКС (общий коэффициент смертности – число смертей на 1000 населения); ОКР (общий коэффициент рождаемости – число рождений на 1000 населения); СКР (суммарный коэффициент рождаемости) | 2.6 | 4 | 10.5 | 17 | 18.4 |
| ВНП,(валовой национальный продукт),\$/чел | ВНП, \$/чел | | 101 | 120 | 210 | 300 | 319 |
| Временной период, лет | Вр, лет | | 1773,1 | 1800 | 1925 | 2050 | 2076,8 |

Примечание. * $\pm 1,215$ – величина плеча при трёхфакторном эксперименте.

Используя матрицу (см. табл. 26) необходимо обработать на ЭВМ статистические демографические данные по программе Planmm.exe. Результаты обработки данных представить в виде таблиц и номограмм. Сделать соответствующий вывод.

Данные обработки экспериментальных данных показывают, что к 2012 году при 8.5 летнем образовании показатели народонаселения будут следующие (см. номограммы):

- валовой национальный продукт – ВНП вырастит с 8920 до 9935 \$/чел;
- общий коэффициент смертности – ОКС изменится с 11,06 до 10,71;
- общий коэффициент рождаемости – ОКР изменится с 45 до 39;
- суммарный коэффициент рождаемости – СКР изменится с 2,45 до 2,34.

При увеличении образовательного уровня до 15 лет показатели народонаселения будут следующие (см. номограммы):

- валовой национальный продукт – ВНП вырастит с 8957 до 9977 \$/чел;
- общий коэффициент смертности – ОКС изменится с 9,05 до 8,73;
- общий коэффициент рождаемости – ОКР изменится с 15,16 до 14,78;
- суммарный коэффициент рождаемости – СКР изменится с 2,14 до 2,08.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| 3 | | | | | | | | | | | |
| Образ, лет | | | | | | | | | | | |
| ВВП, \$/чел | | | | | | | | | | | |
| Период, лет | | | | | | | | | | | |
| 4 17 | | | | | | | | | | | |
| 120 300 | | | | | | | | | | | |
| 1800 2050 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| ОКС | | | | | | | | | | | |
| ОКР | | | | | | | | | | | |
| СКР | | | | | | | | | | | |
| 3 3 3 | | | | | | | | | | | |
| 01 01 01 | 5.0 | 4.0 | 6.0 | 13.0 | 15.0 | 13.0 | 1.15 | 1.68 | 1.00 | | |
| -1 01 01 | 9.0 | 6.0 | 10.0 | 15.0 | 12.0 | 14.0 | 2.05 | 2.95 | 1.90 | | |
| 01 -1 01 | 9.0 | 11.0 | 10.0 | 15.0 | 16.0 | 13.0 | 2.25 | 2.46 | 2.77 | | |
| -1 -1 01 | 12.0 | 13.8 | 11.5 | 16.0 | 18.0 | 14.6 | 2.71 | 2.95 | 2.75 | | |
| 01 01 -1 | 7.3 | 6.6 | 7.9 | 14.5 | 13.5 | 16.6 | 2.05 | 1.05 | 2.85 | | |
| -1 01 -1 | 11.5 | 12.0 | 11.0 | 17.4 | 18.5 | 16.9 | 2.30 | 2.10 | 2.86 | | |
| 01 -1 -1 | 9.2 | 11.5 | 9.0 | 19.5 | 18.8 | 19.8 | 1.87 | 2.66 | 3.57 | | |
| -1 -1 -1 | 13.7 | 13.3 | 11.7 | 21.8 | 21.9 | 24.5 | 3.93 | 2.95 | 2.25 | | |
| 01 00 00 | 4.9 | 3.8 | 6.5 | 15.5 | 15.3 | 14.6 | 1.50 | 2.00 | 1.98 | | |
| -1 00 00 | 8.5 | 7.5 | 9.3 | 17.4 | 16.5 | 14.9 | 2.30 | 3.28 | 2.97 | | |
| 00 01 00 | 8.8 | 6.6 | 9.7 | 14.8 | 15.7 | 13.7 | 2.13 | 3.12 | 1.10 | | |
| 00 -1 00 | 9.5 | 11.8 | 7.7 | 16.5 | 15.3 | 19.1 | 3.37 | 2.05 | 1.02 | | |
| 00 00 01 | 7.5 | 8.4 | 6.6 | 13.6 | 16.2 | 14.0 | 1.00 | 1.75 | 2.25 | | |
| 00 00 -1 | 12.2 | 10.4 | 11.8 | 15.7 | 13.4 | 16.7 | 4.15 | 2.10 | 2.95 | | |
| 00 00 00 | 11.8 | 13.4 | 11.0 | 13.6 | 12.4 | 12.9 | 3.00 | 2.04 | 1.71 | | |

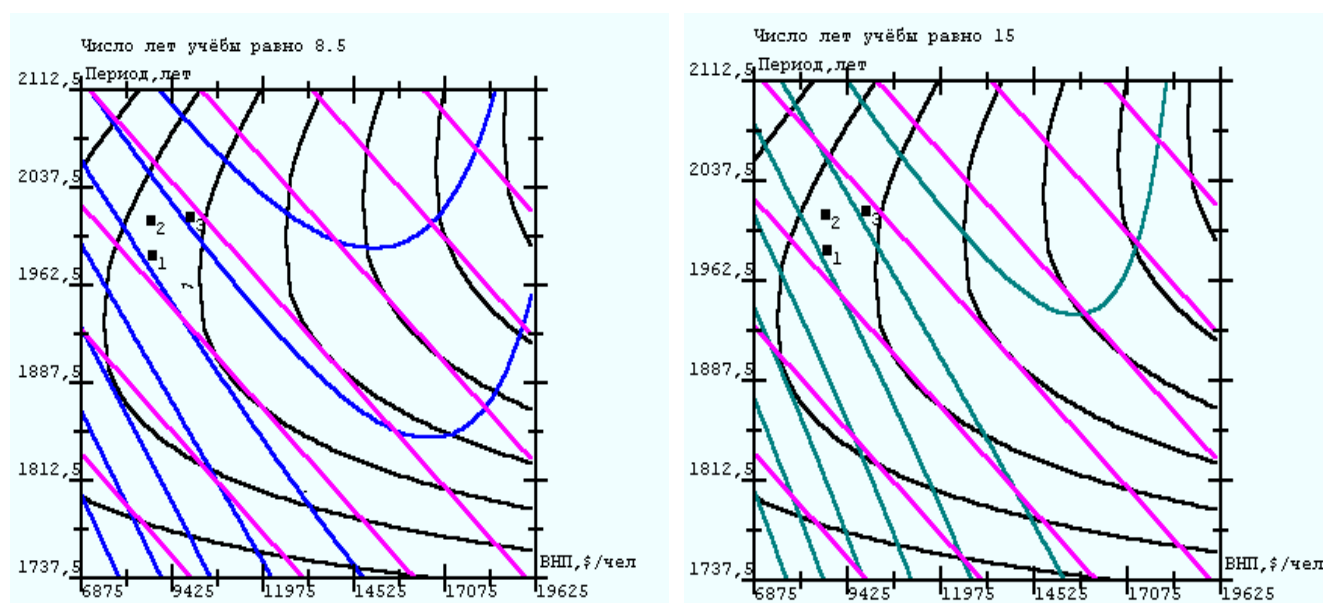


Рис. 68. Графическая интерпретация модели для образовательного уровня 8,5 –15 лет

Линии изоуровней, представленные на номограммах, при фиксированных значениях переменных (в данном случае это количество лет обучения, которые равны 8,5 и 15 лет) характеризуют изменения двух других факторов (ВНП и временной период).

Данный анализ показывает, что показатели народонаселения к 2010–2015 годам изменятся в лучшую сторону. Т.е. произойдёт увеличение валового национального продукта с уменьшением СКР близкому к простому воспроизводству населения при условии повышения его образовательного уровня для реализации своих социально-экономических потребностей. Эти показатели характерны для таких стран как Англия, Франция, Южная Корея, Австралия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стадницкий, Г.В. Экология / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – СПб.: Химия, 1996. – 200 с.
2. Бродский, А.К. Краткий курс общей экологии / А.К. Бродский. – СПб.: Изд-во «Ден+Аида», 1996. – 164 с.
3. Небел, Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир: в 2 т. / Б. Небел. – М.: Мир, 1993.
4. Даванков, А.Ю. Социально-экономическая оценка природно-технологических комплексов / А.Ю. Даванков. – Екатеринбург, 1998. – 227 с.
5. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг; пер. с нем. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1983. – 517 с.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Официальное издание. Утв. Госстроем России, Минэкономки РФ, Министерством РФ, Госкомпромом России, 1994.
7. Киселёва, Л.М. Безопасность жизнедеятельности: конспект лекций / Л.М. Киселева, С.Г. Сериков. Ч. 1. – Челябинск: ЧГТУ, 1994.