

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2019 08:39:47

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabb73e45d7448311da56a009

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



### ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Методические указания к проведению практических занятий по дисциплинам «Общая экология», «Экология», «Информационная экология», «Экология Курского края», «Урбоэкология», «Процессы и аппараты защиты окружающей среды», «Системы защиты среды обитания» для студентов всех специальностей и направлений всех форм обучения

УДК 66.074.2/3

Составители: О.И. Белякова, В.М. Попов, В.В. Юшин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

**Загрязнение атмосферного воздуха автомобильным транспортом:** методические указания к проведению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. О.И. Белякова, В.М. Попов, В.В. Юшин – Курск, 2019. – 17 с. Библиогр.: с. 17.

Излагаются методические рекомендации для расчета загрязнения атмосферы выбросами токсичных компонентов с отработавшими газами двигателями автотранспорта.

Предназначаются для студентов всех специальностей и направлений очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 22.02.19 Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 0,8. Уч. - изд. л. 0,7. Тираж 30 экз. Заказ 109. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель занятия:** изучить теоретические положения загрязнения атмосферы автотранспортными средствами, влияние на окружающую среду и здоровье человека выбросов автомобильным транспортом токсичных веществ, освоить методику расчета выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами двигателями автотранспорта.

### Общие положения

В настоящее время основной причиной загрязнения воздуха в городах являются транспортные выбросы, которые постоянно оказывают влияние на здоровье человека. Выхлопные газы, выбрасываемые в атмосферу автомобильным транспортом, которые также называют отработавшими газами (ОГ), являются продуктами работы двигателей внутреннего сгорания в результате переработки топлива. Количество их в атмосфере городов только растет, учитывая стремительный рост автотранспорта.

Все автомобили выбрасывают в воздух канцерогены и токсичные вещества. Двигатели внутреннего сгорания применяемые в автомобильном транспорте разделяются на двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием. Они образуют две группы. Первую составляют карбюраторные двигатели, вторую - дизельные.

Состав выхлопных газов автомобиля меняется в зависимости от типа двигателя (бензиновый или дизельный), однако основной набор остается постоянным.

Примерное содержание токсичных веществ в отработавших газах (ОГ) автомобилей приведено в таблице 1.

Таблица 1

#### Содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания

Компонент	Объемная доля в бензиновом двигателе, %	Объемная доля в дизельном двигателе, %	Токсичность
Азот	74–77	76–78	нетоксичен
Кислород	0,3–8	2–18	нетоксичен
Водяной пар	3–5,5	0,5–4	нетоксичен
Диоксид углерода	5–12	1–10	нетоксичен
Оксид углерода	0,1–10	0,01–5	токсичен

Углеводороды	0,2–3	0,009–0,5	токсичны
Альдегиды	0–2	0,001–0,009	токсичны
Бензапирен, г/м <sup>3</sup>	0,01–0,02	0–0,01	токсичен
Диоксид азота	0,05 – 0,5	0,1 – 1,0	токсичен
Диоксид серы	0–0,002	0–0,03	токсичен
Сажа, г/м <sup>3</sup>	0–0,04	0,1–1,1	токсична

Как видно, состав выхлопных газов достаточно разнообразен, и большая часть компонентов токсична.

Выхлопные газы автомобиля могут нанести вред здоровью, и достаточно серьезный. Прежде всего, оксид углерода или угарный газ не имеет вкуса и запаха, но при высокой концентрации вызывает головокружение, головную боль, тошноту, может приводить к обморокам.

Сернистый бензин и создаваемый им оксид серы – одна из причин сильного запаха выхлопных газов. Дело в том, что молекулы диоксида серы очень ощутимо воздействуют на обонятельные рецепторы, поэтому этот запах чувствуется даже при невысокой концентрации, а более концентрированный “аромат” перекрывает все остальные запахи для носа человека, что может подтвердить каждый, кто зажигал в доме спички. Этилированные бензины обогащают воздух свинцом. Количество таких выхлопных газов и вред здоровью, который они наносят, сделало свинец одним из самых известных отравляющих компонентов в атмосфере. В настоящее время такой бензин в качестве топлива для автомобилей уже не используется, но довольно долго его пары наполняли все крупные города. Углеводороды в выбросах автомобилей окисляются при попадании под действие солнечных лучей и образуют токсичные соединения с резким запахом, которые особенно сильно сказываются на работе верхних дыхательных путей и приводят к обострениям хронических заболеваний дыхательной системы.

Вред от выхлопных газов автомобиля во многом объясняют канцерогены – сажа и бензапирен, которые способствуют развитию опухолей, особенно — злокачественных.

Рассматривая выхлопные газы и вред, который они приносят, нужно добавить и про влияние этого химического коктейля целиком: длительный контакт с выхлопными газами приводит к смерти, в частности — от отравления конкретно угарным газом. Наибольшая опасность этих выбросов состоит в их количестве, распростра-

ненности и мелком размере частиц, что позволяет выхлопам проходить через естественные барьеры организма и попадать в легкие. При постоянном воздействии выхлопных газов на организм может развиваться иммунодефицит, бронхиты, страдают сосуды головного мозга, нервная система и другие органы. Кроме того, большая часть токсичных веществ, входящих в состав выхлопных газов, может взаимодействовать друг с другом и с другими компонентами атмосферы, что способствует образованию смога.

Вредные и токсичные вещества, содержащиеся в ОГ двигателей, в зависимости от механизма их образования можно разделить на три группы.

а) углеродсодержащие вещества — продукты полного и неполного сгорания топлив: ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , углеводороды, в том числе полициклические ароматические, сажа);

б) вещества, механизм образования которых непосредственно не связан с процессом сгорания топлива (оксиды азота — по термическому механизму);

в) вещества, выброс которых связан с примесями, содержащимися в топливе (соединения серы, свинца, других тяжелых металлов), воздухе (кварцевая пыль, аэрозоли), а также образующимися в процессе износа деталей (оксиды металлов).

Рассмотрим подробнее механизмы образования наиболее опасных для окружающей среды веществ.

*Моноксид углерода  $\text{CO}$*  — образуется в ходе предпламенных реакций, при сгорании углеводородного топлива с некоторым недостатком воздуха, а также при диссоциации  $\text{CO}_2$  (при температурах более 2000 К).

В дизелях, работающих при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha > 1$  (бедная смесь), вероятность образования  $\text{CO}$  меньше, но в цилиндрах находятся дополнительные источники его появления (низкотемпературные участки пламени стадии воспламенения топлива; капли топлива, поступающие в камеру на поздних стадиях впрыска и сгорающие в диффузионном пламени при недостатке кислорода).

*Диоксид углерода  $\text{CO}_2$*  является не токсичным, но вредным веществом в связи с фиксируемым повышением его концентрации в атмосфере планеты и его влиянием на изменение климата.

$\text{CO}$  (угарный газ) оказывает вредное воздействие на организм человека. При вдыхании оксид углерода блокирует поступление

кислорода в кровь и вследствие этого вызывает головные боли, тошноту, а в более высоких концентрациях - даже смерть. ПДК СО при кратковременном контакте составляет  $30 \text{ мг/м}^3$ , при длительном контакте -  $10 \text{ мг/м}^3$ . Если концентрация оксида углерода во вдыхаемом воздухе превысит  $14 \text{ мг/м}^3$ , то возрастает смертность от инфаркта миокарда.

Основная доля образовавшихся в камере сгорания СО окисляется до  $\text{CO}_2$ , не выходя за пределы камеры, ибо замеренная объемная доля диоксида углерода в ОГ составляет 10—15%, т. е. в 300—450 раз больше, чем в атмосферном воздухе. Окисление СО в  $\text{CO}_2$  происходит в выпускной трубе, а также в нейтрализаторах ОГ.

*Оксиды азота  $\text{NO}_x$*  представляют набор следующих соединений:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Преобладает  $\text{NO}$  (99% в бензиновых двигателях и более 90% в дизелях). В атмосфере при нормальных условиях  $\text{NO}$  окисляется до  $\text{NO}_2$ . В камере сгорания  $\text{NO}$  может образовываться:

- при высокотемпературном окислении азота воздуха (термический  $\text{NO}$ );
- в результате низкотемпературного окисления азотсодержащих соединений топлива (топливный  $\text{NO}$ );
- из-за столкновения углеводородных радикалов с молекулами азота в зоне реакций горения при наличии пульсаций температуры (быстрый  $\text{NO}$ ).

В камерах сгорания доминирует термический  $\text{NO}$ , образующийся из молекулярного азота во время горения бедной топливо-воздушной смеси и смеси, близкой к стехиометрической.

*Углеводороды  $\text{C}_x\text{H}_y$*  — несколько десятков наименований веществ, образующихся в результате:

- реакций цепочно-теплового взрыва — пиролиза и синтеза (полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), альдегиды, фенолы);
- неполноты сгорания в результате нарушения процесса горения (несгоревшие компоненты топлива и масла).

Наиболее токсичны из углеводородов ПАУ. Максимальный уровень токсичности (агрессивность + концентрация) имеет бенз(а)пирен  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ .

*Твердые частицы* включают твердый углерод, оксиды металлов, диоксид кремния, сульфаты, нитраты, асфальты, соединения свинца.

Твердый углерод (сажа) является основным компонентом твердых частиц. При содержании 130 мг сажи в 1 м<sup>3</sup> отработавших газов они становятся видимыми, при содержании 600 мг в 1 м<sup>3</sup> - принимают цвет средней черноты. Большинство частиц сажи, отфильтрованных из черного дыма (87-98%), имеют размеры в 0,04—0,50 мкм. В свою очередь они состоят из более мелких частиц размером 0,015—0,170 мкм.

Механизм образования сажи недостаточно изучен и связан с большим количеством химических реакций. В общем случае он представляет собой последовательность процессов разложения углеродных топлив, образования активных углеродных частиц в пламени, роста ядер сажи, агломерации частиц и, наконец, окисления сажи.

Выделение сажи из пламени происходит при  $\alpha = 0,33 - 0,7$ . В отрегулированных двигателях с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием (бензиновых, газовых) вероятность появления таких зон незначительна. У дизелей локальные переобогащенные топливом зоны образуются чаще и в полной мере реализуются перечисленные процессы сажеобразования. Поэтому выбросы сажи с ОГ у дизелей больше, чем у двигателей с искровым зажиганием. Образование сажи зависит от свойств топлива: чем больше отношение С/Н в топливе, тем выход сажи выше.

Важный процесс, определяющий уровень эмиссии сажи при горении, — ее выгорание в высокотемпературном турбулентном газовом потоке при температуре 850—920 К. В процессе выгорания являются значимыми диффузия и сорбция на поверхности конгломератов сажи твердых иглообразных образований ПАУ, что относит ее к классу опасных загрязнителей.

*Жидкие частицы.* Содержат в основном топливо и часть смазочного масла, не сгоревшие в цилиндре, а также продукты неполного сгорания (фенолы, альдегиды).

Наличие твердых и жидких частичек в отработавших газах дизельных двигателей является причиной непрозрачности этих газов (дымности).

*Сера*, содержащаяся в моторном топливе, во время горения интенсивно окисляется в  $\text{SO}_2$ .

Серный ангидрид образуется при окислении сернистого ангидрида. Конечным продуктом реакции является аэрозоль или раствор серной кислоты в дождевой воде, который подкисляет почву, обостряет заболевания дыхательных путей. Растения около таких предприятий обычно бывают густо усеяны мелкими некротическими пятнами, образовавшихся в местах оседания капель серной кислоты. Кислотные дожди вызывают тяжелые последствия. Уже при pH менее 5,5 пресноводные рыбы чувствуют себя угнетенно, медленнее растут и размножаются, а при pH ниже 4,5 вообще не размножаются. Дальнейшее уменьшение pH приводит к гибели рыб, затем земноводных, а в конце концов -- насекомых и растений: организмы не приспособлены к жизни в кислотах. К счастью, всеобщая гибель предотвращается почвой, которая не только фильтрует через себя дождевую воду, но и химически очищает ее, обменивая катионы  $\text{H}^+$  на катионы натрия и калия. Кислотные дожди воздействуют и на почву, вызывая закисление ее, поскольку ионообменная способность почвы не беспредельна. Закисление отрицательно влияет на структуру, агрегатное состояние почвы, угнетает почвенную микрофлору и растения, вызывает их гибель. Это вредит лесам, сельскохозяйственным культурам.

*Свинец* в составе твердых частиц (из-за использования этилированных бензинов) присутствует в виде соединений галогенидов свинца, которые образуются по сходному механизму образования сажи. В настоящее время применение этилированного бензина запрещено законодательно, что в принципе исключает возможность появления свинца в отработавших газах.

Оценка выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух используется при проведении расчетов выброса загрязняющих веществ автомобильным транспортом и разработке мероприятий по их снижению на всех уровнях планирования. Учитывается выброс оксида углерода ( $\text{CO}$ ), углеводородов ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ), оксидов азота (в пересчете  $\text{NO}_2$ ), твердых частиц ( $\text{C}$ ), сернистого ангидрида ( $\text{SO}_2$ ).

Методика оценки выбросов загрязняющих веществ легковыми, грузовыми автомобилями и автобусами основана на результатах типовых испытаний по показателям токсичности и топливной эко-



номичности, скорректированных с учетом конструкции автотранспортных средств (АТС) и условий их эксплуатации.

**Задача:** Рассчитать выбросы токсичных компонентов с обработавшими газами двигателями автотранспорта, принадлежащего АТП.

*Исходные данные:* в АТП, расположенном в городе с населением 800 тыс. чел., имеется 50 автомобилей-такси ГАЗ-2410 (рабочий объем двигателя 2,5 л), 30 автомобилей ЗИЛ-130 (грузоподъемность 6 т, двигатель бензиновый), 40 автомобилей КамАЗ 5320 (грузоподъемность 9 т, двигатель дизельный), 25 маршрутных городских автобусов ЛиАЗ (габаритная длина 11 м, двигатель дизельный). Пробег легковых автомобилей осуществляется в городских условиях. Данные о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях отсутствуют. Общий пробег каждого легкового автомобиля  $L_{lj} = 40$  тыс. км, грузового  $L_{ks} = 35$  тыс. км, автобуса  $L_{lms} = 50$  тыс. км. Вредные вещества, расчет выброса которых необходимо произвести, указаны ниже:

Варианты расчета

Вариант	1	2	3	4
Вредное вещество	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>

*Указания к расчету*

Расчет выбросов вредных веществ легковыми автомобилями

Массовый выброс загрязняющих веществ легковыми автомобилями с определенным объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов  $M_{ly}$  (т) рассчитывается по формуле

$$M_{ly} = m_{lij} \cdot L_{lj} \cdot K_{ri} \cdot 10^{-6},$$

где  $m_{lij}$  - пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем  $j$ -го рабочего объема, г/км (табл.2);

$L_{lj}$  - суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями  $j$ -го рабочего объема по территории населенных пунктов, км;  $K_{ri}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл.3).

## Расчет выбросов вредных веществ грузовыми автомобилями

Массовый выброс загрязняющих веществ грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении по территории населенных пунктов  $M_{1iks}$  (т) рассчитывается по формуле

$$M_{1iks} = m_{1iks} \cdot L_{1ks} \cdot K_{ris} \cdot K_{nis} \cdot 10^{-6},$$

где  $m_{1iks}$  - пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями  $k$ -ой грузоподъемности с двигателем  $s$ -го типа, г/км (табл.4);

$L_{1ks}$  - суммарный пробег по территории населенных пунктов грузовых автомобилей  $k$ -ой грузоподъемности с двигателями  $s$ -го типа\*, км;

$K_{ris}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл.5);

$K_{nis}$  - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл.6, табл.7).

Массовый выброс загрязняющих веществ грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитывается по формуле

$$M_{2iks} = m_{2iks} \cdot L_{2ks} \cdot K_{nis} \cdot 10^{-6},$$

где  $m_{2iks}$  - пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями  $k$ -ой грузоподъемности с двигателем  $s$ -го типа, г/км (табл.8);

$L_{2ks}$  - суммарный пробег вне территории населенных пунктов грузовых автомобилей  $k$ -ой грузоподъемности с двигателями  $s$ -го типа\*, км;

$K_{nis}$  - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл.6, табл.7).

---

\*При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля  $L_{ks}$  пробег  $L_{1ks}$  и  $L_{2ks}$  определяется по формулам  $L_{1ks} = 0,9 \cdot L_{ks}$ ;  $L_{2ks} = 0,1 \cdot L_{ks}$ .

Суммарный массовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями  $M_{ri}(t)$  определяется по формуле

$$M_{ri} = \sum (M_{1iks} + M_{2iks}) \cdot K_{tis}$$

где  $K_{tis}$  - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества для  $s$ -го типа двигателя.

Для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями -  $K_{tco} = 2,0$ ;  $K_{tch} = 1,83$ ;  $K_{tNO} = 1,0$ ;  $K_{tso} = 1,15$ ;  $K_{tpb} = 1,15$ ; для автомобилей с дизельными двигателями -  $K_{tco} = 1,6$ ;  $K_{tch} = 2,1$ ;  $K_{tNO} = 1,0$ ;  $K_{tso} = 1,9$ ;  $K_{tpb} = 1,15$ .

При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля  $L_{ks}$  пробег  $L_{1ks}$  и  $L_{2ks}$  определяется по формулам  $L_{1ks} = 0,9 \cdot L_{ks}$ ;  $L_{2ks} = 0,1 \cdot L_{ks}$ .

#### Расчет выбросов вредных веществ автобусами

Массовый выброс загрязняющих веществ маршрутными городскими автобусами определенного класса с определенным типом двигателя при движении по территории населенных пунктов  $M_{1ims}(t)$  рассчитывается по формуле

$$M_{1ims} = K_p \cdot m_{1ims} \cdot L_{1ms} \cdot K_{ris} \cdot K_{his} \cdot 10^{-6},$$

где  $K_p$  - коэффициент, учитывающий изменения выбросов загрязняющих веществ при движении маршрутных городских автобусов по территории населенных пунктов (для  $CO$ ,  $C_xH_y$ ,  $NO_2 = 1,4$ ; для  $SO_2 = 1,1$ );

$m_{1ims}$  - пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества автобусами  $m$ -го класса с двигателем  $s$ -го типа, г/км (табл.9);

$L_{1ms}$  - суммарный пробег по территории населенных пунктов маршрутных городских автобусов  $m$ -го класса с двигателем  $s$ -го типа, км;

$K_{ris}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл.5);

$K_{his}$  - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл.10).

По данным расчетов заполняется табл.11 и делается вывод о том, какое транспортное средство вносит наибольший вклад в загрязнение воздушной среды по данному ингредиенту.

Таблица 2

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями по территории населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговой выброс $m_{1ij}$ , г/км			
	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Менее 1,3	11,4	2,1	1,3	0,052
1,3 - 1,8	13	2,6	1,5	0,076
1.8 - 3,5	14	2,8	2,7	0,096

Таблица 3

Значения  $K_{ri}$  в зависимости от типа населенного пункта

Тип населенных пунктов, число жителей	Значения $K_{ri}$			
	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Город, более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	1,25
Город, 100 тыс.- 1 млн. чел.	0,87	0,92	0,94	1,15
Город, 30 - 100 тыс. чел.	0,7	0,79	0,81	1,05
Прочие населенные пункты	0,41	0,59	0,6	1,00

Таблица 4

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении грузовых автомобилей по территории населенных пунктов

Грузоподъемность автомобиля, т	Тип двигателя	Пробеговой выброс $m_{i,ks}$ , г/км			
		CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
0,5 - 2,0	Б	22	3,4	2,6	0,13
2,0 - 5,0	Б	52,6	4,7	5,1	0,16
	Г	26,8	2,7	5,1	0,14
	Д	2,8	1,1	8,2	0,96
5,0 - 8,0	Б	73,2	5,5	9,2	0,19
	Г	37,4	4,4	9,2	0,17
	Д	3,2	1,3	11,4	1,03
8,0 -16,0	Б	97,8	8,2	10,0	0,26
	Д	3,9	1,6	13,4	1,28
более 16,0	Д	4,5	1,8	16,4	1,47

Таблица 5

Значение  $K_{ris}$  в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов, число жителей	Значение $K_{ris}$						
	CO		C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>		NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>
	Б,Г	Д	Б,Г	Д	Б, Г	Д	Б, Д, Г
Город, более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25
Город, 100 тыс. -1 млн. ч.	0,89	0,95	0,85	0,93	0,79	0,92	1,15
Город, 30-100 тыс. чел.	0,74	0,83	0,7	0,8	0,69	0,82	1,05
Прочие насел. пункты	0,58	0,64	0,5	0,6	0,6	0,7	1,0

Таблица 6

Значения  $K_{nis}$  для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, $\gamma$	Значения $K_{nis}$ в зависимости от коэффициента использования пробега, $\beta$			
		0,5	0,6	0,7	1,0
1	2	3	4	5	6
CO	< 0,2	0,53	0,54	0,55	0,58
	0,2 - 0,4	0,58	0,61	0,63	0,70
	0,4 - 0,6	0,63	0,67	0,70	0,80
	0,6 - 0,8	0,63	0,73	0,77	0,90
	0,8 -1,0	0,73	0,79	0,84	1,00

продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	< 0,2	0,81	0,81	0,82	0,84
	0,2 - 0,4	0,83	0,83	0,85	0,88
	0,4 - 0,6	0,85	0,86	0,88	0,92
	0,6 - 0,8	0,87	0,88	0,91	0,96
	0,8 - 1,0	0,89	0,91	0,94	1,00
NO <sub>2</sub>	< 0,2	0,5	0,51	0,52	0,56
	0,2 - 0,4	0,56	0,58	0,60	0,67
	0,4 - 0,6	0,61	0,64	0,68	0,78
	0,6 - 0,8	0,67	0,71	0,76	0,89
	0,8 - 1,0	0,72	0,78	0,83	1,00
SO <sub>2</sub>	< 0,2	1,03	1,03	1,04	1,05
	0,2 - 0,4	1,08	1,10	1,11	1,16
	0,4 - 0,6	1,14	1,16	1,19	1,27
	0,6 - 0,8	1,19	1,23	1,27	1,38
	0,8 - 1,0	1,24	1,29	1,34	1,49

Примечание к таблице 6.

При отсутствии данных о фактических значениях  $\gamma$ ,  $\beta$  принимается  $\gamma = 0,6 - 0,8$ ;  $\beta = 0,5$ .

Таблица 7

Значения  $K_{nis}$  для грузовых автомобилей с дизелем

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, $\gamma$	Значения $K_{nis}$ в зависимости от коэффициента использования пробега, $\beta$			
		0,5	0,6	0,7	1,0
CO	< 0,2	0,52	0,53	0,54	0,57
	0,2 - 0,4	0,57	0,60	0,62	0,68
	0,4 - 0,6	0,63	0,66	0,69	0,78
	0,6 - 0,8	0,68	0,72	0,77	0,89
	0,8 - 1,0	0,73	0,79	0,84	1,00
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	< 0,2	0,64	0,65	0,66	0,68
	0,2 - 0,4	0,68	0,70	0,71	0,76
	0,4 - 0,6	0,72	0,74	0,76	0,84
	0,6 - 0,8	0,76	0,79	0,82	0,92
	0,8 - 1,0	0,80	0,84	0,88	1,00
NO <sub>2</sub>	< 0,2	0,75	0,76	0,76	0,77
	0,2 - 0,4	0,77	0,78	0,79	0,81
	0,4 - 0,6	0,80	0,82	0,83	0,87
	0,6 - 0,8	0,82	0,84	0,87	0,93
	0,8 - 1,0	0,86	0,89	0,92	1,00

продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
SO <sub>2</sub>	< 0,2	1,03	1,04	1,04	1,06
	0,2 - 0,4	1,09	1,10	1,12	1,18
	0,4 - 0,6	1,15	1,18	1,20	1,29
	0,6 - 0,8	1,20	1,25	1,29	1,41
	0,8 - 1,0	1,26	1,32	1,37	1,53

Примечание к таблице 7.

При отсутствии данных о фактических значениях  $\gamma$ ,  $\beta$  принимается  $\gamma = 0,6 - 0,8$ ;  $\beta = 0,5$ .

Таблица 8

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями при движении вне населенных пунктов

Грузоподъемность автомобиля, т	Тип двигателя	Пробеговой выброс $m_{2ks}$ , г/км			
		CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
0,5 - 2,0	Б	15,2	1,9	2,1	0,13
2,0 - 5,0	Б	26,3	2,6	4,1	0,16
	Г	13,1	1,5	4,1	0,14
	Д	2,5	0,8	6,9	0,96
5,0 - 8,0	Б	40,8	4,1	8,0	0,19
	Г	20,2	2,4	8,0	0,17
	Д	2,6	1,2	9,10	1,03
8,0 - 16,0	Б	50,5	4,5	8,5	0,26
	Д	3,2	1,4	10,7	1,28
более 16,0	Д	3,6	1,5	13,1	1,47

Таблица 9

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автобусов по территории населенных пунктов

Класс автобуса (L - габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговой выброс $m_{1ims}$ , г/км			
		CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Малый 6,0 < L < 7,5	Б	44,0	3,4	6,1	0,18
Средний 7,5 < L < 9,5	Б	67,1	5,0	9,9	0,25
	Д	4,5	1,4	9,1	0,9
Большой 10,5 < L < 12	Б	104,0	7,7	10,4	0,32
	Д	4,9	1,6	10,0	1,23
Особо большой L > 12	Д	5,0	1,6	11,0	1,65

Таблица 10

Значения  $K_{his}$  в зависимости от вида перевозок и типа двигателя

Вид перевозок	Тип двигателя	Значения $K_{his}$			
		СО	С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Городские и пригородные	Б	0,9	0,96	0,89	1,3
	Д	0,89	0,92	0,93	1,3
Междугородные и туристские	Б	0,7	0,88	0,67	1,1
	Д	0,68	0,76	0,81	1,1

Таблица 11

Вариант №

Вредное вещество	Источник загрязнения				Итого
	ГАЗ-2410	ЗИЛ-130	КамАЗ 5320	ЛиАЗ	
СО					
С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>					
NO <sub>2</sub>					
SO <sub>2</sub>					

Сделайте выводы о том, какие виды токсических веществ преобладают в ОГ бензиновых и дизельных двигателей.

### Заключение.

Экологические проблемы автомобильного транспорта в современном мире неизбежны. Но их можно решить, если действовать комплексно и глобально. Рассмотрим основные пути решения проблем, связанных с эксплуатацией автомобилей:

1. Чтобы сократить выбросы выхлопных газов, негативно влияющих на окружающую среду, следует использовать качественное очищенное топливо. Зачастую попытки сэкономить приводят к покупке бензина, содержащего опасные соединения.
2. Разработка принципиально новых типов двигателей автомобильного транспорта, использование альтернативных источников энергии. Так, в продаже стали появляться электромобили и гибриды, работающие на электричестве. И хотя пока таких моделей немного, возможно, в будущем они станут более популярными.
3. Соблюдение правил эксплуатации автомобиля. Важно вовремя устранять неполадки, обеспечить постоянное и комплексное обслуживание, не превышать допустимые



нагрузки, придерживаться касающихся управления рекомендаций.

4. Экологическая обстановка наверняка улучшится, если разработать и использовать очистное и фильтрующее оборудование, которое сократит объёмы вредных соединений, выделяемых автомобильным транспортом.
5. Реконструкция двигателя автомобиля с целью повышения КПД и сокращения объёмов расходуемого топлива.
6. Использование других видов транспорта, например, троллейбусов и трамваев.

Необходимо использовать автотранспорт рационально и сокращать его негативное влияние на окружающую среду.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте характеристику основным вредным веществам, содержащимся в отработавших газах автомобилей.
2. Механизмы образования наиболее опасных для окружающей среды вредных веществ содержащихся в ОГ АТС.
3. Факторы, влияющие на количество образующихся токсичных компонентов в ОГ АТС.
4. Классификация и инвентаризация выбросов.

### **Список использованных источников**

1. Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология [Текст]: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с. Библиогр.: с. 264-266.
2. Гетманец, Г.В. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта [Текст]: справочное пособие / Г.В. Гетманец, В.А. Лиханов – М.: АСПОЛ, 1993. – 330 с.
3. Амбарцумян, В.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]: Учеб. пособие для вузов / В.В. Амбарцумян, В.В. Носов, В.И. Тагасов – М.: ООО “Научтехлитиздат”, 1999. – 208 с. Библиогр.: с. 204 - 206.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



О.Г. Кудряшов  
по учебной работе  
2013 г.

## **Круговорот кислорода Загрязнение атмосферы при сжигании топлива**

Методические указания к проведению практических занятий  
по дисциплинам «Общая экология», «Экология»,  
«Информационная экология», «Экология Курского края» для  
студентов всех специальностей и направлений  
очной и заочной формы обучения

Курск 2013

УДК 504

Составители: Т.Э. Гречаниченко, О.И. Белякова, В.В. Юшин

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *В.В. Протасов*

**Круговорот кислорода. Загрязнение атмосферы при сжигании топлива:** методические указания к проведению практических занятий по дисциплинам «Общая экология», «Экология», «Информационная экология», «Экология Курского края» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Т.Э. Гречаниченко, О.И. Белякова, В.В. Юшин. Курск, 2013. 20 с.: ил. 2. Библиогр.: с. 11.

Представлены материальные потоки веществ при сжигании газообразного топлива, а также материальные балансы веществ при сжигании твердого и жидкого топлива.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений очной и заочной формы обучения, изучающих дисциплины «Общая экология», «Экология», «Информационная экология», «Экология Курского края».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *14.05.13*. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. *0,81*. Уч.-изд.л. *0,74*. Тираж 50 экз. Заказ *345*. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

### Твердое и жидкое топливо

**Цель занятия:** Изучить материальные балансы веществ при сжигании твердого и жидкого топлива.

#### Общие положения

Органическим топливом называют горючие вещества, способные активно вступать в реакцию с кислородом и обладающие значительным удельным тепловыделением (на единицу массы или объема). Образование органического топлива является результатом теплового, механического и биологического воздействия в течение многих столетий на останки растительного и животного мира, откладывающиеся во всех геологических формациях. Всё это топливо имеет углеродную основу, и энергия высвобождается из него, главным образом, в процессе образования диоксида углерода.

К энергетическим видам топлив относятся такие, которые экономически целесообразно использовать для получения больших количеств теплоты. Запасы их должны быть огромны и относительно легко доступны для массового использования. Кроме того, они не должны являться ценным сырьем для других отраслей промышленности. В качестве энергетических топлив электростанций наибольшее значение имеют: твердое — каменные и бурые, угли и отходы их переработки, антрацит и полуантрацит; жидкое — мазут; газовое — природный газ. В меньшей мере используются торф и горючие сланцы, стабилизированная нефть и горючие газы промышленности (доменный, коксовый), хотя в отдельных районах страны они составляют заметную часть топливного баланса.

Из общего потребления органического топлива в нашей стране около 40% приходится на долю энергетики. В топливном балансе тепловых электростанций преимущество имеют угли, мазут и природный газ. Доля сжигаемого угля на ТЭС возрастает за счет использования угольных месторождений Сибири. Примерно на таком же уровне находится использование мазута и природного газа. На остальные виды твердого топлива — торф, сланцы приходится всего 6—7% общего расхода топлива электростанциями. Ускоренное развитие получит добыча углей в новых месторождениях более дешевым способом — открытым.

Все ископаемые — твердые топлива и нефть получились в процессе длительного преобразования исходной растительной массы и отмерших животных организмов под слоем земли или воды, причем этот процесс протекал с различной скоростью в направлении постепенного обуглероживания (углефикации) топлива, т. е. повышения в нем содержания углерода и уменьшения количества кислорода и водорода. В природе существуют различные виды твердого топлива, отличающиеся разнообразными составом и свойствами. Твердое топливо в основном образуется из высокоорганизованных растений — древесины, листьев, хвои и т. п. Отмершие части высокоорганизованных растений разрушаются грибами при свободном доступе воздуха и превращаются в торф — рыхлую, расплывчатую массу перегноя, так называемых гуминовых кислот. Скопление торфа переходит в бурую массу, а затем в бурый уголь. В дальнейшем под воздействием высокого давления и повышенной температуры бурые угли подвергаются последующим превращениям, переходя в каменные угли, а затем в антрацит.

Горючие сланцы — это горные породы, на 15-40% состоящие из продуктов разложения водорослей и живых организмов. Если этого вещества более 40%, то горючий сланец уже называется сапропелитом, или сапропелевым углем. Образовались сланцы в озёрах и приморских лагунах (мелководных заливах, отделённых от моря полосами песка). Нередко в них встречаются превращённые в уголь остатки высших растений.

Сырая нефть является смесью органических соединений и включает в себя небольшое количество жидких сернистых и азотных соединений, парафинов и смол. После извлечения легких фракций и масел (бензина, лигроина, керосина, газойля, солярового масла) остаются сильновязкие тяжелые фракции — мазут, который и используется как энергетическое жидкое топливо. При этом минеральные примеси, входящие в нефть, концентрируются в мазуте.

Топливо в том виде, в котором оно добыто, включает в себя органическую массу и балласт. Органической массой топлива считают ту часть, которая произошла из органических веществ: углерода, водорода, кислорода и азота; в балласт включают серу, минеральные примеси — золу и влагу топлива:

Твердое и жидкое топливо состоит из углерода С, водорода Н, органической серы  $S_0$  и горючей колчеданной серы  $S_K$ , кислорода О и азота N, находящихся в виде сложных соединений. Кроме указанных элементов твердого и жидкого топлива, составляющих *горючую массу топлива*, в состав топлива входит еще балласт — вода и зола.

Состав рабочей массы топлива значительно зависит от величины балласта, поэтому чаще всего приводятся данные по состав горючей массы топлива, которая более стабильна для топлива каждого вида и месторождения (табл. 1).

Углерод и водород — самые ценные части топлива.

Углерод содержится в значительном количестве в топливе всех видов: древесине и торфе 50 — 58%, в бурых и каменных углях 65-80%, в тощих углях и антрацитах 90-95%; в сланцах 61 — 73%, в мазуте 84—87%. Чем больше углерода в топливе, тем больше топливо выделяет тепла при сгорании.

Водород является второй важнейшей частью каждого топлива. В топливе водород частично находится в связанном с кислородом виде, составляя внутреннюю влагу топлива, вследствие чего понижается тепловая ценность топлива. Водород играет большую роль в образовании летучих веществ, выделяющихся при нагревании топлива без доступа воздуха. В состав летучих водород входит в чистом виде и в виде углеводородных и других органических соединений. Содержание водорода в горючей массе твердых и жидких топлив колеблется от 2 до 10%. Много водорода содержится в природном газе, мазуте и горючих сланцах, меньше всего в антраците.

Кислород содержащийся в твердом топливе, является балластом. Не будучи теплообразующим элементом и связывая водород топлива, кислород снижает теплоту его сгорания. Содержание кислорода в органической массе топлива с его возрастом снижается с 41% для древесины до 2,2% для антрацита.

Азот также является балластной инертной составляющей твердого топлива, снижающей процентное содержание в нем горючих элементов. При сгорании топлива азот в продуктах сгорания содержится как в свободном виде, так и в виде окислов азота  $NO_x$ . Окислы азота относятся к вредным составляющим продуктов сгорания, количество которых должно быть

лимитировано.

Серя содержится в твердом топливе в виде органических соединений и колчедана, объединяемых в летучую серу. Кроме того, сера входит в состав топлива в виде сернистых солей - сульфатов (например, гипса  $CaSO_2$ ), не способных гореть. Сульфатную серу принято относить к золе топлива. Высокое содержание серы приводит к сильному загрязнению продуктов сгорания топлива сернистым ангидридом  $SO_2$ . При наличии избыточного воздуха происходит частичное окисление  $SO_2$  до  $SO_3$  (соединяясь с  $H_2O$ , образуют  $H_2SO_4$ ).  $H_2SO_4$  вызывает коррозию поверхности нагрева, разрушает металл котельного оборудования, попадая в атмосферу, вредно действуют на живые организмы и растительность. Сернистые газы, проникая в рабочие помещения, могут вызвать отравление обслуживающего персонала. Поэтому сера — крайне нежелательный элемент для топлива.

Зола топлива представляет собой балластную смесь различных минеральных веществ, остающихся после полного сгорания всей горючей части топлива. Зола топлива влияет на качество сгорания топлива отрицательно. Зола образуется из минеральных веществ, содержащихся в растениях, заносится с землей и песком в период пластообразования и попадает в топливо во время его добычи, хранения или транспортировки.

Влага топлива складывается из внешней, или механической, вызванной поверхностным увлажнением кусков топлива и заполнением влагой пор и капилляров, и равновесной, называемой гигроскопической, которая устанавливается в материале при длительном соприкосновении с окружающим воздухом.

Кокс производится из каменного и бурого угля и угольных смесей в особых печах при температуре приблизительно  $1200^\circ C$ , при которой происходит их дегазация. Дегазацией называется процесс удаления газообразных компонентов из твердых материалов в герметичных нагревательных камерах.

Каменный уголь, брикеты бурого угля, кокс и древесный голь представляют собой очищенное твердое топливо. Брикеты изготавливаются из раздробленного и высушенного каменного или бурого угля в специальных прессах. Брикеты могут иметь различные формы.

Основными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу

при сжигании различных видов топлива в энергоустановках, являются диоксид углерода  $\text{CO}_2$  и водяной пар  $\text{H}_2\text{O}$ . Однако в атмосферу выбрасываются и другие вредные вещества: продукты неполного сгорания топлива - оксид углерода, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенный бенз(а)пирен  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ , несгоревшие частицы твердого топлива, зола и прочие механические примеси; оксиды серы  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ , азота и свинца  $\text{PbO}$ .

При сжигании твердого топлива образуется большое количество золы и диоксида серы. Так, например, подмосковные угли имеют в своем составе 2,5-6,0% серы и до 30-50% золы. Дымовые газы, образующиеся при сжигании мазута, содержат оксиды азота, соединения ванадия и натрия, газообразные и твердые продукты неполного сгорания. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не уменьшает выбросы  $\text{SO}_2$ , так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат серу в количестве до 3-4,5% и более. При сжигании природного газа (неочищенного) в дымовых газах образуются диоксид серы и оксиды азота. Следует отметить, что наибольшее количество оксидов азота образуется при сжигании жидкого топлива.

Современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 т  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$  при содержании серы в топливе 1,7%; 200 т оксидов азота; 120-240 т твердых частиц (зола, пыль, сажа) при эффективности системы пылеулавливания 94-98%. Исследования показывают, что вблизи мощной теплоэлектростанции, выбрасывающей в сутки 280-360 т  $\text{SO}_2$ , максимальные концентрации ее с подветренной стороны составляют 0,3-4,9  $\text{мг/м}^3$  на расстоянии 200-500 м; 0,7-5,5  $\text{мг/м}^3$  на расстоянии 500-1000 м; 0,22-2,8  $\text{мг/м}^3$  на расстоянии 1000-2000 м.

### Расчет газовых выбросов при сжигании твердого и жидкого топлива

В таблице 1 приведен элементный состав основных видов твердого и жидкого органического топлива.

Таблица 1 Состав основных видов органического топлива

Вид топлива	Состав горючей массы, %				
	C	H	O	N	S
Древесина	51	6	42.5	0.5	-
Торф	58	6	33.0	2.5	0.5
Бурый уголь	71	7	20.4	1.0	0.6
Антрацит	90	4	3.2	1.5	1.3
Сланцы	70	8	16.0	1.0	5.0
Мазут	88	10	0.5	0.5	1.0

Материальный баланс процесса горения выражает количественные соотношения между исходными веществами (топливо, воздух) и конечными продуктами (дымовые газы, зола, шлак).

Для расчетов материальных потоков веществ при сжигании топлива используются реакции горения его основных компонентов.

Реакция горения	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
Стехиометрические соотношения	$12 + 32 = 44$ $1 + 2,67 = 3,67$
Реакция горения	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$
Стехиометрические соотношения	$28 + 32 = 60$ $1 + 1,14 = 2,14$
Реакция горения	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
Стехиометрические соотношения	$32 + 32 = 64$ $1 + 1 = 2$
Реакция горения	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
Стехиометрические соотношения	$4 + 32 = 36$ $1 + 8 = 9$

Стехиометрические соотношения справедливы при любых единицах измерения. Они показывают, что при сжигании 1 грамма, килограмма или тонны углерода расходуется 2,67 грамма, килограмма или тонны кислорода и выделяется 3,67 грамма, килограмма или тонны углекислого газа. Аналогичный смысл

имеют стехиометрические соотношения для других элементов органического топлива, приведенных ниже.

Расчет массы кислорода  $M_{O_2}$ , необходимой для сжигания топлива, и количества образующихся при этом продуктов горения может быть произведен по следующим упрощенным формулам:

$$M_{O_2} = (2,67 \cdot C/100 + 8 \cdot H/100 + 1,14 \cdot N/100 + S/100 - O/100) M_{\text{топл}};$$

$$M_{CO_2} = (3,67 \cdot C/100) \cdot M_{\text{топл}};$$

$$M_{NO_x} = (2,14 \cdot N/100) \cdot M_{\text{топл}};$$

$$M_{SO_2} = (2 \cdot S/100) \cdot M_{\text{топл}};$$

$$M_{H_2O} = (9 \cdot H/100) M_{\text{топл}},$$

где C, H, N, S, O – процентное содержание углерода, водорода, азота, серы и кислорода в составе горючей массы сжигаемого вида топлива;  $M_{\text{топл}}$  – масса сжигаемого топлива.

При правильном расчете количеств веществ, участвующих в процессе горения органического топлива, в соответствии с законом сохранения масс, должно выполняться равенство:

$$M_{\text{топл}} + M_{O_2} = M_{CO_2} + M_{NO_x} + M_{SO_2} + M_{H_2O}.$$

#### Пример

Построить материальный баланс веществ при сжигании 2 тыс. т древесины.

$$M_{O_2} = (2,67 \cdot 51/100 + 8 \cdot 6/100 + 1,14 \cdot 0,5/100 - 42,5/100) 2000 = (1,3617 + 0,48 + 0,0057 - 0,425) 2000 = 2844,8 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} = (3,67 \cdot 51/100) \cdot 2000 = 3743,4 \text{ т};$$

$$M_{NO_x} = (2,14 \cdot 0,5/100) \cdot 2000 = 21,4 \text{ т};$$

$$M_{H_2O} = (9 \cdot 6/100) 2000 = 1080 \text{ т}.$$

Баланс веществ равен:

$$M_{\text{топл}} + M_{O_2} = 2000 + 2844,8 = 4844,8 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} + M_{NO_x} + M_{H_2O} = 3743,4 + 21,4 + 1080 = 4844,8 \text{ т}.$$

#### Контрольные задания

1. Построить балансы веществ при сжигании 1000 т различных видов топлива, приведенных в табл. 1, и определить:

а) при сжигании какого топлива выделяется наибольшее количество оксида серы и углекислого газа;

б) при сжигании какого вида топлива требуется наибольшее количество кислорода.

2. Определите количество  $CO_2$  и паров воды, образующихся при сжигании 3400 т антрацита. Какая масса древесины (см.

предыдущую работу) должна быть создана, чтобы поглотить это количество углекислого газа?

3. Какое количество воздуха расходуется при сжигании 1 т мазута, если содержание кислорода в атмосфере составляет 20,93%? На какое время хватит этого воздуха для дыхания одного человека (Потребление кислорода в состоянии покоя 12 л/час, масса 1 л кислорода при нормальных условиях 1,43 г, средняя продолжительность жизни 70 лет).

#### Газообразное топливо

**Цель занятия:** Изучить материальные потоки веществ при сжигании газообразного топлива.

##### Общие положения

Выбросы диоксида углерода по всему миру являются одной из основных причин потепления на земном шаре. Сжигаемое ископаемое топливо освобождает  $CO_2$ , аккумулированного растениями много миллионов лет назад, и повышает ее концентрацию в атмосфере выше естественного уровня. Сжигание ископаемого топлива обуславливает 75–90% всех антропогенных выбросов диоксида углерода.

Переход на промышленные виды топлива с низким выходом углерода (как, например, природный газ) снижает выбросы газов, создающих парниковый эффект, при достаточно высокой экономической эффективности, и такие переходы осуществляются во многих регионах.

Природный газ генерирует меньше  $CO_2$  при том же количестве вырабатываемой для снабжения энергии, чем уголь или нефть, поскольку он содержит больше водорода по отношению к углероду, чем другие виды топлива. Переход с ископаемых углей на природный газ при сохранении того же соотношения эффективности преобразования энергии топлива в электроэнергию сократил бы выбросы на 40%.

Выбросы в атмосферу при сжигании ископаемого топлива зависят не только от вида топлива, но от того, насколько эффективно оно используется. Газообразное топливо обычно сжигается легче и эффективнее, чем уголь или нефть. Утилизация сбросной теплоты от отходящих газов в случае природного газа

осуществляется проще, так как топочный газ не загрязнен твердыми частицами или агрессивными соединениями серы. Благодаря химическому составу, простоте и эффективности использования природный газ может внести существенный вклад в снижение выбросов диоксида углерода путем замены им ископаемых видов топлив.

**Природный газ.** Большое значение в топливном балансе России имеют природные газы, представляющие собой смесь углеводородов, сероводорода и инертных газов: азота и углекислоты. Основной горючей составляющей природных газов является метан (от 80 до 98%), что обуславливает их высокую теплоту сгорания.

**Доменный газ** образуется при выплавке чугуна в доменных печах. Его выход и состав зависят от свойств топлива, режима работы печи, способов интенсификации процесса и других факторов. Выход газа колеблется в пределах 1500-2500 м<sup>3</sup> на тонну чугуна. Доля негорючих компонентов (N<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>) в доменном газе составляет около 70%, что и обуславливает его низкие теплотехнические показатели.

**Ферросплавный газ** образуется при выплавке ферросплавов в рудовосстановительных печах. Газ, отходящий из закрытых печей, можно использовать в качестве топливных ВЭР (вторичные энергетические ресурсы). Состав газа: 50-90% CO, 2-8% H<sub>2</sub>, 0,3-1% CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> < 1%, 2-5% CO<sub>2</sub>, остальное N<sub>2</sub>.

**Конвертерный газ** образуется при выплавке стали в кислородных конвертерах. Газ состоит в основном из оксида углерода, выход и состав его в течение плавки значительно изменяются. После очистки состав газа примерно таков: 70-80% CO; 15-20% CO<sub>2</sub>; 0,5-0,8% O<sub>2</sub>; 3-12% N<sub>2</sub>.

**Коксовый газ** образуется при коксовании угольной шихты. В чёрной металлургии он используется после извлечения химических продуктов. Объёмные доли компонентов в газе находятся в следующих пределах, %: 52-62 H<sub>2</sub>; 0,3-0,6 O<sub>2</sub>; 23,5-26,5 CH<sub>4</sub>; 5,5-7,7 CO; 1,8-2,6 CO<sub>2</sub>.

**Расчет газовых выбросов при сжигании газообразного топлива**

Основными компонентами газообразного топлива являются горючие газы: метан (CH<sub>4</sub>), этан (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), пропан (C<sub>3</sub>H<sub>10</sub>), этилен

(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), пропилен (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), возможно также наличие углекислого (CO<sub>2</sub>) и сернистого (SO<sub>2</sub>) газов.

Расчет необходимого количества кислорода и веществ, выделяющихся при сжигании газообразного топлива, осуществляется на основе реакций горения по методике, рассмотренной ранее, с учетом процентного содержания горючих газов в смеси.

Ниже приведены реакции горения и стехиометрические соотношения для метана, пропана и бутана. Аналогичные уравнения при необходимости могут быть составлены и для других горючих газов.

Стехиометрические уравнения реакций горения:

Метан	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $16 + 64 = 44 + 36$ $1 + 4 = 2,75 + 2,25$
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ $44 + 160 = 132 + 72$ $1 + 3,64 = 3 + 1,64$
Бутан	$2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$ $116 + 416 = 352 + 180$ $1 + 3,58 = 3,03 + 1,55$

Полученные массовые соотношения веществ, участвующих в реакциях, позволяют рассчитать расход кислорода и воздуха, выделение углекислого газа и паров воды и построить материальный баланс веществ при сжигании газообразного топлива.

Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$M_{\text{топл}} = (4 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3,64 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 3,58 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл}};$$

$$M_{\text{возд}} = M_{\text{O}_2} / 0,2093;$$

$$M_{\text{CO}_2} = (2,75 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 3,03 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100 + \text{CO}_2 / 100) \cdot M_{\text{топл}};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2,25 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 1,64 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 1,55 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл}}.$$

В приведенных формулах значения CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> и C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> соответствуют процентному содержанию горючих газов в сжигаемом газообразном топливе. Присутствие в составе горючей массы углекислого газа необходимо учитывать в формуле

слагаемым ( $\text{CO}_2/100$ ).

Уравнение материального баланса в данном случае имеет вид

$$M_{\text{топл}} + M_{\text{топл}} = M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}}$$

**Пример**

Построить материальный баланс веществ при сжигании 3 тыс. т газа состава: метан – 80%, бутан – 10%, углекислый газ – 10%.

$$M_{\text{O}_2} = (4 \cdot 80/100 + 3,58 \cdot 10/100) 3000 = (3,2 + 0,358) 3000 = 10674 \text{ т};$$

$$M_{\text{CO}_2} = (2,75 \cdot 80/100 + 3,03 \cdot 10/100 + 10/100) 3000 = (2,2 + 0,303 + 0,1) 3000 = 7809 \text{ т};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2,25 \cdot 80/100 + 1,55 \cdot 10/100) 3000 = (1,8 + 0,155) 3000 = 5865 \text{ т};$$

Баланс веществ равен:

$$M_{\text{топл}} + M_{\text{O}_2} = 3000 + 10674 = 13674 \text{ т};$$

$$M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} = 7809 + 5865 = 13674 \text{ т}.$$

**Контрольные задания**

1. Построить баланс веществ при сжигании 1000 т природного газа следующего состава: метан – 10%, пропан – 30%, бутан – 40%, углекислый газ – 20%.

2. Какое количество воздуха необходимо для сжигания 5000 т биогаза состава: метан – 95%, углекислый газ – 5%.

3. Определить количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 1000 т газа состава: метан – 70%, пропан – 20%, бутан – 10%.

4. Определить количество углекислого газа и паров воды, образующихся при сжигании 3000 т газа с составом: пропан – 45%, бутан – 55%.

5. Определить количество загрязняющих веществ, образующихся при сжигании 1000 т антрацита и природного газа следующего состава: метан – 10%, пропан – 30%, бутан – 40%, углекислый газ – 20%. Какое топливо меньше загрязняет окружающую среду и почему?

**Контрольные вопросы**

1. К каким экологическим последствиям приводит сжигание топлива?

2. Предложите основные пути решения проблем, связанных со сжиганием топлива.

**Библиографический список**

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов н/Д: Изд-во «Феникс», 2001
2. Степановских А.С. Прикладная экология. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.
3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 1999.
4. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. М.: Наука, 1991. 358 С.



# **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

**Кафедра охраны труда и окружающей среды**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной работе**

**О.Г. Локтионова**

**2013 г.**



## **РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА**

**Методические указания к проведению практических занятий  
по дисциплинам «Экология», «Экология Курского края», «Со-  
циальная экология», «Теория устойчивого развития» для студентов  
всех специальностей и направлений**

**Курск 2013**

УДК 500.3

Составители: Е.А. Преликова, В.В. Зотов

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *В.В. Протасов*

**Расчет экологического следа:** методические указания к проведению практических занятий по дисциплинам «Экология», «Экология Курского края», «Социальная экология», «Теория устойчивого развития» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.А. Преликова, В.В. Зотов. Курск, 2013. 10 с.: Библиогр.: с.8.

Представлен порядок расчета экологического следа.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Экология Курского края», «Социальная экология», «Теория устойчивого развития».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Усл. Печ. л. 0,63. Уч.-изд.л.0,53. Тираж 30 экз. Заказ 483 . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** определить свой индивидуальный экологический след и рассчитать, насколько он превосходит возможности планеты.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Понятие «экологический след» (ecological footprint) было впервые использовано в 1992 году Уильямом Ризом.

Этот индикатор еще называют «показателем давления на природу». Он помогает установить, сколько земельных и водных ресурсов используется человеком (городом, регионом, бизнес-организацией) для производства, потребления и утилизации необходимых для его жизнедеятельности товаров и услуг.

*Биологический потенциал (Bioscaracity)* – это возможность биосферы Земли производить возобновляемые ресурсы.

*Глобальный гектар* – это гектар земли или морской среды со средней по земному шару способностью к производству ресурсов и утилизации отходов.

В настоящее время биологический потенциал на душу населения Земли составляет 1,78 гектаров.

*Экологический след* – это ресурсы необходимые для удовлетворения наших потребностей. Экологический след измеряется в глобальных гектарах. Если вычесть из биологического потенциала экологический след (1,78 – 2,70), то можно узнать, насколько наше потребление ресурсов превосходит возможности планеты.

Каждый человек может самостоятельно определить величину своего «воздействия» на окружающую природу. Для установления индивидуального экологического следа в расчет принимается не только расход электричества, продуктов, одежды, но и образ жизни в целом. То есть, любая совершенная покупка или услуга оказывают определенное воздействие на окружающую среду.

**Основные цели программы сокращения экологического следа  
закключаются в следующем:**

1) Рост численности населения должен замедлиться и в конечном итоге приостановиться. Три основных фактора, влияющих на выбор семей иметь меньше детей, – доступ женщин к образованию (карьерный рост женщины), уровень дохода, здравоохранение.

2) Сокращение потребления товаров и услуг на душу населения. Людям, живущим на уровне или ниже уровня бедности, нужно увеличить потребление, но более богатые могут уменьшить потребление при сохранении достаточно высокого качества жизни (например, снижение потребления ископаемого топлива автомобилями можно компенсировать созданием в городах благоприятных условий для передвижения пешком).

3) Объем ресурсов, используемых в производстве товаров и услуг, должен быть значительно уменьшен – через повышение энергоэффективности на производстве и в быту, переход на автомобили, потребляющие меньше топлива, за счет уменьшения расстояния транспортировки товаров (предпочтение местным производителям), увеличения рециклизации и повторного использования отходов.

4) Увеличение площади биопродуктивных областей, улучшение бедных угодий. Для этого следует применять террасирование, ирригацию. Однако, во-первых, следует иметь в виду, что экономическая эффективность при этом может снизиться, а, во-вторых, необходимо предупредить негативные экологические эффекты, такие как засоление почв, опустынивание.

5) Увеличение биопродуктивности экосистем. Объем продукции биоты с одного гектара зависит от типа экосистемы и от способа управления. Для этой цели могут служить защита почв от эрозии; охрана водно-болотных угодий, водоразделов для обеспечения поставок пресной воды; устойчивое лесопользование и рыболовство; предотвращение изменений климата (засух, наводнений, ураганов, смерчей и т.п.); отказ от использования пестицидов

## ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА

Порядок расчета экологического следа заключается в осуществлении шести последовательно выполняемых этапов:

*Цифры напротив вопросов означают количество баллов, которое вы должны прибавить или убавить.*

### 1. Жильё

1.1 Площадь вашего жилья позволяет держать кошку, а собаке нормальных размеров было бы тесновато +7

1.2 Большая, просторная квартира + 12

1.3 Коттедж на 2 семьи +23

*Баллы, полученные за ответ на вопрос о жилье, разделите на количество людей, живущих в нём.*

### 2. Использование энергии

2.1. Для отопления вашего дома используется нефть, природный газ или уголь +45

2.2. Для отопления вашего дома используется энергия воды, солнца или ветра +2

2.3 Отопление вашего дома устроено так, что вы можете регулировать его в зависимости от погоды -10

2.4. В холодный период года дома вы тепло одеты, а ночью укрываетесь двумя одеялами -5

2.5. Выходя из комнаты, вы всегда гасите в ней свет - 10

2.6. Вы всегда выключаете свои бытовые приборы, не оставляя их в дежурном режиме -10

*Большинство из нас получает электроэнергию из горючих ископаемых, поэтому добавьте себе +75*

### 3. Транспорт

3.1. На работу вы ездите на общественном транспорте +25

3.2. На работу вы идете пешком или едете на велосипеде +3

3.3. Вы ездите на обычном легковом автомобиле +45

3.4. Вы используете большой и мощный автомобиль с полным приводом +75

3.5. В последний отпуск вы летели самолетом +85

3.6. В отпуск вы ехали на поезде, причем путь занял до 12 часов +10

3.7. В отпуск вы ехали на поезде, причем путь занял более 12 часов +20

#### 4. Питание

4.1. В продуктовом магазине или на рынке вы покупаете в основном свежие продукты (хлеб, фрукты, овощи, рыбу, мясо) местного производства, из которых сами готовите обед +2

4.2. Вы предпочитаете уже обработанные продукты, полуфабрикаты, свежемороженые готовые блюда, нуждающиеся только в разогреве, а также консервы, причем не смотрите, где они произведены +14

4.3. В основном вы покупаете готовые или почти готовые к употреблению продукты, но стараетесь, чтобы они были произведены поближе к дому +5

4.4. Вы едите мясо 2-3 раза в неделю +50

4.5. Вы едите мясо 3 раза в день +85

4.6. Предпочитаете вегетарианскую пищу +30

#### 5. Использование воды и бумаги

5.1. Вы принимаете ванну ежедневно +14

5.2. Вы принимаете ванну 1-2 раза в неделю +2

5.3. Вместо ванны вы ежедневно принимаете душ +4

5.4. Время от времени вы поливаете приусадебный участок или моете свой автомобиль из шланга +4

5.5. Если вы хотите прочитать книгу, то всегда покупаете её +2

5.6. Иногда вы берете книги в библиотеке или одалживаете у знакомых -1

5.7. Прочитав газету, вы ее выбрасываете +10

5.8. Выписываемые или покупаемые вами газеты читает после вас ещё кто-то +5

### 6. Бытовые отходы

6.1. За последний месяц вы хоть раз сдавали бутылки -15

6.2. Выбрасывая мусор, вы откладываете в отдельный контейнер макулатуру -17

6.3. Вы сдаёте пустые банки из-под напитков и консервов -10

6.4. Вы выбрасываете в отдельный контейнер пластиковую упаковку -8

6.5. Вы стараетесь покупать в основном не фасованные, а развесные товары; полученную в магазине упаковку используете в хозяйстве -15

6.6. Из домашних отходов вы делаете компост для удобрения своего участка -5

*Все мы создаём массу отбросов и мусора, поэтому добавьте себе +100*

#### Подведение итогов:

Если вы живёте в городе с населением в полмиллиона и больше, умножьте ваш общий результат на 2.

#### **Задание**

1. Определите Ваш экологический след в глобальных гектарах. Для этого разделите полученное число баллов на 100.

2. Определите, насколько Ваш экологический след превосходит возможности планеты.

3. Сделайте вывод о том, что необходимо сделать для уменьшения этого превосходства.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определения понятиям «Экологический след», «Биологический потенциал», «Глобальный гектар».
2. Когда и кем было введено понятие «Экологический след»?
3. Второе название «Экологического следа». Что оно характеризует?
4. При установлении экологического следа что необходимо принимать в расчет?
5. В чем заключаются основные цели программы сокращения экологического следа?

### **Библиографический список**

1. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» (1991 г.).
2. Земельный Кодекс Российской Федерации (1992 г.).
3. Положение «Об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации». Утверждено приказом Минприроды России от 18.07.94 N 222.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТАБЛИЦА 1 - ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД И БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕКОТОРЫХ СТРАН

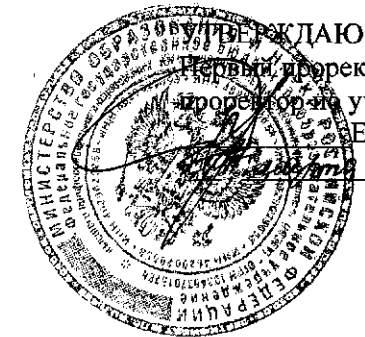
Регион	Население, млн. чел	Экологический след, глоб.га/чел	Биологический потенциал, глоб.га/чел
<b>Весь мир</b>	<b>7 095,2</b>	<b>2,23</b>	<b>1,78</b>
Развитые страны	955,6	6,4	3,3
Развивающиеся страны	3 836,5	1,9	2,1
Слаборазвитые страны	2 303,1	0,8	0,7
<b>Африка</b>	<b>846,8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>
Египет	71,9	1,4	0,5
Ливия	5,6	3,4	1,0
Сомали	9,9	0,4	0,7
<b>Средний Восток и Центральная Азия</b>	<b>346,8</b>	<b>2,2</b>	<b>1,0</b>
Азербайджан	8,4	1,7	1,2
Армения	3,1	1,1	0,6
Афганистан	23,9	0,1	0,3
Грузия	5,1	0,8	1,2
Казахстан	15,4	4,0	4,1
Киргизия	5,1	1,3	1,4
Объединенные Арабские Эмираты	3,0	11,9	0,8
Таджикистан	6,2	0,6	0,5
Туркменистан	4,9	3,5	3,6
Узбекистан	26,1	1,8	0,8
<b>Азиатско-Тихоокеанский регион</b>	<b>3 489,4</b>	<b>1,3</b>	<b>0,7</b>
Австралия	19,7	6,6	12,4
Индия	1 065,5	0,8	0,4
Китай	1 311,7	1,6	0,8
Таиланд	62,8	1,4	1,0
Япония	127,7	4,4	0,7

Продолжение табл. 1

<b>Латинская Америка и Карибский бассейн</b>	<b>535,2</b>	<b>2,0</b>	<b>5,4</b>
Бразилия	178,5	2,1	9,9
Коста-Рика	44,2	1,3	1,5
Куба	11,3	1,5	0,9
<b>Северная Америка</b>	<b>325,6</b>	<b>9,4</b>	<b>5,7</b>
Канада	31,5	7,6	14,5
США	294,0	9,6	4,7
<b>Европа (ЕС)</b>	<b>454,4</b>	<b>4,8</b>	<b>2,2</b>
Германия	82,5	4,5	1,7
Финляндия	5,2	7,6	12,0
Швеция	8,9	6,1	9,6
Эстония	1,3	6,5	5,7
<b>Европа (без ЕС)</b>	<b>272,2</b>	<b>3,8</b>	<b>4,6</b>
Албания	3,2	1,4	0,9
Белоруссия	9,9	3,3	3,2
Молдова	4,3	1,3	0,8
Россия	143,3	4,4	6,9
Украина	48,5	3,2	1,7
Швейцария	7,2	5,1	1,5

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



Несвицкий, проректор  
профессор кафедры учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
\_\_\_\_\_ 2012 г.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ**

Методические указания к проведению практических занятий  
по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды»,  
«Информационная экология», «Экология Курского края» для студентов  
всех специальностей и направлений  
очной и заочной формы обучения

Курск 2012

УДК 504

Составители: В.М. Попов, В.В. Юшин, О.И. Белякова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *В.В. Протасов*

**Экологические аспекты народонаселения:** методические указания к проведению практических занятий по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды», «Информационная экология», «Экология Курского края» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.М. Попов, В.В. Юшин, О.И. Белякова. Курск, 2012. 16 с.: ил. 2. Библиогр.: с. 16.

Излагаются основные демографические понятия, влияние численности населения на окружающую среду, проводится демографический анализ ситуации в Курской области за 60 лет.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений очной и заочной формы обучения, изучающих дисциплины «Экология», «Экология городской среды», «Информационная экология», «Экология Курского края».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *14.01.16* Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. *0,93*. Уч.-изд.л. *0,84*. Тираж 50 экз. Заказ *501*. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет,  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

### Цель занятия:

изучить основные факторы, определяющие численность мирового населения и скорость ее изменения;

изучить демографическую ситуацию в Курской области.

### Общие положения

В известной степени, экологические последствия связаны с численностью населения, стилем жизни и уровнем экологического сознания. Все три составляющие этой зависимости вполне равноправны и должны рассматриваться в тесной взаимосвязи.

Сегодня в мире существуют как бы две самостоятельных «проблемы народонаселения». Одна из них касается промышленно развитых стран (страны Западной Европы, США, Канада, Австралия, Япония и др.), где экологические проблемы не столько связаны с численностью населения, сколько с последствиями стиля жизни – накопления огромного количества токсических отходов, истощением природных ресурсов и т.д. Если попытаться поднять уровень жизни всех людей до уровня жизни в развитых странах, для этого потребуется увеличить потребление сырья, энергии и воды на порядок, что нереально, – такую антропогенную нагрузку биосфера вряд ли выдержит.

Перед менее развитыми странами остро стоит проблема обеспечения продовольствия быстро растущего населения. В связи с этим люди вынуждены вырубать леса, нерационально использовать пастбища и пашни, вызывая их истощение. Такое развитие весьма неустойчиво. По существу, народы этих стран ради выживания в ближайшие годы могут вызвать в долгосрочной перспективе экологическую катастрофу.

Таким образом, одно из важнейших условий дальнейшего развития человечества – стабилизация его численности и снижение отрицательного воздействия на окружающую среду. Только добившись собственного популяционного равновесия, можно и дальше развивать культуру, технологию, цивилизацию в целом.

Последние 150 лет население нашей планеты резко возросло и продолжает расти все убаыстриющимися темпами. Так, в 1850 г. численность составляла 1 млрд. человек. Потребовалось 80 лет для того, чтобы она удвоилась (1930 г.). После второй мировой войны рост населения развитых стран начал стабилизироваться, однако в развивающихся странах демографический взрыв продолжался. К 1960 г. был достигнут третий миллиард, а к 1974 г. – всего через 14 лет – уже и четвертый. К середине 1991 г. на Земле стало 5 млрд. 380 тыс. человек. И наконец, в 1999 г. население Земли достигло 6 млрд. Сегодня в более развитых странах рождаемость вплотную приблизилась к уровню простого воспроизводства. В менее развитых она тоже стала снижаться, однако темпы снижения там далеко ещё не достаточны.

Реальное экономическое развитие нации с точки зрения обеспечения людей всем необходимым представляет собой в известной степени разницу между ростом экономики и населения. Если рост экономики отстаёт от роста населения, то реальный экономический рост отрицательный. Экономические успехи как бы сводятся на нет ростом населения, и уровень жизни населения в этих странах обречен на снижение. Поскольку большинство населения проживает в развивающихся странах, такая тенденция чрезвычайно опасна. Сегодня, несмотря на колоссальные усилия, предпринимаемые человечеством в целях экономического роста, огромная часть населения Земли (около 1,225 млн чел.) относится к категории абсолютно бедных, среди которых 400 млн. голодают и 100 млн. чел. – это бездомные. Если бы население Земли “сжать” до размеров деревушки с населением в 100 человек, а все существующие соотношения современного человечества остались бы прежними, то получилась бы следующая картина:

- в ней проживало бы 57 азиатов, 21 европеец, 14 представителей Америки, 8 африканцев;
- 70 из 100 были бы “цветными” (не белыми);
- 50% всех богатств оказалось бы в руках 6 человек, и все они были бы гражданами США;
- 70 человек не умели бы читать;

- 50 страдали от недоедания;
- 80% жили бы в жилищах, для проживания не приспособленных;
- только 1 человек имел бы университетское образование.

Четыре основных фактора определяют численность народонаселения и скорость ее изменения:

*Разница между коэффициентом рождаемости  $K_p$  (число новорожденных детей на 1000 жителей в год) и коэффициентом смертности  $K_c$  (число смертей за год на 1000 жителей). Разница между  $K_p$  и  $K_c$  называется коэффициентом естественного прироста населения  $K_{np}$  (рис.1).*

Величина, на которую изменяется общая численность за год, называется коэффициентом ежегодного естественного движения населения  $K_{ed}$ , %:

$$K_{ed} = \frac{K_p - K_c}{10}$$

Коэффициент рождаемости зависит от следующих факторов:

- среднего уровня образованности и обеспеченности - коэффициент рождаемости обычно ниже в развитых странах, где эти показатели высоки;
- роли детей как трудовой силы; коэффициент рождаемости имеет тенденцию к возрастанию в развивающихся странах (особенно в сельской местности); он ниже в странах, где обязательное образование изымает детей из трудовой деятельности в течении большей части года;
- урбанизации - в городах существует тенденция к снижению коэффициента рождаемости по сравнению с сельскими жителями, нуждающимися в детях для помощи в выращивании урожая, в сборе – дров и в других домашних целях;
- высокая стоимость воспитания детей - коэффициент рождаемости снижается в экономически развитых странах, где обязательное образование, а детский труд запрещен законодательно; в этих странах воспитание детей требует больших затрат, т.к. они не могут работать до достижения взрослого возраста;
- возможности для женщин получить образование и работу - в развивающихся странах традиционно главная задача женщины –

рожать и воспитывать детей. В индустриальном обществе равноправие, и женщины стремятся реализовать его не только в рамках семьи;

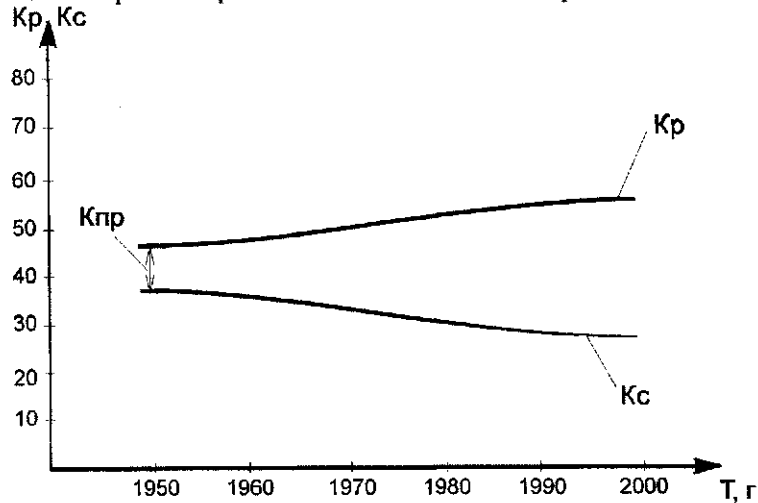


Рис. 1. Изменение коэффициента рождаемости и смертности

- коэффициент детской смертности – коэффициент рождаемости находится в прямой зависимости от детской смертности. В странах, где семьи нуждаются в детях как рабочей силы, родители должны заводить лишних детей как гарантии от детской смертности;

- средний возраст вступления в брак (средний возраст рождения ребенка) – коэффициент рождаемости существенно ниже, где средний возраст вступления в брак женщины выше 25 лет;

- доступность пенсионного образования – в развивающихся странах большая семья в известной степени гарантирует надежное положение стариков;

- доступность противозачаточных средства; при широкой доступности этих средств коэффициент рождаемости снижается; однако данный фактор может вступать в противоречие с религиозными воззрениями;

- культурные традиции – в аграрном обществе, как правило, достаточно сильны религиозные веяния, а некоторые религии поощряют крупные семьи. В городах люди обычно уходят из-под влияния религиозных догм.

Быстрый рост мирового населения, однако, обусловлен не столько подъемом коэффициента рождаемости, сколько снижением смертности.

Причины снижения коэффициента смертности:

- улучшение условий питания в результате возросшего производства продовольствия и его лучшего распределения;

- сокращение эпидемий и инфекционных заболеваний в результате совершенствования систем личной гигиены и водоснабжения;

- совершенствования медицинского обслуживания.

*Миграция.* В общем случае среднегодовая величина изменения численности населения есть рождаемость + иммиграция (въезд) за вычетом смертности и эмиграции (выезд). Большинство стран контролируют до определенной степени темп прироста населения путем ограничения иммиграции.

*Коэффициент фертильности* – среднее число детей, рожденных женщиной за ее репродуктивный период. Численность населения Земли или отдельно взятой страны может выровняться или стабилизироваться только после того, как суммарный коэффициент фертильности будет равен или ниже среднего уровня простого воспроизводства (УПВ). УВП – число детей, которое должна иметь супружеская пара, чтобы обеспечить себе замену. С учетом смертности девочек до достижения ими репродуктивного возраста в экономически развитых странах УПВ – 2,1 ребенка на одну женщину. На суммарный коэффициент фертильности оказывают влияние те же факторы, что и на коэффициент рождаемости. При достижении уровня простого воспроизводства требуется некоторое время для стабилизации роста населения. Продолжительность этого периода зависит прежде всего от количества женщин, находящихся в репродуктивном возрасте (15 – 44 года) и от числа девочек в возрасте до 15 лет, которые вскоре вступят в свой репродуктивный период.

*Количество жителей в каждой возрастной группе.* От этого зависит промежуток времени, в течение которого рост населения мира стабилизируется. Чем больше женщин в репродуктивном и дорепродуктивном возрасте, тем длиннее период, который потребуется жителям, чтобы достичь нулевого прироста.

Для исследования возрастной структуры населения пользуются диаграммой возрастной структуры населения, в которой общее число мужчин и женщин распределено по трем возрастным категориям. На рис.2 показаны диаграммы с быстрым, медленным и нулевым приростом населения.

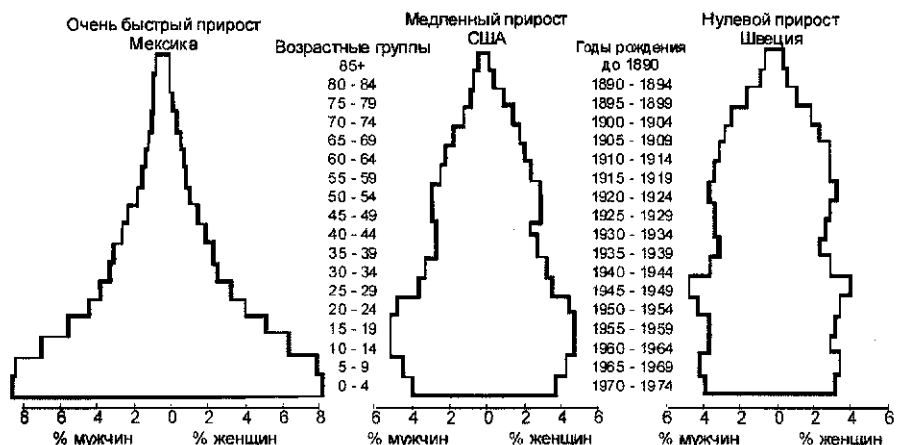


Рис.2. Диаграмма возрастной структуры населения в странах с быстрым, медленным и нулевым приростом. Дорепродуктивный возраст 0 – 14, репродуктивные годы 15 – 44 и постпродуктивный возраст 45 – 85.

Большинство развивающихся стран имеют возрастную структурную диаграмму пирамидообразного типа. Она отражает высокую долю детей в возрасте от 15 лет по сравнению с долей пожилых людей старше 65 лет. И напротив, диаграммы для

экономически развитых стран, характеризуются небольшим или даже нулевым приростом населения, имеют очень узкое основание. Это объясняется тем, что в этих странах процент жителей до 15 лет намного меньше, а пожилых людей в возрасте свыше 65 лет намного больше, чем в странах с высоким темпами прироста населения.

На основе диаграммы численности возможно прогнозирование численности населения в будущем и ряд других показателей. Проведем анализ диаграммы на пример США.

Пик деторождения в США пришелся на период с 1945 по 1965 г. Обусловленный же им 75 – миллионный прирост новых жителей будет перемещаться вверх по пирамиде в течении последующих 80 лет, т.е. до 2025 г., пока дети, родившиеся во времена демографического пика, будут проходить стадии юности, молодости, зрелости и старости. Это означает, что средний возраст населения США увеличивается. Основной причиной этого является именно, то что многочисленное поколение родившихся во времена демографического пика в настоящее время достигло среднего возраста (другой причиной является увеличение средней продолжительности жизни).

В настоящее время на поколение родившихся в период демографического бума приходится почти половина взрослых американцев. В абсолютном исчислении они доминируют в спросе населения на товары и системы обслуживания, а с течением времени создадут определенные трудности в работе службы социального обеспечения и медицинского обслуживания. В период между 1970 и 1985 годами следствием демографического взрыва стало пресыщение рынка руда и увеличение процента безработных среди молодежи. В 1989 году на долю этого поколения пришлось 60 % общего числа избирателей.

За время своей активной производственной деятельности категория жителей, родившихся во времена демографического бума, создаст большой запас средств в фонде социального обеспечения. Однако, даже если власти смогут устоять перед соблазном воспользоваться этим фондом, чтобы сбалансировать бюджет или для других целей, то большое количество вышедших на пенсию

представителей данной группы населения быстро израсходуют запас. Тяжелое экономическое бремя по содержанию столь большого количества пенсионеров придется на поколение периода снижения рождаемости, т.е. на значительно более малочисленную группу людей, родившихся между 1968 и 1989 годами, когда средний коэффициент фертильности резко снизился. Во многих отношениях для поколения периода снижения рождаемости жизнь будет более легкой, чем для поколения демографического бума. Снизится конкуренция в области образования, рынка приложения труда, сфере обслуживания.

Жители, родившиеся в период демографического спада, вряд ли будут испытывать трудности при первоначальном поступлении на работу, но у них появятся большие проблемы при продвижении по службе, когда они достигнут среднего возраста. К этому времени большая часть высокооплачиваемых должностей будет занята намного более многочисленными представителями демографического бума. Последние будут продолжать работать и не уйдут на пенсию, так как смогут сохранить здоровье и захотят создать пенсионный фонд, адекватный их потребностям. Основываясь на этих прогнозах, можно сделать заключение о том, что любые пики и сокращения в возрастной структуре населения создают множество социальных и экономических изменений, которые отражаются на жизни общества в течение десятилетий.

*Задание:* На основании данных, приведенных в таблице 1, 2, 3 и 4 построить:

1. График изменения коэффициента рождаемости  $K_p$  и смертности  $K_c$  в Курской области по годам за 60 лет. Показать на нем коэффициент естественного прироста  $K_{np}$ .
2. Диаграмму изменения коэффициента естественного движения  $K_{ед}$  населения Курской области по годам за 60 лет.
3. Построить диаграммы возрастной структуры Курской области в 1989, 2002 и 2009 годах.

Провести анализ построенных зависимостей. Сделать предположения о причинах существующего характера изменения демографических показателей.

На примере динамики коэффициента рождаемости и смертности в Курской области за последние 60 лет выделить периоды с высоким и низким уровнем этих показателей, прокомментировать выявленные тенденции, связав их с политической и социально-экономической обстановкой в стране. Сделайте прогноз демографической ситуации в области на 5-10 лет. Обоснуйте его.

Спрогнозируйте, какой может быть Ваша собственная жизнь в возрасте 25, 45 и 65 лет с учетом возрастной структуры современного населения области. Как это может отразиться на Вашей карьере или планах относительно количества детей в Вашей семье.







### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается проблема народонаселения.
2. Факторы определяющие численность народонаселения и скорость ее изменения.
3. Факторы, влияющие на коэффициент рождаемости.
4. Факторы, влияющие на коэффициент смертности.
5. Прогнозирование численности народонаселения.
- 6.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров К.М. Общая экология. СПб: Химия, 1998 - 352 с.
2. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов н/Д: Феникс, 2001 – 576 с.
3. Небел Б. Наука об окружающей среде: В 2-х т. Т.1. М.: Мир, 1993 – 424 с.
4. Миллер Т. Спешите спасти планету. В 2-х частях. Ч.П. М.: Прогресс-Пангея, 1994 – 336 с.
5. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания: В 4-х книгах. Кн.1. Народонаселение и пищевые ресурсы. М.: Мир, 1994 – 340 с.
6. Возрастно-половой состав населения Курской области. 2004: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Курской области. – Курск, 2004. – 117 с.
7. Статистический ежегодник Курской области. 2008: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Курской области. – Курск, 2008. – 197 с.
8. Статистический ежегодник Курской области. 2011: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Курской области. – Курск, 2011. – 445 с.