

**Федеральное агентство по образованию**

**Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет**

**Кафедра водоотведения и экологии**

## **ЭКОЛОГИЯ**

**Методические указания по выполнению  
контрольных заданий и практических занятий  
для студентов всех специальностей ФБФО**

**Санкт-Петербург  
2007**

Рецензент: д-р биол. наук, профессор Л. И. Цветкова

**Экология:** Метод. указания по выполнению контрольных заданий и практических занятий для студентов всех специальностей ФБФО / Сост.: Т. Н. Барышникова, С. В. Макарова; СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 79 с.

Обучение студентов без отрыва от производства предполагает выполнение больших объемов самостоятельной работы. Для ознакомления с основами общей экологии студентам предлагается выполнить контрольное задание, включающее теоретические разделы изучаемой дисциплины, а также задачи по расчетам загрязнения атмосферы вредными выбросами при сжигании топлива и поддержания газового баланса атмосферы лесными экосистемами. Практические работы с примерами решения задач по каждой теме содержатся в данных указаниях.

Табл. 6. Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Решение экологических проблем в современном мире невозможно без понимания объективных законов развития природы и общества. «Экология» изучает эти законы, которые дают ключ к управлению в области охраны окружающей среды.

Формирование экологического мировоззрения и способность анализировать последствия профессиональной деятельности помогают рационально использовать природные ресурсы и разрабатывать мероприятия по охране природы и экологической безопасности.

Учебные планы для студентов ФБФО включают изучение теоретических основ общей экологии, расчеты техногенной нагрузки на окружающую среду и знакомство с элементами лабораторного практикума.

Обучение студентов без отрыва от производства предполагает, в основном, самостоятельное выполнение учебных планов. Для проверки знаний предлагается контрольное задание.

Для ответов на теоретические вопросы рекомендуется учебник «Экология» (Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев и др. М.: Изд-во АСВ; СПб.: Химиздат, 2001). Вопросы контрольных заданий соответствуют следующим главам учебника:

- 1 – **история экологии** (гл. 1);
- 2–4 – **экосистемы – предмет экологии** (гл. 2);
- 5–6 – **энергия в экосистемах** (гл. 3);
- 7–8 – **круговорот веществ** (гл. 4);
- 9 – **экологические факторы** (гл. 5);
- 10 – **глобальные экологические проблемы** (гл. 8).

Кроме того, в работе содержатся методические указания для выполнения практических заданий с примерами решения задач по трем темам:

- материальные потоки веществ в лесных экосистемах;
- загрязнение атмосферы при сжигании различных видов топлива;
- определение условий сброса сточных вод в водные объекты.

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра зачетки (см. таблицу).

Предпоследняя цифра шифра зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Последняя цифра шифра зачетки	Варианты заданий									
1	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
2	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92
3	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93
4	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94
5	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
6	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96
7	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
8	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98
9	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

### Задание № 1

- Какой вклад в создание науки экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII век)?
- Какие организмы называются редуцентами?
- Какой процесс называется фотосинтезом?
- В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
- Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
- Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
- Какие особенности имеет круговорот воды?
- Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
- На какие группы можно разделить экологические факторы?
- Чем обусловлена деградация наземных экосистем?
- Определите количество расходуемого  $O_2$  и воздуха при сжигании 136 тыс. т природного газа (метан – 85 %; пропан – 15 %). Какая масса древесины пихты с химическим составом, %: С – 50,4; Н – 6; О – 43,1 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

### Задание № 2

- Кто из ученых и когда предложил термин «экология»? Как он сформулировал содержание этой науки?
- Какие организмы называются консументами?
- Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
- Какие природные водные экосистемы Вы знаете?

- Что такое первичная и вторичная продукция?
- Как распределяется энергия в трофических цепях?
- Какой процесс называется нитрификацией?
- Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
- Сформулируйте законы минимума и толерантности.
- Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
- Определите количество расходуемого  $O_2$  и выбрасываемого  $CO_2$  при сжигании 180 тыс. т газовой смеси (метан – 80 %, пропан – 10 %, двуокись углерода – 10 %). Какой объем еловой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,2; Н – 6,2; О – 42,6, а ее плотность – 420 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 3

- Какие этапы можно выделить в становлении экологии как самостоятельной науки?
- Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
- Дайте определение сукцессии. Сукцессии какого типа Вам известны?
- В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
- Как можно оценить эффективность использования энергии?
- Назовите основные энергетические типы экосистем.
- Какой процесс называется нитрификацией?
- Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
- Как подразделяются организмы в зависимости от величины предела толерантности?
- К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
- Постройте материальный баланс веществ при сжигании 190 т природного газа состава, %:  $CH_4$  – 80,  $C_3H_8$  – 10,  $C_4H_{10}$  – 10. Определите годовой прирост древесины лиственницы (С – 50,2 %, Н – 6,1 %, О – 43,3 %), необходимый для поддержания баланса в биотехноценозе, если плотность древесины – 570 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 2000 га.

### Задание № 4

- Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
- Какие организмы называются продуцентами?
- С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
- Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
- Что такое чистая энергия?
- Какие типы экологических пирамид Вы знаете?
- Какой процесс называется аммонификацией?
- В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для че-

- ловека и других живых организмов?
9. Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтами?
  10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
  11. Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделяющееся при сжигании 26 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1 и 12 тыс. т бутана. Какой годовой прирост древесины в еловом лесу площадью 1000 га необходим для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,5 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 5

1. Назовите основные различия между антропоцентрическим и биоцентрическим направлениями в экологии.
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Что такое экологические пирамиды и какую закономерность они отражают?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределом толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании автотранспортом 18 тыс. т газовой смеси (пропан – 45 %, бутан – 45 %,  $\text{CO}_2$  – 10 %) и 120 т бензина. Какой объем березовой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 590 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 6

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
5. Что такое эксергия?
6. Что такое трофический уровень?

7. Назовите особенности малого круговорота веществ?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Какие энергетические ресурсы используются на современном этапе? В чем их преимущества и недостатки?
11. Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании автотранспортом 8 тыс. т газовой смеси (пропан – 55 %, бутан – 45 %) и 60 т бензина. Какой объем березовой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 590 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 7

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем его суть?
2. В чем заключаются различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Что такое экологическая ниша?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите суммарные количества расходуемого  $\text{O}_2$  и выбрасываемого  $\text{CO}_2$  при сжигании 306 тыс. т газовой смеси (метан – 80 %, пропан – 10 %, двуокись углерода – 10 %) и 54 т каменного угля с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1. Определите годовой прирост древесины лиственницы, необходимый для поддержания баланса биотехноценоза в лесу площадью 94000 га, если химический состав древесины, %: С – 50,1, Н – 6,2, О – 43,1, а ее плотность – 580 кг/м<sup>3</sup>.

### Задание № 8

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной?
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Как влияет человек на круговорот углерода?

8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. Что такое озоновые дыры; назовите причины их появления.
11. Определите расход кислорода и воздуха, необходимых при сжигании 125 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 70, Н – 7, О – 20,4, N – 2, S – 0,6. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, при химическом составе древесины, %: С – 49,7, Н – 6, О – 43,9 и плотности 390 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 9

1. Что подразумевается под термином «экосистема» и кто предложил этот термин?
2. Какие биосистемы изучает экология?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. Чем отличается первичная сукцессия от вторичной? Приведите примеры.
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Как меняется количество и качество энергии в трофической цепи?
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Каким образом может связываться газообразный азот атмосферы?
9. Что понимается под биотическими экологическими факторами? Приведите примеры антагонистических и неантагонистических отношений в природе.
10. Почему возникают продовольственные проблемы?
11. Определите количество расходуемого O<sub>2</sub> и выбрасываемого CO<sub>2</sub> при сжигании 130 тыс. т газовой смеси (метан – 80 %, пропан – 10 %, двуокись углерода – 10 %). Какой объем еловой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,7, Н – 6,2, О – 42,6, а ее плотность – 430 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 10

1. Какими основными событиями характеризуется развитие экологии в XIX в.?
2. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
3. Что такое гомеостаз? В чем его отличие от сервомеханизма?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Проиллюстрируйте действие двух законов термодинамики на примере агроэкосистемы.
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Чем различаются большой и малый круговороты веществ?

8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Дайте определение среды обитания, условий существования и экологических факторов.
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 27 тыс. т природного газа состава, %: CH<sub>4</sub> – 70, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 17, CO<sub>2</sub> – 13. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся CO<sub>2</sub>, если содержание углерода в древесине – 49,2 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 11

1. Какой вклад в науки о природе внесли ученые древности?
2. Какие биосистемы являются надорганизменными? Какие дисциплины изучают эти системы?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Как распределяется энергия в пищевых цепях?
7. Что лежит в основе большого и малого круговорота веществ?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Что такое среда обитания, условия существования, экологические факторы?
10. Какие социально-экономические факторы влияют на коэффициент рождаемости (КР), коэффициент смертности (КС), средний коэффициент фертильности (СКФ)?
11. Определите количество расходуемого кислорода и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 320 тыс. т сланцев с элементным составом, %: С – 68, Н – 9, О – 16,5, N – 1,5, S – 5,0. Какая масса древесины березы с химическим составом, %: С – 50,2, Н – 6,3, О – 43,0 должна быть синтезирована, чтобы поглотить выделившийся углекислый газ?

### Задание № 12

1. Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
2. Чем отличаются популяционные системы от экологических?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.

7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите суммарное количество  $O_2$ , расходуемого при сжигании 12 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1 и 10 тыс. т бутана. Какой необходим годовой прирост древесины в еловом лесу площадью 8000 га для выделения такого количества кислорода, если химический состав древесины, %: – 50,1, Р – 6,3, О – 42,8, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 13

1. Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
2. Какие организмы называются редуцентами?
3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
5. Что такое чистая энергия?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Какой процесс называется аммонификацией?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтными?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите суммарное количество  $CO_2$ , выделяющегося при сжигании 22 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1 и 24 тыс. т пропана. Какой годовой прирост древесины в еловом лесу площадью 5000 га необходим для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,5 %, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 14

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие экологии.
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Что такое малый круговорот веществ?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?

10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество расходуемого  $O_2$  и воздуха при сжигании 220 т газовой смеси (метан – 60 %, пропан – 25 %, бутан – 15 %). Какая площадь древостоев бука необходима для производства такого количества кислорода за три года, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,4, Н – 6,2, О – 42,3, ее плотность равна 680 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 4,6 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 15

1. Что обозначает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. Как влияет человек на круговорот углерода?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество кислорода, расходуемого при сжигании 6 млн т каменного угля с элементным составом, %: С – 76, О – 16, Н – 6, N – 1,5; S – 0,5. Какая масса древесины осины с химическим составом, %: С – 54, Н – 6,3, О – 39 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

### Задание № 16

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Что такое экологические пирамиды и какую закономерность они отражают?
7. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
8. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
9. Что такое экологическая ниша?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?

11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 87 т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 68,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 29,  $\text{CO}_2$  – 3. Определите годовой прирост древесины лиственницы (С – 50,2 %, Н – 6,1 %, О – 43,3 %), необходимый для поддержания баланса в биотехноценозе, если плотность древесины – 570 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 200 га.

#### Задание № 17

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной?
5. Что такое эксергия?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Что такое озоновые дыры; назовите причины их появления.
11. Определите суммарное количество  $\text{O}_2$ , расходуемого на сжигание 220 т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 0,5, S – 1,0 и 65 т метана. Рассчитайте площадь древостоя осины с элементным составом древесины, %: С – 50,2, Н – 6,5, О – 42,5 при плотности 410 кг/м<sup>3</sup> и текущем годовом приросте 7,8 м<sup>3</sup>/га, способного выделить такое количество кислорода за два года.

#### Задание № 18

1. Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?
2. В чем состоят различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. Как происходит процесс разложения органических веществ?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. В чем заключается принципиальное отличие живой материи от неживой с энергетической точки зрения?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Какие экологические факторы относятся к абиотическим?
10. Какие социально-экономические факторы влияют на коэффициент рождаемости (КР), коэффициент смертности (КС), средний коэффициент фертильности (СКФ)?

11. Определите количество расходуемого  $\text{O}_2$  и воздуха при сжигании 620 т газовой смеси (метан – 60 %, пропан – 15 %, бутан – 15 %,  $\text{CO}_2$  – 10 %). Какая площадь древостоев бука необходима для производства такого количества кислорода за 5 лет, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,4, Н – 6,2, О – 42,3, ее плотность равна 680 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 6,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 19

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Какие вещества образуются при фотосинтезе? Напишите уравнение.
4. В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Что такое трофический уровень?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. Какие энергетические ресурсы используются на современном этапе? Назовите их преимущества и недостатки.
11. Определите количество расходуемого  $\text{O}_2$  и выбрасываемого  $\text{CO}_2$  при сжигании 130 тыс. т газовой смеси (метан – 80 %, пропан – 10 %, двуокись углерода – 10 %). Какой объем еловой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,7, Н – 6,2, О – 42,6, а ее плотность – 430 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 20

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. Какие организмы называются консументами?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. Как влияет человек на круговорот углерода?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?

11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 17 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 70,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 7,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 10,  $\text{CO}_2$  – 13. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 49,7 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 21

1. Назовите основных ученых, которые, по Вашему мнению, внесли вклад в развитие экологии.
2. Объясните разницу между понятиями «биоценоз» и «экосистема».
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , образующихся при сжигании 150 т древесины с элементарным составом, %: С – 51, Н – 6, О – 42,1, N – 0,5. Какая площадь пихтовых лесов способна поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 50,4 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а годовой прирост – 7,4 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 22

1. Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
2. Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных экосистем?

11. Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 84 тыс. т мазута с элементарным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 1, S – 0,5. Какая площадь еловых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,6, Н – 6,2, О – 42,7, ее плотность равна 430 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 11,1 м<sup>3</sup>/га?

### Задание №23

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие экологии.
2. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в экосистемах?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 119 т природного газа следующего состава, %:  $\text{CH}_4$  – 85,  $\text{CO}_2$  – 15. Определите годовой прирост древесины лиственницы (С – 50,2 %, Н – 6,1 %, О – 43,3 %), необходимый для поддержания баланса биотехноценоза, если плотность древесины – 570 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 2500 га.

### Задание № 24

1. Какими основными событиями характеризуется развитие экологии в XIX в.?
2. Какие биосистемы изучает экология?
3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. Что такое экологическая сукцессия? Приведите примеры.
5. Чем характеризуется продуктивность экосистемы?
6. Что такое трофическая цепь?
7. Какой процесс называется аммонификацией?
8. Какой процесс называется азотфиксацией?
9. Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтными?
10. Какие тенденции имеет рост численности населения Земли? Как связаны демографические и продовольственные проблемы?



11. Определите количество  $O_2$ , расходуемого при сжигании 25 тыс. т газовой смеси с составом, %:  $CH_4 - 70$ ,  $C_3H_8 - 10$ ,  $C_4H_{10} - 15$ ,  $CO_2 - 5$ . Какая масса древесины дуба с химическим составом, %:  $C - 50,5$ ,  $H - 6,3$ ,  $O - 42,4$  должна быть синтезирована, чтобы компенсировать потребленный кислород?

#### Задание № 25

1. Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
2. Какие организмы называются редуцентами?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите количество  $O_2$ , расходуемого при сжигании 125 тыс. т газовой смеси с составом, %:  $CH_4 - 70$ ,  $C_3H_8 - 10$ ,  $C_4H_{10} - 20$ . Какой годовой прирост древесины дуба с химическим составом, %:  $C - 50,5$ ,  $H - 6,3$ ,  $O - 42,4$  должен быть синтезирован, чтобы компенсировать потребленный кислород, если площадь леса – 15 000 га, а плотность древесины – 630 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 26

1. Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
2. Какие организмы называются консументами?
3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. Что такое чистая энергия?
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. Какой процесс называется аммонификацией?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Что такое пределы толерантности? Приведите примеры эври- и стенобионтных организмов?
10. Чем обусловлено антропогенное эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Определите количества  $CO_2$  и  $H_2O$ , образующихся при сжигании 88 тыс. т древесины с элементным составом, %:  $C - 51$ ,  $H - 6$ ,  $O - 42,1$ ,  $N - 0,5$ . Какой должна быть площадь пихтовых лесов, чтобы поглотить выделившееся количество  $CO_2$  за год, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а годовой прирост – 8,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 27

1. Назовите основные различия между антропоцентрическим и биоцентрическим направлениями в экологии.
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество расходуемого  $O_2$  и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 12 млн т метана. Какая площадь сосновых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %:  $C - 49,8$ ,  $H - 6,3$ ,  $O - 43,9$ , ее плотность равна 400 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев сосны – 5,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 28

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
5. Какая сукцессия называется автотрофной?
6. Как влияет человек на круговорот углерода?
7. Какую закономерность отражают экологические пирамиды?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите количество кислорода, расходуемого при сжигании 900 тыс. т каменного угля с элементным составом, %:  $C - 76$ ,  $O - 16$ ,  $H - 6$ ,  $N - 1,5$ ,  $S - 0,5$ . Какая масса древесины осины с химическим составом, %:  $C - 54$ ,  $H - 6,3$ ,  $O - 39$  должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

### Задание № 29

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем его суть?
2. Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Что такое экологическая ниша?
10. Что такое озоновые дыры? Назовите причины их появления.
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 110 тыс. т природного газа с составом, %:  $\text{CH}_4$  – 60,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 10,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 20,  $\text{CO}_2$  – 10. Какой годовой прирост березовой древесины должен быть синтезирован, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за один год, если площадь леса – 25000 га, содержание углерода в древесине – 50,3 %, а плотность древесины – 610 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 30

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. В чем состоят различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что такое эксергия?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 34 тыс. т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 1,0, S – 0,5. Какая площадь пихтовых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,6, Н – 6,2, О – 42,7, ее плотность равна 410 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 10,1 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 31

1. Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
2. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?

3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Что такое чистая энергия?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Какой процесс называется аммонификацией?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтными?
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите количество аэрозолей, шлаков, двуокиси углерода и двуокиси серы, образующихся при сжигании 115 тыс. т сланцев, если их зольность – 48 %, элементный состав, %: С – 70, Н – 9, О – 16, N – 0,5, S – 1,5. Принять долю шлаков – 0,3, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 90 %. Какой годовой прирост березовой древесины должен быть синтезирован, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за один год, если площадь леса – 5000 га, содержание углерода в древесине – 50,2 %, а плотность древесины – 600 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 32

1. В чем значение учения Ч. Дарвина о естественном отборе?
2. Какие организмы называются редуцентами?
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
10. Почему возникают продовольственные проблемы?
11. Определите количество расходуемого  $\text{O}_2$  и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 8 млн т метана. Какая площадь сосновых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,6, Н – 6,3, О – 43,9, ее плотность равна 400 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост составляет 7,4 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 33

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения?

2. Какие организмы называются продуцентами? Напишите уравнение фотосинтеза.
3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. Какие водные экосистемы Вы знаете?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры низкоэнтропийных систем.
6. Что отражают экологические пирамиды? Перечислите основные типы экологических пирамид.
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Приведите классификацию экологических факторов. Что такое экологическая ниша?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделяющегося при сжигании 20 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1 и 14 тыс. т пропана. Какой необходим годовой прирост древесины в еловом лесу площадью 1000 га для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,5 %, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 34

1. Назовите основных ученых, которые, по Вашему мнению, внесли вклад в развитие экологии.
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Что такое трофический уровень?
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? Как они влияют на организмы?
10. Какие энергетические ресурсы используются на современном этапе? В чем их преимущества и недостатки?
11. Определите количество кислорода, расходуемого при сжигании 25 млн т каменного угля с элементным составом, %: С – 76, О – 16, Н – 6, N – 1,5, S – 0,5. Какая масса древесины осины с химическим составом, %: С – 54, Н – 6,3, О – 39 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

#### Задание № 35

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. В чем состоят различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Как влияет человек на круговорот углерода?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество расходуемого кислорода и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 640 т метана. Какая площадь сосновых лесов необходима для компенсации кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,8, Н – 6,3, О – 43,9, ее плотность равна 390 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев сосны – 8,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 36

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что такое эксергия?
6. Как меняются количество и качество энергии в пищевой цепи?
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите количество аэрозолей, шлаков, двуокиси углерода и двуокиси серы, образующихся при сжигании 11 тыс. т сланцев, если их зольность – 50 %, элементный состав, %: С – 70, Н – 9, О – 16, N – 0,5, S – 1,5. Принять долю шлаков 0,33 %, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 88 %. Какой годовой прирост древесины пихты должен быть синтезирован, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за один год, если площадь леса – 15000 га, содержание углерода в древесине – 50,1 %, а плотность древесины – 410 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 37

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Что такое экологическая ниша?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяющихся при сжигании 27 тыс. т природного газа с составом, %:  $\text{CH}_4$  – 80,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 17,  $\text{CO}_2$  – 3. Какой годовой прирост древесины пихты необходим в лесу площадью 16000 га для поглощения выделившегося за год углекислого газа, если содержание углерода в древесине 50,4 %, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 38

1. Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление науки экологии?
2. Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
3. Как происходит процесс разложения органических веществ?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной?
5. В чем заключается принципиальное отличие живой материи от неживой с энергетической точки зрения?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Какие экологические факторы относятся к абиотическим?
10. Что такое озоновые дыры? Назовите причины их появления.
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 388 тыс. т бурого угля с элементарным составом, %: С – 71, Н – 6, О – 20, N – 1,5, S – 1,5. Какая площадь березовых лесов необходима, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за два года, если содержание углерода в древесине – 50,2 %, ее плотность – 600 кг/м<sup>3</sup>, а годовой прирост – 4,6 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 39

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие науки экологии.

2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Что такое экологические пирамиды и какую закономерность они отражают?
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 78 тыс. т бурого угля с элементарным составом, %: С – 71, Н – 6, О – 20, N – 1,5, S – 1,5. Определите площадь леса, необходимую для поддержания баланса биотехноценоза, если химический состав древесины, %: С – 50, Н – 6,1, О – 43,3, ее плотность – 400 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост – 7,2 м<sup>3</sup>/га.

### Задание № 40

1. Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Что такое трофический уровень?
7. Что лежит в основе большого и малого круговорота веществ?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Что такое среда обитания, условия существования, экологические факторы?
10. К каким экологическим проблемам может привести неконтролируемый рост численности населения?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 178 тыс. т бурого угля с элементарным составом, %: С – 71, Н – 6, О – 20, N – 1,5, S – 1,5. Определите годовой прирост древесины лиственницы, необходимый для поддержания баланса биотехноценоза в лесу площадью 11000 га, если химический состав древесины, %: С – 50, Н – 6,1, О – 43,3, а ее плотность – 570 кг/м<sup>3</sup>.

### Задание № 41

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. Какие организмы называются консументами?

3. Какой процесс называется фотосинтезом?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Какие организмы способны фиксировать азот из атмосферы?
9. Как можно классифицировать экологические факторы?
10. Что такое озоновые дыры? Назовите причины их появления.
11. Определите количество расходуемого кислорода и газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 320 тыс. т сланцев с элементным составом, %: С – 68, Н – 9, О – 16,5, N – 1,5, S – 5. Какая площадь пихтовых лесов способна поглотить выделившееся количество CO<sub>2</sub> за три года, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а годовой прирост – 9,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 42

1. Назовите основные различия между антропоцентрическим и биоцентрическим направлениями в экологии.
2. Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
10. Какие социально-экономические факторы влияют на коэффициент рождаемости и средний коэффициент фертильности?
11. Определите количество расходуемого O<sub>2</sub> и газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 4 млн т метана. Какая площадь сосновых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,8, Н – 6,3, О – 43,9, ее плотность равна 390 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев сосны – 8,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 43

1. Какой вклад в науки о природе внесли ученые древности?
2. В чем состоят различия между понятиями «популяция» и «экосистема»?

3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что такое чистая энергия?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Что такое экологическая пластичность? Приведите примеры эври- и стенобионтных организмов?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество O<sub>2</sub> и воздуха, расходуемых при сжигании 360 тыс. т природного газа (метан – 80 %, пропан – 20 %). Какая масса древесины пихты с химическим составом, %: С – 50,4, Н – 6, О – 43,1 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

#### Задание № 44

1. Какие этапы в становлении науки экологии можно выделить?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. Перечислите различия между первичной и вторичной сукцессией.
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Что такое трофический уровень?
7. Что лежит в основе большого и малого круговорота веществ?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами толерантности? Сформулируйте закон толерантности.
10. Что Вы знаете о применении ветровой энергии?
11. Определите суммарное количество CO<sub>2</sub>, выделяющегося при сжигании 20 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4, О – 3,5, N – 1,5, S – 1,0 и 14 тыс. т пропана. Какой необходим годовой прирост древесины в еловом лесу площадью 1000 га для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,5 %, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 45

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие экологии.
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?

5. Как связаны энергия и деньги?
6. Как распределяется энергия в пищевых цепях?
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 78 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 71, Н – 6, О – 20, N – 1,5, S – 1,5. Определите годовой прирост древесины лиственницы, необходимый для компенсации кислорода в лесу площадью 15000 га, если химический состав древесины, %: С – 50,1, Н – 6,1, О – 43,3, а ее плотность – 570 кг/м<sup>3</sup>.

#### Задание № 46

1. Какие биосистемы изучает экология?
2. Какие вещества образуются при фотосинтезе? Напишите уравнение.
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. Что такое экологическая сукцессия? Приведите примеры.
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Что такое трофическая цепь?
7. Как влияет человек на круговорот углерода?
8. Какой процесс называется азотфиксацией?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора? Какие организмы относятся к эврибионтам?
10. Какие тенденции имеет рост численности населения Земли?
11. Определите количества CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, образующихся при сжигании 45 тыс. т древесины с элементным составом, %: С – 51, Н – 6, О – 42,1, N – 0,5. Какая площадь пихтовых лесов способна поглотить выделившийся углекислый газ за три года, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а годовой прирост – 9,4 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 47

1. Какие биосистемы называются экосистемами? Кто предложил этот термин?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Что такое экологические пирамиды и какую закономерность они отражают?

7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Приведите примеры антагонистических и неантагонистических отношений в природе.
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите суммарное количество O<sub>2</sub>, расходуемого на сжигание 850 т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 0,5, S – 1,0 и 150 т пропана. Какой объем древесины должен синтезироваться в еловом лесу для компенсации кислорода, если элементный состав древесины, %: С – 50,4, Н – 6,3, О – 42,8, а плотность – 430 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 48

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. Что такое гомеостаз; в чем его отличие от сервомеханизма?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Какую закономерность отражают экологические пирамиды?
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество O<sub>2</sub>, расходуемого при сжигании 25 тыс. т газовой смеси состава, %: CH<sub>4</sub> – 70, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 10, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 15, CO<sub>2</sub> – 5. Какая масса древесины дуба с химическим составом, %: С – 50,5, Н – 6,3, О – 42,4 должна быть синтезирована, чтобы компенсировать потребленный кислород?

#### Задание № 49

1. Назовите основные различия между антропоцентрическим и биоцентрическим направлениями в экологии.
2. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. В чем различия между городом и агроэкосистемой?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами

толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?

10. Каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите расход кислорода и воздуха, необходимых для сжигания 25 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 70, Н – 7, О – 20,4, N – 2, S – 0,6. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,8, Н – 6, О – 43,9, а ее плотность – 390 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 50

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. Какие организмы называются редуцентами?
3. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Как влияет человек на круговорот углерода?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите количество кислорода, расходуемого при сжигании 35 млн т каменного угля с элементным составом, %: С – 76, О – 16, Н – 6, N – 1,5, S – 0,5. Какая масса древесины осины с химическим составом, %: С – 53,9, Н – 6,3, О – 39 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

#### Задание № 51

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. Какие организмы называются продуцентами?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Что такое эксергия?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?

10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?

11. Определите расход кислорода и воздуха, необходимых для сжигания 140 тыс. т антрацита с элементным составом, %: С – 90, Н – 4,0, О – 3,2, N – 1,5, S – 1,3. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,7, Н – 6, О – 43,9, а ее плотность – 390 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 52

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какой процесс называется фотосинтезом? Напишите уравнение.
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Проиллюстрируйте действие двух законов термодинамики на примере функционирования антропогенной экосистемы.
6. Какую закономерность отражают экологические пирамиды? Приведите примеры.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 15 тыс. т природного газа состава, %: CH<sub>4</sub> – 70, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 17, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 13. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся CO<sub>2</sub>, если содержание углерода в древесине – 49,8 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 53

2. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
3. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
4. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
5. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
6. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
7. Назовите основные энергетические типы экосистем.
8. Как влияет человек на круговорот углерода?
9. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
10. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?

- К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
- Определите количество  $O_2$  и воздуха, расходуемых при сжигании 210 тыс. т природного газа (метан – 80 %, пропан – 20 %). Какая масса древесины пихты с химическим составом, %: С – 50,4, Н – 6, О – 43,1 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

#### Задание № 54

- Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие науки экологии.
- Какие биосистемы изучает экология? В чем различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
- Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
- Что такое экологическая сукцессия? Приведите примеры
- Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
- Что такое трофическая цепь?
- Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
- Какой процесс называется азотфиксацией?
- Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
- Какие тенденции имеет рост численности населения Земли? Как связаны демографические и продовольственные проблемы?
- Определите суммарное количество кислорода, необходимое для сжигания 28 тыс. т газовой смеси (пропан – 55 %, бутан – 45 %) и 60 т бензина автотранспортом. Какой объем березовой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы компенсировать кислород, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,2, Н – 6,2, О – 42,9, а ее плотность – 590 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 55

- Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
- Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
- Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
- Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
- Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
- Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
- Как влияет человек на круговорот углерода?
- Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
- Какой диапазон значений экологического фактора называется пределом то-

лерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?

- Какие социально-экономические факторы влияют на коэффициент рождаемости и средний коэффициент фертильности?
- Определите количество кислорода, расходуемого при сжигании 15 млн т каменного угля с элементным составом, %: С – 76, О – 16, Н – 6, N – 1,5, S – 0,5. Какая масса древесины осины с химическим составом, %: С – 54, Н – 6,3, О – 39 должна быть синтезирована, чтобы выделить такое количество кислорода?

#### Задание № 56

- Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
- Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
- С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
- В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
- Что такое трофический уровень?
- Как меняются количество и качество энергии при переходе с одного трофического уровня на другой?
- Какой процесс называется аммонификацией?
- Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
- Что такое экологическая пластичность? Приведите примеры эври- и стенобионтных организмов?
- В чем состоят преимущества и недостатки энергетических ресурсов, используемых на современном этапе?
- Определите количество  $O_2$ , расходуемого при сжигании 25 тыс. т газовой смеси состава, %:  $CH_4$  – 70,  $C_3H_8$  – 10,  $C_4H_{10}$  – 15,  $CO_2$  – 5. Какая масса древесины дуба с химическим составом, %: С – 50,5, Н – 6,3, О – 42,4 должна быть синтезирована, чтобы компенсировать потребленный кислород?

#### Задание № 57

- Какими основными событиями характеризуется развитие экологии в XX в.?
- Какие биосистемы изучает экология?
- В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
- Что такое экологическая сукцессия? Приведите примеры.
- Что является показателем качества энергии в природе?
- Что такое трофическая цепь?
- Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
- Какой процесс называется азотфиксацией?
- Что такое экологическая ниша?
- Как связаны демографические и продовольственные проблемы?
- Определите количество  $O_2$  и воздуха, расходуемых при сжигании 620 т га-



зовой смеси (метан – 60 %, пропан – 15 %, бутан – 15 %,  $\text{CO}_2$  – 10 %). Какая площадь древостоев бука необходима для производства такого количества кислорода за 5 лет, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,4, Н – 6,2, О – 42,3, ее плотность равна  $680 \text{ кг/м}^3$ , а текущий годовой прирост древостоев –  $3,6 \text{ м}^3/\text{га}$ ?

#### Задание № 58

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. Какую функцию в экосистемах выполняют редуценты?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какие экосистемы относятся к морским?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Что такое экологическая ниша?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяющихся при сжигании 37 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 80,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 20. Какой годовой прирост древесины пихты необходим в лесу площадью 16000 га для поглощения выделившегося за год углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, а ее плотность –  $410 \text{ кг/м}^3$ ?

#### Задание № 59

1. Как учение Ч. Дарвина повлияло на становление экологии?
2. Какие организмы называются консументами? Приведите примеры.
3. В каких условиях может происходить процесс разложения органических веществ?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. В чем заключается принципиальное отличие с энергетической точки зрения живой материи от неживой?
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Какие экологические факторы относятся к биотическим?
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Определите количества расходуемого  $\text{O}_2$  и выделяющихся  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  при сжигании 45 тыс. т торфа с элементным составом, %: С – 60, Н – 5, О – 32, N – 2,5, S – 0,5. Рассчитайте площадь древостоев осины с элементным составом древесины, %: С – 50,2, Н – 6,5, О – 42,5 при плотности  $400 \text{ кг/м}^3$  и текущем годовом приросте  $6,8 \text{ м}^3/\text{га}$ , способного выделить такое количество кислорода за два года.

#### Задание № 60

1. Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
2. В чем состоят различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. Какие типы устойчивости определяют стабильность экосистем к внешним воздействиям?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , образующихся при сжигании 45 тыс. т древесины с элементным составом, %: С – 51, Н – 6, О – 42,1, N – 0,5. Какой должна быть площадь пихтовых лесов, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за три года, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, ее плотность –  $410 \text{ кг/м}^3$ , а годовой прирост –  $9,4 \text{ м}^3/\text{га}$ ?

#### Задание № 61

1. Какой вклад в науки о природе внесли ученые древности?
2. Какие организмы называются продуцентами? Приведите примеры.
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Какие типы экологических пирамид Вы знаете? Каковы их особенности?
7. Что лежит в основе большого и малого круговорота веществ?
8. В чем опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. На какие группы подразделяют экологические факторы?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите количество расходуемого  $\text{O}_2$  и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 32 тыс. т сланцев с элементным составом, %: С – 68, Н – 9, О – 16,5, N – 1,5, S – 5. Какая масса древесины березы с химическим составом, %: С – 50,2, Н – 6,3, О – 43,0 должна быть синтезирована, чтобы поглотить выделившийся углекислый газ?

### Задание № 62

1. Какими основными событиями характеризуется развитие экологии в XX в.?
2. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
3. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Что такое экологическая ниша?
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 123 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 71, Н – 6, О – 20, N – 1,5, S – 1,5. Определите годовой прирост древесины лиственницы, необходимый для поддержания баланса биотехноценоза в лесу площадью 12000 га, если химический состав древесины, %: С – 50, Н – 6,1, О – 43,3, а ее плотность – 570 кг/м<sup>3</sup>.

### Задание № 63

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. Какую функцию в экосистемах выполняют редуценты?
3. Какие существуют виды дыхания? Напишите уравнения.
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?
5. Что такое эксергия?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите расход кислорода и воздуха, необходимых для сжигания 145 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 70, Н – 7,0, О – 20,4, N – 2, S – 0,6. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,7, Н – 6, О – 43,9, а ее плотность – 390 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 64

1. Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?

4. Что такое экологическая сукцессия? Назовите основные типы сукцессий.
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Чем отличаются пастбищные пищевые цепи от детритных?
7. Что лежит в основе большого и малого круговоротов веществ?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. Что такое среда обитания, условия существования и экологические факторы?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите суммарное количество O<sub>2</sub>, расходуемого на сжигание 850 т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 0,5, S – 1 и 150 т пропана. Какой годовой прирост еловой древесины необходим в лесу площадью 7·10<sup>5</sup> га для компенсации расхода кислорода, если элементный состав древесины, %: С – 50,4, Н – 6,3, О – 42,8, а плотность – 430 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 65

1. Назовите основные различия между антропоцентрическим и биоцентрическим направлениями в экологии.
2. В чем заключаются различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
4. Перечислите основные характеристики автотрофной сукцессии.
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Сколько трофических уровней может быть в трофической цепи? Какое место в ней занимает человек?
7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Какой диапазон значений экологического фактора называется пределом толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество расходуемого O<sub>2</sub> и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 320 тыс. т сланцев с элементным составом, %: С – 68, Н – 9, О – 16,5, N – 1,5, S – 5. Какая масса древесины березы с химическим составом, %: С – 50,2, Н – 6,3, О – 43 должна быть синтезирована, чтобы поглотить выделившийся углекислый газ?

### Задание № 66

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?

- Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
- Что является показателем качества энергии в природе?
- Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
- Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
- Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
- Что такое экологическая ниша?
- В чем причина снижения биоразнообразия и каковы его последствия?
- Определите количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяющихся при сжигании 17 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 80,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 7,  $\text{CO}_2$  – 13. Какой необходим годовой прирост древесины пихты в лесу площадью 16000 га для поглощения углекислого газа, выделившегося за год при сжигании топлива, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, а ее плотность – 410  $\text{кг/м}^3$ ?

#### Задание № 67

- Какие периоды в развитии экологии можно выделить?
- Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
- В чем состоят различия между первичной и вторичной сукцессией?
- Приведите примеры экосистем с положительным и отрицательным продукционно-деструкционным балансом.
- Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
- Что такое трофический уровень? Какие трофические уровни занимают хищники?
- Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
- Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
- Какой диапазон значений экологического фактора называется пределом толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от пределов толерантности?
- В чем преимущества и недостатки энергетических ресурсов, используемых в настоящее время?
- Определите количество расходуемого кислорода и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 4 млн т метана. Какая площадь сосновых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,8, Н – 6,3, О – 43,9, ее плотность равна 390  $\text{кг/м}^3$ , а текущий годовой прирост древостоев сосны – 8,4  $\text{м}^3/\text{га}$ ?

#### Задание № 68

- Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
- Какие биосистемы изучает экология?
- Какие существуют виды дыхания?

- Что такое экологическая сукцессия? Приведите примеры автотрофной и гетеротрофной сукцессии.
- Что такое эксергия?
- Что такое трофическая цепь?
- В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
- Какой процесс называется азотфиксацией?
- Как классифицируются биотические экологические факторы? Приведите примеры антагонистических отношений.
- Какие тенденции имеет рост численности населения Земли? Как связаны демографические и продовольственные проблемы?
- Определите количество аэрозолей, шлаков, двуокиси углерода и двуокиси серы, образующихся при сжигании 115 тыс. т сланцев, если их зольность – 50 %, элементный состав, %: С – 70, Н – 9, О – 16, N – 0,5, S – 1,5. Принять долю шлаков – 0,33, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 88 %. Какой годовой прирост березовой древесины должен быть синтезирован, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за один год, если площадь леса – 25000 га, содержание углерода в древесине – 50,3 %, а плотность древесины – 610  $\text{кг/м}^3$ ?

#### Задание № 69

- Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
- Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
- С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
- Какая сукцессия называется гетеротрофной?
- Что такое чистая энергия?
- Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
- Какой процесс называется аммонификацией?
- Какие особенности имеет круговорот фосфора?
- Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтными? Приведите примеры.
- Что такое озоновые дыры, каковы причины их появления?
- Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании автотранспортом 8 тыс. т газовой смеси (пропан – 55 %, бутан – 45 %) и 60 т бензина. Какой объем березовой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 590  $\text{кг/м}^3$ ?

#### Задание № 70

- В чем заключаются особенности науки экологии на современном этапе развития общества?
- Какие организмы называются консументами? Приведите примеры.

3. Чем определяется стабильность экосистем?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. Перечислите основные процессы, которые лежат в основе круговорота азота.
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртути?
9. На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности? Приведите примеры.
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Определите суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании 18 тыс. т газовой смеси (пропан – 50 %, бутан – 50 %) и 60 т бензина. Какая площадь березовых лесов необходима, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 50,2 %, ее плотность – 600 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост – 2,8 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 71

1. Кто был основателем экологии? Как формулируется содержание этой науки?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какие существуют виды дыхания? Напишите уравнения реакций.
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой?
5. Что такое эксергия? В чем разница между энергией высокого и низкого качества?
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 85 тыс. т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 1, S – 0,5. Какая площадь еловых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,6, Н – 6,2, О – 42,7, ее плотность равна 430 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 10,1 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 72

1. Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?
2. Какие организмы называются редуцентами?
3. Как происходит процесс разложения органических веществ?
4. В чем состоят различия между морскими и пресноводными экосистемами?

5. В чем заключается принципиальное отличие живой материи от неживой с энергетической точки зрения?
6. Приведите примеры низко- и высокопродуктивных экосистем.
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Какие экологические факторы относятся к абиотическим?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите суммарные количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , выделяющихся при сжигании автотранспортом 43 тыс. т бензина и 28 тыс. т дизельного топлива (необходимые данные взять из табл. 6). Какой необходим годовой прирост древесины в березовом лесу площадью 23000 га для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 610 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 73

1. Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?
4. Какая сукцессия называется автотрофной? Перечислите основные признаки данного типа сукцессии.
5. Как можно оценить эффективность использования энергии?
6. В чем состоят различия между пирамидами чисел, биомассы и энергии?
7. Какой процесс называется нитрификацией?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот воды?
9. Как законы минимума и толерантности можно использовать в сельскохозяйственных системах?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите количество расходуемого  $\text{O}_2$  и выбрасываемого  $\text{CO}_2$  при сжигании 70 тыс. т газовой смеси (метан – 80 %, пропан – 20 %). Какой объем древесины осины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,7, Н – 6,2, О – 42,6, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 74

1. Какой вклад в создание науки экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
3. Какой процесс называется фотосинтезом?
4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой с энергетической точки зрения?

5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Назовите основные энергетические типы экосистем.
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
11. Определите количество аэрозолей, шлаков, двуокиси углерода и двуокиси серы, образующихся при сжигании 75 тыс. т сланцев, если их зольность – 50 %, а элементный состав, %: С – 70, Н – 9, О – 16, N – 0,5, S – 1,5. Принять долю шлаков – 0,33 %, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 88 %. Какой годовой прирост березовой древесины должен быть синтезирован, чтобы поглотить количество  $\text{CO}_2$ , выделившееся за один год, если площадь леса – 45000 га, содержание углерода в древесине – 50,1 %, а плотность древесины – 610 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 75

1. Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
2. Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной? Перечислите основные особенности сукцессии данного типа.
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Что лежит в основе большого и малого круговоротов веществ?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Что такое среда обитания, условия существования, экологические факторы?
10. Что такое озоновые дыры, каковы причины их появления?
11. Определите количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяющихся при сжигании 17 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 80,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 7,  $\text{CO}_2$  – 13. Какой необходим годовой прирост древесины пихты в лесу площадью 16000 га для поглощения выделившегося за год углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,4 %, а ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 76

1. Назовите основных ученых, которые, по Вашему мнению, внесли вклад в развитие экологии.
2. Приведите основные характеристики популяционных систем.
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?

4. Перечислите основные изменения в экосистемах при аутогенной сукцессии.
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
7. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
8. Перечислите причины увеличения коэффициента рециркуляции.
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? Как они влияют на организмы?
10. Какие преимущества и недостатки имеет гидроэнергетика?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 196 т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 68,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 17,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 12,  $\text{CO}_2$  – 3. Определите годовой прирост древесины лиственницы (С – 50,2 %, Н – 6,1 %, О – 43,3 %), необходимый для поддержания баланса в биотехноценозе, если плотность древесины – 570 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 200 га.

#### Задание № 77

1. Кто был основателем науки экологии? Дайте определение этой науки.
2. Какие существуют уровни организации живой материи? Какие из этих уровней являются предметом экологии?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какие изменения происходят в экосистеме при аллогенной сукцессии?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Что Вы знаете о применении ветровой энергии?
11. Определите расход кислорода и воздуха, необходимых при сжигании 125 тыс. т бурого угля с элементным составом, %: С – 70, Н – 7, О – 20,4, N – 2, S – 0,6. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода, если химический состав древесины следующий, %: С – 49,7, Н – 6, О – 43,9, а ее плотность – 390 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 78

1. Что означает термин «экосистема» и кто из ученых его предложил?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Сравните основные функции природных и антропогенных экосистем.
5. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?
6. Что такое трофический уровень? Сколько трофических уровней может быть в пищевой цепи?

- Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
- Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
- Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
- Какие энергетические ресурсы используются на современном этапе? Какие преимущества и недостатки имеет ядерная энергетика?
- Постройте материальный баланс веществ при сжигании 196 т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4 - 80$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8 - 20$ . Определите годовой прирост древесины лиственницы (С – 50,2 %, Н – 6,1 %, О – 43,3 %), необходимый для поддержания баланса в биотехноценозе, если плотность древесины –  $580 \text{ кг/м}^3$ , а площадь леса – 130 га.

### Задание № 79

- Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?
- Какие биосистемы изучает экология?
- Какие организмы осуществляют минерализацию органических веществ в экосистеме?
- Приведите основные признаки зрелости экосистем.
- Проиллюстрируйте действие двух законов термодинамики на примере сельскохозяйственной экосистемы.
- Что такое трофическая цепь? Назовите основные типы.
- Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
- Какой процесс называется азотфиксацией?
- Какие экологические факторы относятся к абиотическим?
- Какие экологические проблемы возникают в связи с загрязнением воздуха?
- Определите количества расходуемого  $\text{O}_2$  и выделяющегося  $\text{CO}_2$  при сжигании 140 тыс. т торфа с элементным составом, %: С – 60, Н – 5, О – 32, N – 2,5, S – 0,5. Рассчитайте площадь древостоя осины с элементным составом древесины, %: С – 50,2, Н – 6,5, О – 42,5 при плотности  $410 \text{ кг/м}^3$  и текущем годовом приросте  $7,8 \text{ м}^3/\text{га}$ , способного выделить такое количество кислорода за два года.

### Задание № 80

- Какие биосистемы изучает экология?
- Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
- В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
- Сукцессии какого типа Вам известны? Сравните автотрофную и гетеротрофную сукцессии.
- Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
- Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.

- Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
- Какие особенности имеет круговорот фосфора?
- Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
- Что такое озоновые дыры и почему они появляются?
- Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 84 тыс. т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 1,0, S – 0,5. Какая площадь древостоев бука необходима для производства такого количества кислорода за 5 лет, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,3, Н – 6,3, О – 42,5, ее плотность равна  $660 \text{ кг/м}^3$ , а текущий годовой прирост древостоев –  $6,6 \text{ м}^3/\text{га}$ ?

### Задание № 81

- Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?
- Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
- В каких условиях может осуществляться процесс разложения органических веществ?
- Приведите примеры антропогенных экосистем.
- В чем заключается принципиальное отличие живой материи от неживой с энергетической точки зрения?
- Назовите основные энергетические типы экосистем.
- Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
- Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
- Какие экологические факторы относятся к абиотическим?
- К каким последствиям приводит уничтожение лесов?
- Определите количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , образующихся при сжигании 55 тыс. т древесины с элементным составом, %: С – 51, Н – 6, О – 42,1, N – 0,5. Какая нужна площадь пихтовых лесов, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за три года, если содержание углерода в древесине – 50,2 %, ее плотность –  $410 \text{ кг/м}^3$ , а годовой прирост –  $8,4 \text{ м}^3/\text{га}$ ?

### Задание № 82

- Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
- Какие биосистемы изучает экология?
- На какие группы подразделяются свойства экосистем? Какие свойства называются эмерджентными?
- Приведите основные признаки зрелости экосистем.
- Что является показателем качества энергии в природе?
- Сколько трофических уровней может быть в пищевой цепи? Какое место в ней занимает человек?

7. Что лежит в основе большого и малого круговоротов веществ?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот ртуты?
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности. Приведите примеры организмов с широким пределом толерантности.
10. Какие экологические проблемы возникают в связи с загрязнением водных объектов?
11. Определите суммарные количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , выделяющихся при сжигании автотранспортом 10 тыс. т дизельного топлива 13 тыс. т бензина (необходимые данные возьмите из табл. 6) и 18 тыс. т газового топлива (пропан – 55 %, бутан – 45 %). Каким должен быть годовой прирост древесины в березовом лесу площадью 12000 га для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 600 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 83

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. Какие организмы называются консументами?
3. Какой процесс называется фотосинтезом? Какие организмы осуществляют этот процесс?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Что такое первичная и вторичная продукция экосистемы?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 38 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 60,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 17,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 20,  $\text{CO}_2$  – 3. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 49,5 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 84

1. Какими основными событиями характеризуется развитие экологии в XX в.?
2. В чем состоит различие между фото- и хемоавтотрофами?
3. Как соотносятся скорости синтеза и разложения органических веществ в биосфере?
4. Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?

5. Что такое чистая энергия?
6. Какую закономерность отражают экологические пирамиды? Какие типы пирамид Вы знаете?
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот фосфора?
9. Что такое экологическая ниша?
10. В чем заключаются особенности загрязнения пресноводных и морских экосистем?
11. Определите суммарное количество  $\text{O}_2$ , расходуемого на сжигание 340 т мазута с элементным составом, %:  $\text{C}$  – 88,  $\text{H}$  – 10,  $\text{O}$  – 0,5,  $\text{N}$  – 0,5,  $\text{S}$  – 1,0 и 58 т бутана. Какой годовой прирост еловой древесины необходим в лесу площадью  $7 \cdot 10^5$  га для компенсации расхода кислорода, если элементный состав древесины, %:  $\text{C}$  – 50,4,  $\text{H}$  – 6,3,  $\text{O}$  – 42,8, а плотность – 430 кг/м<sup>3</sup>?

### Задание № 85

1. Каковы основные особенности изучения экологии на современном этапе?
2. На какие функциональные группы делятся живые организмы в экосистеме?
3. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. В чем заключается принципиальное отличие живой материи от неживой с энергетической точки зрения?
6. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
7. Какой процесс называется аммонификацией?
8. В чем состоит опасность включения в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
9. Что такое экологическая пластичность? Какие организмы называются эври- и стенобионтными?
10. Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
11. Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 56 тыс. т мазута с элементным составом, %:  $\text{C}$  – 88,  $\text{H}$  – 10,  $\text{O}$  – 0,5,  $\text{N}$  – 1,0,  $\text{S}$  – 0,5. Какая площадь сосновых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %:  $\text{C}$  – 50,6,  $\text{H}$  – 6,2,  $\text{O}$  – 42,7, ее плотность равна 490 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 8,1 м<sup>3</sup>/га?

### Задание № 86

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие экологии.
2. Какие биосистемы являются надорганизменными? Какая дисциплина изучает эти системы?

3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. Какая сукцессия называется гетеротрофной?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Какой процесс называется денитрификацией?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. Что такое озоновые дыры, каковы причины их появления?
11. Определите количество аэрозолей и двуокиси углерода, образующихся при сжигании 1256 т торфа, если их зольность – 13 %, а элементный состав, %: С – 60, Н – 6, О – 31, N – 2,5, S – 0,5. Примите долю шлаков – 0,35, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 80 %. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 49,9 %, а ее плотность – 420 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 87

1. Какой вклад в создание экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
2. В чем состоят различия между понятиями «биоценоз» и «экосистема»?
3. В каких условиях может происходить процесс разложения органических веществ?
4. Какая сукцессия называется автотрофной?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Что такое трофические уровни? Сколько трофических уровней может быть в пищевой цепи?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода? Как на него влияет человек?
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. Каковы причины и последствия парникового эффекта?
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 17 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4$  – 70,  $\text{C}_3\text{H}_8$  – 7,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – 10,  $\text{CO}_2$  – 13. Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 49,7 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 88

1. Как учение Ч. Дарвина о естественном отборе повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?

2. Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
3. Какие организмы участвуют в конечном этапе разложения органических веществ в экосистеме?
4. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
5. Как можно охарактеризовать качество энергии?
6. Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
7. Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Какие экологические факторы называются лимитирующими? В чем их значение?
10. К каким экологическим проблемам приводит рост народонаселения?
11. Определите суммарные количества  $\text{CO}_2$  и СО, выделяющихся при сжигании автотранспортом 13 тыс. т бензина и 18 тыс. т дизельного топлива. Какой необходим годовой прирост древесины в березовом лесу площадью 12000 га для поглощения выделившегося углекислого газа, если содержание углерода в древесине – 50,2 %, а ее плотность – 610 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 89

1. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть этого учения?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
4. Какие причины могут привести к изменениям в экосистемах?
5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
7. Какие процессы лежат в основе круговорота углерода?
8. Какое влияние на круговорот азота оказывает человек?
9. Что такое экологическая ниша?
10. Какие преимущества и недостатки имеет ядерная энергетика?
11. Определите суммарное количество  $\text{O}_2$ , расходуемого на сжигание 342 т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 0,5, S – 1 и 58 т бутана. Какой годовой прирост еловой древесины необходим в лесу площадью  $7 \cdot 10^5$  га для компенсации расхода кислорода, если элементный состав древесины, %: С – 50,4, Н – 6,3, О – 42,8 при плотности 430 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 90

1. Какой период в истории человечества связан с накоплением эмпирических знаний о природе?
2. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
3. Какие типы устойчивости к внешним воздействиям определяют стабильность экосистем?



4. В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой с энергетической точки зрения?
5. Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
6. Как можно оценить эффективность использования энергии?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Перечислите основные стадии биотического круговорота азота.
9. Приведите классификацию экологических факторов.
10. Какие тенденции имеет рост численности населения Земли? Как связаны демографические и продовольственные проблемы?
11. Определите количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 17 тыс. т природного газа состава, %:  $\text{CH}_4 - 70$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8 - 7$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10} - 10$ ,  $\text{CO}_2 - 13$ . Какой объем сосновой древесины должен быть синтезирован в лесной экосистеме, чтобы поглотить выделившийся  $\text{CO}_2$ , если содержание углерода в древесине – 49,7 %, а ее плотность – 490 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 91

1. Назовите ученых, которые, по Вашему мнению, внесли основной вклад в развитие науки экологии.
2. Какие биосистемы изучает экология?
3. Чем обеспечивается сохранение стабильности биосферы?
4. Что такое экологическая сукцессия? Чем отличаются первичные сукцессии от вторичных?
5. Как связаны энергия и деньги?
6. Что такое трофическая цепь?
7. Какой процесс называется азотфиксацией?
8. Какие особенности имеет круговорот фосфора?
9. Как зависит жизнедеятельность организма от количественного значения экологического фактора?
10. Какие существуют источники загрязнения поверхностных вод?
11. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 178 тыс. т бурого угля с элементным составом, %:  $\text{C} - 71$ ,  $\text{H} - 6$ ,  $\text{O} - 20$ ,  $\text{N} - 1,5$ ,  $\text{S} - 1,5$ . Определите годовой прирост древесины лиственницы, необходимый для поддержания баланса биотехноценоза в лесу площадью 11000 га, если химический состав древесины, %:  $\text{C} - 50$ ,  $\text{H} - 6,1$ ,  $\text{O} - 43,3$ , а ее плотность – 570 кг/м<sup>3</sup>.

#### Задание № 92

1. Что такое экосистема, и кто из ученых предложил этот термин?
2. Какие организмы называются консументами?
3. Какие существуют виды дыхания?
4. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?

5. Что является показателем качества энергии в природе?
6. Что такое первичная и вторичная продукция?
7. В чем состоят особенности малого круговорота веществ?
8. Как деятельность человека повлияла на круговорот фосфора?
9. Как классифицируются биотические экологические факторы?
10. Что такое эвтрофирование водоемов? Как оно проявляется?
11. Определите количество аэрозолей, шлаков, двуокиси углерода и двуокиси серы, образующихся при сжигании 150 тыс. т сланцев, если их зольность – 50 %, элементный состав, %:  $\text{C} - 70$ ,  $\text{H} - 9$ ,  $\text{O} - 16$ ,  $\text{N} - 0,5$ ,  $\text{S} - 1,5$ . Принять долю шлаков 0,33, а эффективность очистки газовых выбросов фильтрами – 88 %. Какой годовой прирост березовой древесины должен быть синтезирован, чтобы поглотить выделившееся количество  $\text{CO}_2$  за один год, если площадь леса – 35000 га, содержание углерода в древесине – 50,1 %, а плотность древесины – 600 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 93

1. Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
2. Какую функцию в экосистемах выполняют редуценты?
3. Какие свойства экосистем называются эмерджентными?
4. Приведите примеры антропогенных экосистем.
5. Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?
6. Как можно оценить эффективность использования энергии?
7. Что лежит в основе большого и малого круговоротов веществ?
8. Как осуществляется возврат веществ в круговорот?
9. Что такое среда обитания, условия существования, экологические факторы?
10. Почему происходит деградация наземных экосистем?
11. Определите количество расходуемого кислорода и выбрасываемых газообразных примесей при сжигании 32 тыс. т сланцев с элементным составом, %:  $\text{C} - 68$ ,  $\text{H} - 9$ ,  $\text{O} - 16,5$ ,  $\text{N} - 1,5$ ,  $\text{S} - 5,0$ . Какая масса древесины березы с химическим составом, %:  $\text{C} - 50,2$ ,  $\text{H} - 6,3$ ,  $\text{O} - 43,0$  должна быть синтезирована, чтобы поглотить выделившийся углекислый газ?

#### Задание № 94

2. Какой период развития экологии связан с изучением взаимоотношений природы и общества?
3. В чем состоят различия между понятиями «биотехноценоз» и «экосистема»?
4. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
5. Какие природные водные экосистемы Вы знаете?
6. Чем отличается высококачественная энергия от низкокачественной?

- Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
- Какие процессы лежат в основе круговорота углерода? Как на него влияет человек?
- Как можно оценить степень рециркуляции веществ?
- Каким образом живые организмы могут компенсировать действие лимитирующих факторов?
- В чем причины антропогенного эвтрофирования водоемов? Как его можно предотвратить?
- Определите суммарное количество кислорода, расходуемого на сжигание 142 т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 0,5, S – 1,0 и 160 т бутана. Какой годовой прирост еловой древесины необходим в лесу площадью  $5 \cdot 10^5$  га для компенсации расхода кислорода, если элементный состав древесины, %: С – 50,4, Н – 6,3, О – 42,8, а плотность – 420 кг/м<sup>3</sup>?

#### Задание № 95

- Какой вклад в создание науки экологии внесли естествоиспытатели эпохи Возрождения (V–VIII в.)?
- Какую функцию в экосистемах выполняют продуценты?
- Как происходит процесс разложения органических веществ?
- Какие природные наземные экосистемы Вы знаете?
- Что такое энтропия? Приведите примеры высоко- и низкоэнтропийных систем.
- Какую закономерность передачи энергии в пищевых цепях показывают экологические пирамиды? Какие типы пирамид Вы знаете?
- Какие стадии биотического круговорота азота Вы знаете?
- Чем опасно включение в круговорот стронция-90 и цезия-137 для человека и других живых организмов?
- Приведите классификацию экологических факторов.
- Каковы причины и последствия парникового эффекта?
- Определите количество расходуемого O<sub>2</sub> и воздуха при сжигании 265 тыс. т природного газа (метан – 80 %, пропан – 20 %). Какая масса древесины пихты с химическим составом, %: С – 50,4, Н – 6,0, О – 43,1 должна быть синтезирована, чтобы выделить такое количество кислорода?

#### Задание № 96

- Каковы задачи современной экологии?
- На какие функциональные группы делятся живые организмы?
- В чем состоят различия между аэробным и анаэробным дыханием?
- Приведите основные признаки зрелости экосистем.
- Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
- Назовите основные энергетические типы экосистем.

- Какое влияние на круговорот воды оказывает человек?
- Какой процесс называется нитрификацией?
- Как можно классифицировать экологические факторы?
- Почему выпадают кислотные дожди? Каковы их последствия?
- Определите количества расходуемого O<sub>2</sub> и выделяющегося CO<sub>2</sub> при сжигании 40 тыс. т торфа с элементным составом, %: С – 60, Н – 5, О – 32, N – 2,5, S – 0,5. Рассчитайте площадь древостоя осины с элементным составом древесины, %: С – 50,2, Н – 6,5, О – 42,5 при плотности 410 кг/м<sup>3</sup> и текущем годовом приросте 6,8 м<sup>3</sup>/га, способного выделить такое количество кислорода за два года.

#### Задание № 97

- Какие этапы в становлении экологии как самостоятельной науки можно выделить?
- Какие компоненты экосистемы относятся к абиотическим?
- Какие типы устойчивости определяют стабильность экосистем к внешним воздействиям?
- Дайте определение сукцессии. Сукцессии какого типа Вам известны?
- Как можно оценить эффективность использования энергии?
- Нарисуйте схему передачи энергии в пищевых цепях.
- Каким образом может связываться газообразный азот атмосферы? Как называется этот процесс?
- Какие особенности имеет круговорот фосфора?
- Сформулируйте законы минимума и толерантности.
- Что такое озоновые дыры, каковы причины их появления?
- Определите количество расходуемого O<sub>2</sub> и воздуха при сжигании 540 т газовой смеси (метан – 60 %, пропан – 30 %, CO<sub>2</sub> – 10 %). Какая площадь древостоев бука необходима для производства такого количества кислорода за 5 лет, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,4, Н – 6,2, О – 42,3, ее плотность равна 690 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоя – 4,6 м<sup>3</sup>/га?

#### Задание № 98

- Какой вклад в создание экологии внесли ученые древности?
- Биосистемы какого уровня являются предметом экологии?
- В каких условиях может происходить процесс разложения органических веществ?
- В чем состоят различия между городом и агроэкосистемой с энергетической точки зрения?
- Как можно проиллюстрировать действие двух законов термодинамики в экосистемах?

6. Как меняются количество и качество энергии в трофической цепи?
7. Что лежит в основе большого и малого круговоротов веществ?
8. Какие биогеохимические циклы называются осадочными?
9. Что понимается под биотическими экологическими факторами? Приведите примеры антагонистических отношений в природе.
10. Почему возникают продовольственные проблемы?
11. Определите количества расходуемого  $O_2$  и выделяющегося  $CO_2$  при сжигании 140 тыс. т торфа с элементным составом, %: С – 60, Н – 5, О – 32, N – 2,5, S – 0,5. Рассчитайте площадь древостоя осины с элементным составом древесины, %: С – 50,2, Н – 6,5, О – 42,5 при плотности 410 кг/м<sup>3</sup> и текущем годовом приросте 7,8 м<sup>3</sup>/га, способного выделить такое количество кислорода за два года.

### Задание № 99

1. Какие основные события XV–XVIII в. повлияли на становление экологии как самостоятельной науки?
2. Какие биосистемы называются популяционными? Приведите их основные характеристики.
3. Какие организмы осуществляют процесс фотосинтеза?
4. Как соотносятся скорости автотрофных и гетеротрофных процессов в биосфере?
5. Как распределяется солнечная энергия, поступающая на Землю?
6. Какие компоненты входят в пастбищную и детритную пищевые цепи?
7. Какие особенности имеет круговорот воды?
8. Нарисуйте схему превращений азота в биотическом круговороте.
9. Как подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности? Приведите примеры.
10. Какие преимущества и недостатки имеет ядерная энергетика?
11. Определите количество расходуемого  $O_2$  и воздуха при сжигании 360 тыс. т природного газа (метан – 80 %, пропан – 20 %). Какая масса древесины пихты с химическим составом, %: С – 50,4, Н – 6,0, О – 43,1 должна быть синтезирована, чтобы выделилось такое количество кислорода?

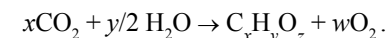
### Задание № 100

1. Как учение Ч. Дарвина повлияло на становление экологии как самостоятельной науки?
2. Чем отличаются популяционные системы от экосистем?
3. В ходе каких процессов происходит разложение органических веществ?
4. В чем состоят различия между автотрофной и гетеротрофной сукцессией?
5. Что такое чистая энергия?
6. Что такое трофическая цепь? Какие типы трофических цепей существуют?

7. Какие процессы лежат в основе круговорота азота?
8. Какое влияние на круговорот фосфора оказывает человек?
9. Что такое экологическая пластичность? Приведите примеры эври- и стенобионтных организмов.
10. Какие энергетические ресурсы используются на современном этапе? В чем их преимущества и недостатки?
11. Определите количество газообразных примесей, выбрасываемых при сжигании 84 тыс. т мазута с элементным составом, %: С – 88, Н – 10, О – 0,5, N – 1,0, S – 0,5. Какая площадь еловых лесов необходима для поддержания баланса в биотехноценозе, если химический состав древесины следующий, %: С – 50,6, Н – 6,2, О – 42,7, ее плотность равна 430 кг/м<sup>3</sup>, а текущий годовой прирост древостоев – 11,1 м<sup>3</sup>/га?

## МАТЕРИАЛЬНЫЕ ПОТОКИ ВЕЩЕСТВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

**Леса** – составная и очень важная часть биосферы. Это крупнейший накопитель солнечной энергии и биологической массы, один из источников кислорода на Земле. Благодаря процессу фотосинтеза осуществляется одна из важнейших функций лесов – газовая, в результате чего из атмосферы выводится углекислый газ и поступает кислород. Уравнение фотосинтеза, описывающее процесс создания вещества древесины, можно представить в общем виде:



Число атомов С, Н и О ( $x, y, z$ ), входящих в состав древесины, зависит от породы деревьев.

Элементный состав древесины (значения  $x, y, z$ ) рассчитывается исходя из процентного соотношения С, Н и О (табл. 1) по формулам

Таблица 1

Химический состав древесины (% абсолютно сухого веса)

Древесная порода	С	Н	О	Зольные элементы
Береза	50,2	6,2	43,0	0,6
Бук	50,4	6,2	42,3	1,1
Дуб	50,5	6,3	42,3	0,9
Ель	50,5	6,2	42,8	0,5
Лиственница	50,1	6,3	43,2	0,4
Осина	50,3	6,3	42,6	0,8
Пихта	50,4	6,0	43,1	0,5
Сосна	49,6	6,4	43,6	0,4

$$x = \frac{C}{A_1}, \quad y = \frac{H}{A_2}, \quad z = \frac{O}{A_3},$$

где С, Н, О – содержание углерода, водорода и кислорода в соответствующей породе древесины, %;  $A_1, A_2, A_3$  – атомные массы углерода, водорода и кислорода.

### Пример

Рассчитайте коэффициенты  $x, y, z$  для древесины лиственницы.

Общая формула древесины  $C_xH_yO_z$ ; процентное содержание углерода в древесине лиственницы составляет 50,1; атомная масса углерода – 12, следовательно,

$$x = \frac{50,1}{12} = 4,18.$$

Аналогично рассчитываются  $y$  и  $z$ :

$$y = \frac{6,3}{1} = 6,3, \quad z = \frac{43,2}{16} = 2,7.$$

Коэффициент  $w$  определяется через  $x, y, z$  из баланса числа атомов кислорода в уравнении фотосинтеза:

$$2x + y/2 = z + 2w,$$

следовательно,

$$w = x + y/4 - z/2.$$

При расчетах по уравнению фотосинтеза необходимо знать массу создаваемой древесины в абсолютно сухом весе, но в справочной литературе данные о запасах, приросте древесины даются в кубических метрах. Пересчет объемов древесины на абсолютно сухой вес производится по формуле

$$M_{\text{древ}} = PV,$$

где  $M_{\text{древ}}$  – масса абсолютно сухой древесины, кг;  $P$  – плотность древесины абсолютно сухого веса, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность зависит от строения древесины и содержания в ней экстрактивных веществ (смола). Средние значения плотности древесины различных пород приведены в табл. 2.

Зная плотность древесины, можно рассчитать содержание сухого вещества в объеме древесины  $V, \text{ м}^3$ .

Таблица 2

Плотность древесины различных пород

Хвойные породы	$P, \text{ кг/м}^3$	Лиственные породы	$P, \text{ кг/м}^3$
Ель	430	Береза	600
Лиственница	570	Бук	680
Пихта	410	Дуб	650
Сосна	490	Осина	410

Если известно количество вещества древесины ( $M_{\text{древ}}$ ), созданного в лесу, то по формулам можно определить количества поглощенных при этом углекислого газа, воды и выделившегося кислорода:

$$M_{\text{CO}_2} = (x/100) \cdot (\text{молекулярная масса CO}_2) M_{\text{древ}};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (y/2 \cdot 100) \cdot (\text{молекулярная масса H}_2\text{O}) M_{\text{древ}};$$

$$M_{\text{O}_2} = (w/100) \cdot (\text{молекулярная масса O}_2) M_{\text{древ}}.$$

### Пример

Какое количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  потребляется и какое количество  $\text{O}_2$  выделяется при создании 100 м<sup>3</sup> древесины кедра с элементным составом: С = 49,8 %, Н = 6,3 %, О = 43,5 % и плотностью 440 кг/м<sup>3</sup>?

1. Определяем коэффициенты  $x, y, z, w$  для древесины кедра:

$$x = \frac{49,8}{12} = 4,15; \quad y = \frac{6,3}{1} = 6,3;$$

$$z = \frac{43,5}{16} = 2,7; \quad w = 4,15 + \frac{6,3}{4} - \frac{2,7}{2} = 4,38.$$

2. Пересчитываем объем древесины в абсолютно сухой вес при плотности древесины кедра 440 кг/м<sup>3</sup>:

$$M_{\text{древ}} = 100 \cdot 440 = 44000 \text{ кг} = 44 \text{ т}.$$

3. Определяем поглощенные количества  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{4,15}{100} \cdot 44 \cdot 44 = 80,3 \text{ т};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{6,3}{2 \cdot 100} \cdot 18 \cdot 44 = 24,9 \text{ т.}$$

4. Определяем количество выделившегося  $\text{O}_2$ :

$$M_{\text{O}_2} = \frac{4,15}{100} \cdot 32 \cdot 44 = 61,7 \text{ т.}$$

Часто при изучении древостоев определяют текущий годовой прирост  $V_{\text{год}}$ , т. е. созданный за один год объем древесины на площади леса в 1 га ( $\text{м}^3/\text{га}\cdot\text{год}$ ). Годовой прирост зависит от породы, возраста и бонитета древостоя.

**Бонитет** (от лат. *bonitas* – доброкачественность) – показатель продуктивности насаждений, зависящий от условий произрастания. Бонитировочная шкала состоит из 5 основных классов. К I классу относятся наиболее продуктивные насаждения, а к V – наименее продуктивные. Скорость роста древостоя увеличивается с повышением класса бонитета.

В табл. 3 приведены значения годовых приростов основных лесообразующих пород I бонитета, более подробные данные можно найти в приложении.

Масса древесины, созданная на 1 га леса за год, с учетом годового прироста равна

$$M_{\text{древ. год}} = PV_{\text{год}}$$

Таблица 3

**Текущий годовой прирост в древостоях основных лесообразующих пород I бонитета ( $\text{м}^3/\text{га}$ )**

Порода	Возраст деревьев, лет				
	15	35	55	75	135
Ель	7,6	11,1	11,6	10,7	6,9
Сосна	8,2	10,7	9,6	7,8	4,2
Пихта	7,6	11,1	11,6	10,7	6,9
Береза	7,6	8,5	7,3	5,0	3,9
Осина	11,4	11,4	9,0	5,5	–
Дуб	10,9	10,5	8,3	5,9	4,0

### Пример

Определите потребление  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и выделение  $\text{O}_2$  в древостоях при создании прироста древесины кедра, равного  $10,7 \text{ м}^3/\text{га}\cdot\text{год}$ .

1. Коэффициенты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$  определены в предыдущей задаче:  $x = 4,15$ ;  $y = 6,3$ ;  $z = 2,7$ ;  $w = 4,38$ .

2. Пересчитываем объем древесины на абсолютно сухой вес при текущем годовом приросте  $V_{\text{год}}$ , равном  $10,7 \text{ м}^3/\text{га}$ :

$$M_{\text{древ. год}} = P \cdot V_{\text{год}} = 440 \cdot 10,7 = 4708 \text{ кг/га.}$$

3. Определяем количества поглощенных  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{4,15}{100} \cdot 44 \cdot 4708 = 8596,8 \text{ кг;}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{6,3}{2 \cdot 100} \cdot 18 \cdot 4708 = 2669,4 \text{ кг.}$$

4. Определяем количество выделившегося  $\text{O}_2$ :

$$M_{\text{O}_2} = \frac{4,38}{100} \cdot 32 \cdot 4708 = 6598,7 \text{ кг.}$$

### Контрольные задания

1. Определите потребление  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и выделение  $\text{O}_2$  разными породами деревьев (по заданию преподавателя) при создании годового прироста древесины. Данные для расчетов приведены в табл. 1, 2, 3. Определите наиболее производительную породу по выделению  $\text{O}_2$  и возраст, в котором это происходит.

2. Какое количество древесины на 1 га в еловом лесу должно быть создано, чтобы при этом было поглощено 3 т углекислого газа?

3. Какое количество древесины на 1 га в сосновом лесу должно быть создано, чтобы выделилось 3 т кислорода?

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Защита атмосферного воздуха от загрязнений является одной из наиболее острых проблем современности. В настоящее время имеется множество источников антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферы и приводящих к серьезным нарушениям экологического равновесия.

Использование ископаемого топлива на энергетические, технологические и другие нужды связано с выбросом в воздушную среду большого количества загрязняющих веществ. То приводит к возникновению сложной экологической проблемы переноса загрязнений в атмосфере. Так как атмосфера является самой подвижной средой биосферы, то массы воздуха и загрязнений переносятся на значительные расстояния и могут влиять на экологическую ситуацию целых регионов.

Состав загрязняющих веществ в атмосфере зависит от вида сжигаемого топлива.

## Расчет газовых выбросов при сжигании твердого и жидкого топлива

Твердое, жидкое и газообразное топливо используются в промышленности, тепловой энергетике и автотранспорте. Образующиеся при их сжигании загрязняющие вещества составляют около 30 % от общего количества антропогенных выбросов газов в атмосферу.

В табл. 4 приведен элементный состав основных видов твердого и жидкого органического топлива.

Таблица 4

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

При сжигании приведенных видов топлива образуются оксиды углерода, азота, серы и пары воды.

**Диоксид углерода  $CO_2$**  – углекислый газ, в небольшой концентрации (0,03 %) постоянно находится в воздухе, обладает наркотическим действием, раздражает кожу и слизистые оболочки. Диоксид углерода образуется в значительных количествах при сжигании всех видов топлива. За 100 последних лет содержание  $CO_2$  в атмосфере увеличилось на 25 %. Ежегодное возрастание концентрации  $CO_2$  может привести к парниковому эффекту, т. е. к повышению средней температуры Земли, массовому таянию ледников, подъему уровня Мирового океана и затоплению огромных территорий.

**Оксид углерода  $CO$** , или угарный газ, образуется при неполном сгорании топлива. В атмосфере  $CO$  окисляется до  $CO_2$ . Для человека и животных угарный газ является смертельным ядом, так как лишает ткани тела необходимого кислорода, резко снижая содержание оксигемоглобина. Выбросы  $CO$  на 80 % связаны с работой автотранспорта при применении механизмов с двигателями внутреннего сгорания, работающими на бензине и дизельном топливе, поэтому в данном расчете не учитываются.

Среди оксидов азота наиболее распространенными загрязнителями атмосферного воздуха являются  $NO$  и  $NO_2$  (их сумма обозначается  $NO_x$ ).

**Оксид азота  $NO$**  – бесцветный газ, который кислородом воздуха окисляется до  $NO_2$ . Однако в результате фотолиза  $NO_2$  может вновь разлагаться с образованием  $NO$ . Их соотношение зависит от интенсивности солнечного излучения, кон-

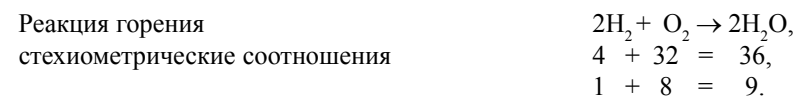
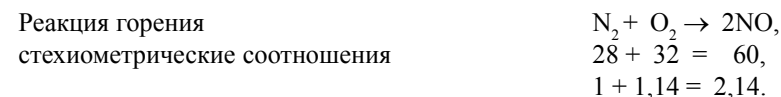
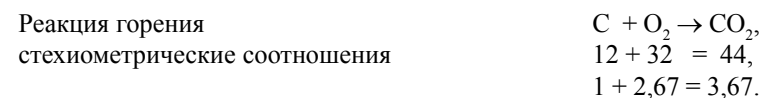
центрации окислителей и других факторов. Реагируя с атмосферной влагой, оксиды азота образуют азотистую и азотную кислоты. Антропогенные выбросы оксидов азота поступают в атмосферу с дымовыми газами ТЭЦ, металлургических предприятий, с газами заводов, производящих азотные минеральные удобрения, при работе автотранспорта и т. д. При этом абсолютные количества  $NO$  и  $NO_2$  и их соотношения резко зависят от режима горения и температуры пламени. По литературным данным, в продуктах сгорания значительно больше  $NO$ , чем  $NO_2$ . Так как атмосфера представляет собой среду, обладающую окислительными свойствами, то  $NO$  в течение нескольких часов окисляется до  $NO_2$ .

**Оксид серы  $SO_2$  (сернистый газ)** – негорючий бесцветный газ, попадает в атмосферу, в основном, с дымовыми газами тепловых установок. Количество выделившегося оксида серы зависит от содержания серы в сжигаемом топливе. Так, например, в углях Урала содержится 6 % серы, Донбасса – до 3,5 %, а Кузбасса – 0,5...1 %.  $SO_2$  хорошо растворяется в воде с образованием сернистой кислоты. При фотохимических и каталитических процессах в атмосфере  $SO_2$  превращается в  $SO_3$ , который во влажном воздухе образует серную кислоту.

Оксиды серы являются типичными представителями кислотообразующих веществ, оказывают наибольшее влияние на кислотность среды и являются основной причиной кислотных дождей.

**Пары воды  $H_2O$**  образуются в результате окисления водорода. Водяной пар вместе с  $CO_2$  обладает парниковым эффектом.

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



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:

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

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

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

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

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

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 с элементным составом: C – 51 %; H – 6 %; O – 42,5 %; N – 0,5 %.

$$M_{O_2} = (2,67 \cdot 51/100 + 8 \cdot 6/100 + 1,14 \cdot 0,5/100 - 42,5/100)2000 =$$

$$= (1,3617 + 0,48 + 0,0057 - 0,425)2000 = 2844,8 \text{ т};$$

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

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

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

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, углекислого газа.

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

2. Определить количество  $CO_2$  и паров воды, образующихся при сжигании 3400 т антрацита.

3. Какое количество воздуха расходуется при сжигании 1800 т мазута, если содержание  $O_2$  в атмосфере составляет 20,93 %?

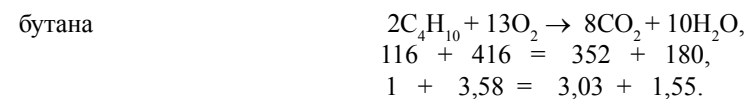
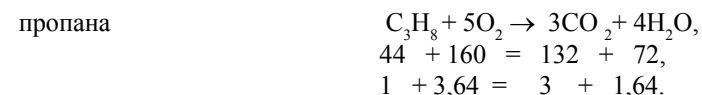
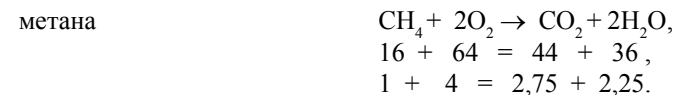
### Расчет газовых выбросов при сжигании газообразного топлива

Основными компонентами газообразного топлива являются горючие газы: метан ( $CH_4$ ), этан ( $C_2H_6$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ), этилен ( $C_2H_4$ ), пропилен ( $C_3H_6$ ), сероводород ( $H_2S$ ), возможно также наличие углекислого ( $CO_2$ ) и сернистого ( $SO_2$ ) 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:



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:

$$M_{O_2} = (4 \cdot CH_4/100 + 3,64 \cdot C_3H_8/100 + 3,58 \cdot C_4H_{10}/100)M_{топл};$$

$$M_{возд} = M_{O_2} / 0,2093;$$

$$M_{CO_2} = (2,75 \cdot CH_4/100 + 3 \cdot C_3H_8/100 + 3,03 \cdot C_4H_{10}/100 + CO_2/100)M_{топл};$$

$$M_{H_2O} = (2,25 \cdot CH_4/100 + 1,64 \cdot C_3H_8/100 + 1,55 \cdot C_4H_{10}/100)M_{топл}.$$

В приведенных формулах значения  $CH_4$ ,  $C_3H_8$  и  $C_4H_{10}$  соответствуют процентному содержанию горючих газов в сжигаемом газообразном топливе. Присутствие в составе горючей массы углекислого газа необходимо учитывать в формуле слагаемым ( $CO_2/100$ ).

Уравнение материального баланса в данном случае имеет вид

$$M_{топл} + M_{O_2} = M_{CO_2} + M_{H_2O}.$$

### Пример

Построить материальный баланс при сжигании 3000 т газа состава:  $CH_4 - 80\%$ ;  $C_4H_{10} - 10\%$ ;  $CO_2 - 10\%$ .

$$M_{O_2} = (4 \cdot 80/100 + 3,58 \cdot 10/100)3000 = (3,2 + 0,358)3000 = 10674 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} = (2,75 \cdot 80/100 + 3,03 \cdot 10/100 + 10/100)3000 = (2,2 + 0,303 + 0,1)3000 = 7809 \text{ т};$$

$$M_{H_2O} = (2,25 \cdot 80/100 + 1,55 \cdot 10/100)3000 = (1,8 + 0,155)3000 = 5865 \text{ т}.$$

Баланс веществ равен

$$M_{топл} + M_{O_2} = 3000 + 10674 = 13674 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} + M_{H_2O} = 7809 + 5865 = 13674 \text{ т}.$$

### 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 (см. состав в табл. 1) и природного газа следующего состава:  $CH_4 - 10\%$ ,  $C_3H_8 - 30\%$ ,  $C_4H_{10} - 40\%$ ,  $CO_2 - 20\%$ . Какое топливо меньше загрязняет окружающую среду и почему?

### Расчет выбросов в атмосферу твердых частиц

При наличии в составе топлива минеральных негорючих веществ происходит загрязнение атмосферы аэрозольными и твердыми частицами, что влияет на распределение солнечной радиации, увеличивая отражательную способность атмосферы.

Количественно минеральная составляющая топлива зависит от его *зольности* – доли минеральных примесей в процентах от сухой массы топлива. В табл. 5 приведены значения зольности основных видов органического топлива.

При современном уровне технологий полностью исключить выбросы твердых частиц в атмосферу невозможно. Однако применение топлива высокого качества, соответствующего стандартам с низкой зольностью, может улучшить ситуацию. Так, в Санкт-Петербурге удельный вес наиболее экологически чистого топлива (газа) составляет в топливном балансе ТЭЦ 94,5 %, что положительно влияет на экологическую обстановку.

Таблица 5

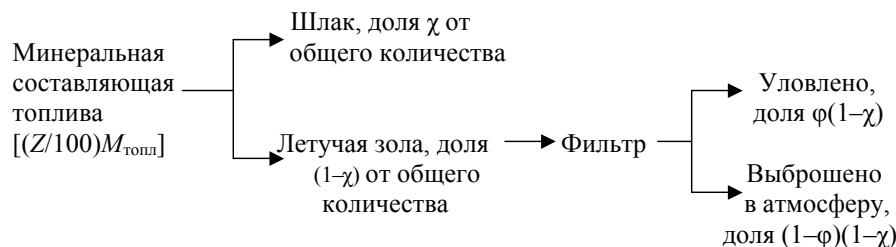
Зольность основных видов органического топлива

Вид топлива	Зольность Z, %
Древесина	0,6
Торф	12,5
Бурый уголь	34,0
Каменный уголь	18,0
Сланцы	50,0
Мазут	0,1

При горении топлива от общего количества минеральных примесей в топке остается 30...35 % шлаков, соответственно 65...70 % превращается в летучую золу (аэрозоль). Для снижения загрязнения атмосферы частицами на предприятиях применяются различные пыле- и газоулавливающие установки (фильтры) с эффективностью задержания вредных веществ  $\varphi$ , %.

Загрязнение атмосферы минеральными веществами, входящими в состав топлива, можно пояснить следующей схемой:





Исходя из приведенных разъяснений расчет количества твердых отходов и выбрасываемых аэрозолей может быть произведен по следующим формулам:

$$M_{\text{тв.отх}} = M_{\text{топл}} (Z/100)[\chi + (1 - \chi)\phi];$$

$$M_{\text{аэроз}} = M_{\text{топл}} (Z/100)(1 - \chi)(1 - \phi),$$

где  $M_{\text{топл}}$  – масса топлива;  $Z$  – зольность топлива, %;  $\chi$  – доля шлака от общего количества минеральной составляющей топлива;  $\phi$  – эффективность улавливания летучей золы, доли.

### Пример

Определить количество твердых отходов и аэрозолей, образующихся при сжигании 1000 т мазута, если зольность топлива – 0,1 %, доля шлаков – 0,33 %, а эффективность улавливания летучей золы фильтрами – 80 %.

$$M_{\text{тв.отх}} = 1000(0,1/100)[0,33 + 0,8(1 - 0,33)] = 0,866 \text{ т} = 866 \text{ кг};$$

$$M_{\text{аэроз}} = 1000(0,1/100)(1 - 0,33)(1 - 0,8) = 0,134 \text{ т} = 134 \text{ кг}.$$

### Расчет газовых выбросов в атмосферу при эксплуатации автотранспорта

В крупных городах автотранспорт является одной из основных причин загрязнения атмосферы. В развитых странах на его долю приходится до 80 % загрязняющих веществ, попадающих в воздух. Увеличение парка индивидуального автотранспорта приводит к резкому ухудшению состояния воздушного бассейна в городах и на отдельных магистралях, где концентрации газообразных выбросов во много раз превышают ПДК.

С отработанными газами транспортных средств в атмосферу выбрасываются оксид углерода  $\text{CO}$ ; углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , оксиды азота  $\text{NO}_x$ , свинец  $\text{Pb}$ , негативно влияющие на здоровье человека. Следует учесть, что углеводороды могут

образовывать канцерогенные вещества, обладающие мутагенными свойствами.

Количество загрязняющих веществ, образующихся при работе автотранспорта (табл. 6), можно рассчитать на основе информации о количестве израсходованного транспортом топлива и образующихся при этом вредных примесей:

$$M_i = M_{\text{топл}} G_i,$$

где  $M_i$  – количество  $i$ -го загрязняющего вещества, образующегося при работе транспорта;  $G_i$  – количество загрязняющего вещества  $i$ , образующегося при сжигании единицы массы топлива транспортом.

Количества загрязняющих веществ, образующихся при сжигании топлива на автотранспорте, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Количества загрязняющих веществ, образующихся при сжигании топлива на автотранспорте  $G_i$  (т на 1 т топлива)

Загрязняющее вещество	Вид топлива	
	Бензин	Дизельное топливо
Двуокись углерода	3,250	3,100
Оксид углерода	0,466	0,021
Углеводороды	0,023	0,004
Оксиды азота	0,016	0,018
Ангидрид серной кислоты	0,0019	0,0078
Сажа	0,001	0,005
Свинец	0,0005	–

### Расчет суммарного количества загрязняющих веществ, образующихся на данной территории

Суммарное количество поступающих в атмосферу загрязняющих веществ, образующихся на данной территории от всех источников загрязнения, рассчитывают для каждого вида загрязнения отдельно, учитывая его образование при сжигании всех видов топлива:

$$M_i = M_i^1 + M_i^2 + \dots + M_i^n,$$

где  $M_i$  – суммарное количество загрязнения  $i$ , образующегося на данной территории при сжигании  $n$  видов топлива.

Аналогично можно рассчитать суммарное количество кислорода, расходуемого при сжигании всех видов топлива на данной территории:

$$M_{O_2} = M_{O_2}^1 + M_{O_2}^2 + \dots + M_{O_2}^n.$$

Показателями экологической нагрузки от загрязняющих веществ на данной территории являются их удельные количества, приходящиеся на единицу площади или на душу населения в единицу времени (как правило, за один год):

$$\mathcal{E}_i^n = M_i / S; \quad \mathcal{E}_i^H = M_i / H,$$

где  $\mathcal{E}_i^n$  и  $\mathcal{E}_i^H$  – экологические нагрузки от загрязнения  $i$  на единицу площади и душу населения, соответственно;  $S$  – площадь рассматриваемой территории;  $H$  – численность населения, проживающего на данной территории;  $M_i$  – количество загрязнения  $i$ , образующегося при сжигании всех видов топлива на данной территории в единицу времени.

Аналогично рассчитывается удельный расход кислорода на сжигание всех видов топлива на единицу площади в единицу времени:

$$\mathcal{E}_{O_2} = M_{O_2} / S.$$

Эта величина также характеризует степень антропогенного воздействия энергетики, промышленности и транспорта на окружающую природную среду.

### Контрольные задания

1. Определить суммарное количество  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , аэрозолей, углеводородов и свинца, образующихся в городе за год при сжигании следующих количеств различных видов топлива, тыс. т/сут: антрацит – 20; мазут – 14; природный газ – 13,5 ( $CH_4$  – 70 %,  $C_3H_8$  – 20 %,  $C_4H_{10}$  – 6 %,  $CO_2$  – 4 %); бензин – 2,5; дизельное топливо – 2,5.

Величину следует принять равной 0,33, эффективность очистки газовых выбросов на фильтрах – 90 %.

2. Определить суммарное количество кислорода, расходуемого за год при сжигании перечисленных выше количеств и видов топлива. Считать, что при сжигании бензина и дизельного топлива отношение расхода кислорода к массе топлива равно 4/1.

3. Определить величину экологической нагрузки при сжигании топлива на территории города, если его площадь  $S = 90$  тыс. га, а численность населения  $H = 5$  млн чел.

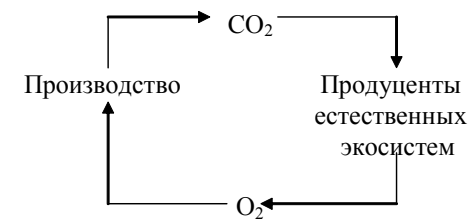
## РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ БАЛАНСОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С увеличением плотности населения в городах, индустриализацией и развитием транспорта возрастает антропогенная нагрузка на естественные экосистемы, что ведет к разрушительному воздействию на окружающую среду.

Радикальными методами охраны природы от техногенных воздействий являются сокращение выделения вредных отходов производства, полноценная очистка выбросов, ограничение нагрузки на природные экосистемы и поддержание их способности к репродуктивности.

Производство воздействует на природные системы в виде положительной обратной связи. Так, при сжигании ископаемого топлива выделяется углекислый газ и другие вредные примеси, т. е. возникает дополнительный гетеротрофный компонент. Наземные экосистемы ежегодно ассимилируют около 12 % диоксида углерода. Самыми продуктивными являются лесные экосистемы. Деревья способны поглотить за вегетационный период 20...25 т/га  $CO_2$  и выделить 15...18 т/га  $O_2$ . Отметим, что в приросте древесины (в отличие от других видов растительности)  $CO_2$  связывается на длительный период.

Необходимо стремиться к созданию стабильности между природными и антропогенными компонентами системы. Такой опыт имеется у жителей Финляндии, где на создание годового прироста древесины потребляется все количество  $CO_2$ , выделившегося за год при эксплуатации всего автотранспорта страны. Совокупность функционирующих на одной территории объектов техники и взаимодействующих с ними элементов природной среды называется биотехноценозом. Ниже представлена схема потоков  $CO_2$  и  $O_2$  в биотехноценозах.



При сжигании топлива потребляется кислород и выделяется углекислый газ. В лесных экосистемах потоки углекислого газа и кислорода имеют противоположное направление: кислород выделяется, а углекислый газ поглощается. Варварские вырубки лесов и загрязнение окружающей природной среды выбросами от сжигания топлива и работы автотранспорта ведут к снижению фотосинтетической активности зеленых растений. Из схемы видно, что если основные потоки  $CO_2$  и  $O_2$  не сбалансированы, возникает опасность для изменения газового состава атмосферы со всеми вытекающими последствиями.

Следовательно, в биотехноценозе при синтезе органического вещества для стабильности состава атмосферы должен быть поглощен весь антропогенный углекислый газ, выделившийся при сжигании топлива, и произведено необходимое количество кислорода.

Масса органического вещества, которая должна быть создана для поглощения выделившегося  $\text{CO}_2$ , может быть рассчитана по формуле

$$M_{\text{орг. в-ва погл. CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{0,44 x},$$

где  $M_{\text{CO}_2}$  – суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании топлива;  $x$  – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев (см. с. 56).

Масса органического вещества, которая должна быть создана для компенсации количества  $\text{O}_2$ , пошедшего на горение топлива

$$M_{\text{орг. в-ва выдел. O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}}{0,32 w},$$

где  $M_{\text{O}_2}$  – суммарное количество кислорода, поглощаемое при сжигании топлива;  $w$  – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев (см. расчет леса).

Для поддержания баланса в биотехноценозе из двух величин массы вещества древесины нужно выбрать наибольшую, обеспечивающую оба газовых баланса одновременно:

$$M_{\text{орг. др. в-ва}} = \max (M_{\text{орг. в-ва для погл. CO}_2}; M_{\text{орг. в-ва для выд. O}_2}).$$

Для дальнейшего анализа необходимо пересчитать величину абсолютно сухой массы вещества древесины в объем:

$$V = \frac{M_{\text{орг. в-ва}}}{P},$$

где  $P$  – базисная плотность древесины соответствующей породы,  $\text{кг/м}^3$ ;  $V$  – общий объем древесины,  $\text{м}^3$ .

На основе величины  $V$  и среднего годового прироста древесины на одном гектаре –  $V_{\text{год}}$  ( $\text{м}^3/\text{га}\cdot\text{год}$ ) рассчитывается необходимая площадь лесов:

$$S_{\text{леса}} = \frac{V}{V_{\text{год}} T},$$

где  $T$  – период времени (лет) за который должна быть осуществлена компенсация техногенного воздействия.

Показателем степени урбанизации рассматриваемой территории является коэффициент  $K$ , показывающий соотношение площади леса  $S_{\text{леса}}$  и площади городской территории  $S_{\text{города}}$ , необходимого для компенсации антропогенного влияния на биосферу:

$$K = \frac{S_{\text{леса}}}{S_{\text{города}}}.$$

### Пример

Определить количество  $\text{CO}_2$  и паров воды, образующихся при сжигании 3000 т природного газа состава, %: метан – 70, пропан – 15, бутан – 10 и углекислый газ – 5. Какая площадь березовых насаждений способна поглотить такое количество углекислого газа за год, если содержание углерода в древесине – 48 %, плотность –  $590 \text{ кг/м}^3$  и годовой прирост –  $6,5 \text{ м}^3/\text{га}$ ?

1. Определим количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании газообразного топлива:

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= (2,75 \frac{\text{CH}_4}{100} + 3 \frac{\text{C}_3\text{H}_8}{100} + 3,03 \frac{\text{C}_4\text{H}_{10}}{100} + \frac{\text{CO}_2}{100}) M_{\text{топл}} = \\ &= (2,75 \frac{70}{100} + 3 \frac{15}{100} + 3,03 \frac{10}{100} + \frac{5}{100}) 3000 = 8184 \text{ т.} \end{aligned}$$

2. Определим количество паров воды, выделившихся при сжигании газообразного топлива:

$$\begin{aligned} M_{\text{H}_2\text{O}} &= (2,25 \frac{\text{CH}_4}{100} + 1,64 \frac{\text{C}_3\text{H}_8}{100} + 1,55 \frac{\text{C}_4\text{H}_{10}}{100}) \cdot M_{\text{топл}} = \\ &= (2,25 \frac{70}{100} + 1,64 \frac{15}{100} + 1,55 \frac{10}{100}) \cdot 3000 = 5928 \text{ т.} \end{aligned}$$

3. Для расчета массы древесины необходимо определить  $x$ :

$$x = \frac{C}{12} = \frac{48}{12} = 4.$$

4. Определим массу древесины, которая должна быть создана для поглощения выделившегося при сжигании газообразного топлива углекислого газа:

$$M_{\text{орг. в-ва погл. CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{0,44 \cdot x} = \frac{8184}{0,44 \cdot 4} = 4650 \text{ т.}$$

5. Пересчитаем величину массы абсолютно сухой древесины в объем:

$$V = \frac{M_{\text{орг.в-ва}}}{\rho} = \frac{4650 \cdot 10^3}{590} = 7881,4 \text{ м}^3.$$

6. Определим необходимую площадь березовых насаждений:

$$S = \frac{V}{V_{\text{год}} \cdot T} = \frac{7881,4}{6,5 \cdot 1} = 1212,5 \text{ га.}$$

### Контрольные задания

1. Определить количества расходуемого  $O_2$  и выделяющегося  $CO_2$  при сжигании 40000 т торфа с элементным составом: С – 60 %, Н – 5 %, О – 32 %, N – 2,5 %, S – 0,5 %.

2. На основании данных о количестве поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа рассчитать:

а) площадь древостоев сосны, если элементный состав древесины: С – 49,6 %, Н – 6,4 %, О – 43,6 %, ее плотность – 390 кг/м<sup>3</sup> и средний годовой прирост – 4,7 м<sup>3</sup>/га, способных:

выделить такое же количество кислорода, какое было израсходовано на сжигание топлива;

поглотить углекислый газ, выделившийся при сжигании топлива;

поддерживать баланс в биотехноценозе;

б) объем древесины березы, который должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода атмосферы, если состав древесины: С – 50,7 %, Н – 6,0 %, О – 42,3 %, ее плотность – 610 кг/м<sup>3</sup>;

в) текущий годовой прирост осины, который должен быть синтезирован в лесной экосистеме:

для компенсации кислорода атмосферы;

для поглощения выделившегося при сжигании топлива углекислого газа, если состав древесины: С – 50,3 %, Н – 6,3 %, О – 42,6 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 32000 га.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Требования к качеству природных вод зависят от того, для каких целей используется водный объект, т. е. от *вида водопользования*:

**хозяйственно-питьевое** – использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для обеспечения предприятий пищевой промышленности;

**культурно-бытовое** – использование водных объектов для купания, занятий спортом и отдыха. К этому виду относятся и участки водных объектов, находящиеся в черте населенных мест;

**рыбохозяйственное**, водоемы рыбохозяйственного назначения делятся на три категории:

**высшая** – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

**первая** – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

**вторая** – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Качество воды нормируется по целому ряду санитарно-микробиологических, органолептических и химических показателей.

Содержание загрязняющих веществ в воде регламентируется их **предельно допустимыми концентрациями (ПДК)**. ПДК – это такая концентрация вещества, при превышении которой вода становится непригодной для установленного вида водопользования. При концентрации вещества меньше или равной ПДК, вода так же безвредна для всего живого, как и вода, в которой данное вещество полностью отсутствует.

Характер воздействия загрязняющего вещества на организм человека или водную экосистему может быть различным. Признак вредного воздействия, характеризующийся наименьшей пороговой концентрацией, называется **лимитирующим признаком вредности (ЛПВ)**. При нормировании качества воды ПДК того или иного вещества устанавливается по соответствующему ЛПВ:

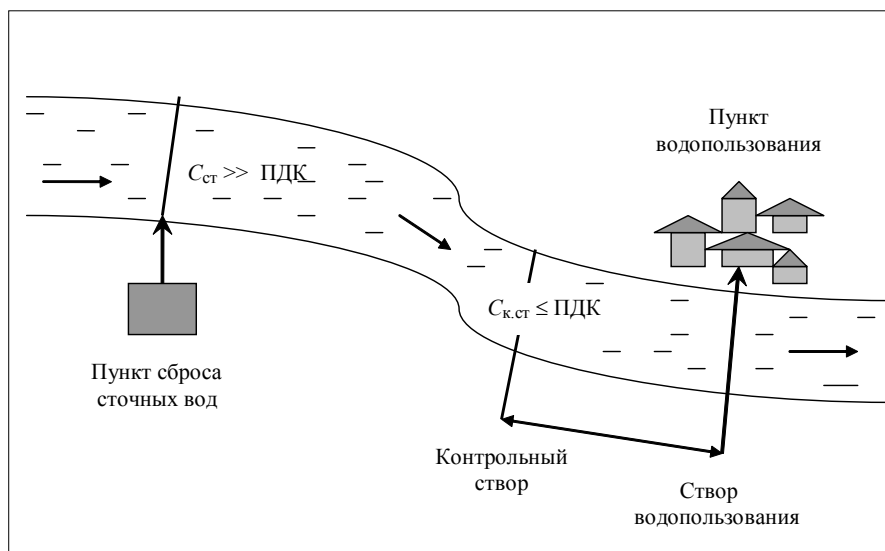
- по **общесанитарному** признаку вредности устанавливаются ПДК веществ, нарушающих процессы самоочищения в водоеме, что приводит к ухудшению его общего состояния (дефициту кислорода, развитию процессов гниения и брожения, появлению сероводорода, метана и т. д.);
- по **органолептическому** признаку вредности устанавливаются ПДК веществ, придающих воде запахи, привкусы, неестественный цвет; повышающих мутность, т. е. ухудшающих свойства воды, воспринимаемые органами чувств. Чувствительность рецепторов человека очень высока, поэтому часто ПДК, установленные по органолептическому признаку вредности, являются более жесткими, чем по другим ЛПВ;
- по **токсикологическому** признаку вредности устанавливают ПДК веществ, которые могут оказывать токсическое воздействие на организм.

В существующем перечне ПДК загрязняющих веществ обязательно указываются ЛПВ, а также класс опасности вещества: от чрезвычайно опасных (1-й класс) до малоопасных (4-й класс). Одно и то же вещество может нормироваться по разным ЛПВ в зависимости от вида водопользования. Кроме того, если водоем исполь-

зуется для нескольких видов водопользования, то в качестве ПДК выбирается самая низкая, т. е. самая жесткая предельно допустимая концентрация вещества.

### Определение условий сброса сточных вод

Согласно действующим «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения», санитарно-гигиенические требования к качеству воды относятся только к местам или створам водопользования, а не ко всей акватории водного объекта. В водотоках состав и свойства воды должны соответствовать нормативам в *контрольном створе* (рисунок).



Расположение контрольного створа в водотоках

Определение условий отведения сточных вод основывается на расчетах, которые позволяют решить следующие основные задачи:

достаточна ли степень разбавления сточных вод, обеспеченная местными природными условиями, чтобы в контрольном створе концентрация загрязняющего вещества не превышала ПДК;

насколько глубоко следует очищать сточные воды перед сбросом, чтобы в расчетном контрольном створе качество воды соответствовало нормативному.

Для решения этих задач необходимы следующие данные:

производительность объекта; количество и состав сточных вод; концентрации загрязняющих веществ в сточных водах; место предполагаемого выпуска; наличие систем очистки, обезвреживания, возможности оборотного и повторного использования сточных вод;

санитарное состояние водоема или водотока, куда предполагается сбрасывать сточные воды; его гидрологический режим и возможность изменения; наличие выпусков других объектов; перспектива использования; вероятность появления новых водопользователей и др.

**Сброс сточных вод в водоем недопустим, если  $C_{\phi} \geq \text{ПДК}$ .** Кроме того, запрещается сбрасывать сточные воды в водные объекты:

при возможности их повторного использования, использования для орошения;

при содержании ценных отходов, которые могут быть утилизированы;

при содержании вредных веществ, для которых не установлены ПДК.

Основное расчетное уравнение имеет вид

$$qC_{\text{ст}} + \gamma QC_{\phi} = (q + \gamma Q)C_{\text{к.ст}}, \quad (1)$$

где  $q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $Q$  – расход воды в реке, м<sup>3</sup>/с;  $C_{\text{ст}}$  – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/л;  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация того же вещества в реке выше места сброса, мг/л;  $C_{\text{к.ст}}$  – концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе мг/л;  $\gamma$  – коэффициент смешения.

Уравнение позволяет производить следующие расчеты:

*Прогноз санитарного состояния водного объекта при проектировании выпуска сточных вод.* Прогноз может быть сделан при решении уравнения (1) относительно концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе:

$$C_{\text{к.ст}} = (qC_{\text{ст}} + QC_{\phi}) / (q + Q). \quad (2)$$

Если  $C_{\text{к.ст}} \leq \text{ПДК}$ , то прогноз благоприятный. В противном случае необходимы специальные меры, в основном по очистке сточных вод (или снижению их объема).

Если сточные воды содержат несколько загрязняющих веществ, то возможны следующие варианты расчетов:

1. Сточные воды содержат загрязняющие вещества, относящиеся к *1-му (или) 2-му классу опасности*, при этом их ПДК установлены по одному и тому же ЛПВ. В этом случае не только концентрация каждого вещества в контрольном створе не должна превышать ПДК, но и должно соблюдаться следующее условие:

$$C_{\text{к.ст}}^1 / \text{ПДК}_1 + C_{\text{к.ст}}^2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_{\text{к.ст}}^n / \text{ПДК}_n \leq 1. \quad (3)$$

Если условие не выполняется, следует рассмотреть способы снижения концентрации каждого загрязняющего вещества. При этом в процессе проектирова-

ния можно выбрать такую схему очистки, при которой уменьшаются концентрации лишь наиболее легко удаляемых веществ.

2. Сточные воды содержат вещества, относящиеся к 3-му и (или) 4-му классам опасности. В данной ситуации анализ проводится по каждому веществу в отдельности – их индивидуальная концентрация в контрольном створе не должна превышать ПДК. Отдельно анализируются и вещества 1-го и 2-го классов опасности, если их ПДК установлены по разным ЛПВ.

### Пример

Можно ли сбрасывать сточные воды без очистки, если в них содержатся ионы кадмия (0,003 мг/л), кобальта (0,3 мг/л) и висмута (0,2 мг/л). Вещества относятся к 1-му и 2-му классам опасности и нормируются по токсикологическому ЛПВ. В воде реки их концентрации составляют 0,0001 мг/л. ПДК перечисленных веществ, соответственно, 0,001; 0,1 и 0,1 мг/л. Расход сточных вод – 20 м<sup>3</sup>/с, расход воды в реке – 1500 м<sup>3</sup>/с, коэффициент смешения – 0,95.

1. Рассчитаем концентрацию каждого вещества в контрольном створе по формуле (2):

$$C_{\text{к.ств}}^{\text{Cd}} = \frac{20 \cdot 0,003 + 0,95 \cdot 1500 \cdot 0,0001}{20 + 0,95 \cdot 1500} = 0,0001 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{к.ств}}^{\text{Co}} = \frac{20 \cdot 0,3 + 0,95 \cdot 1500 \cdot 0,0001}{20 + 0,95 \cdot 1500} = 0,0004 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{к.ств}}^{\text{Bi}} = \frac{20 \cdot 0,2 + 0,95 \cdot 1500 \cdot 0,0001}{20 + 0,95 \cdot 1500} = 0,0003 \text{ мг/л}.$$

2. Проверим, выполняется ли условие (3), поскольку вещества относятся к 1-му и 2-му классам опасности:

$$\frac{0,0001}{0,01} + \frac{0,004}{0,1} + \frac{0,003}{0,1} = 0,17 < 1,$$

следовательно, сточные воды можно сбрасывать без очистки.

II. Расчет допустимой концентрации загрязняющего вещества в сточных водах ( $ДК_{\text{ст}}$ ) и предельно допустимого сброса (ПДС). Фактическая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде может быть рассчитана по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{\gamma Q}{q} (C_{\text{к.ств}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{к.ств}}. \quad (4)$$

Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде ( $ДК_{\text{ст}}$ ) должна иметь такое значение, чтобы в контрольном створе выполнялось требование  $C_{\text{к.ств}} \leq \text{ПДК}$ . В уравнении (3) зададим предельную величину  $C_{\text{к.ств}}$ , т. е.  $C_{\text{к.ств}} = \text{ПДК}$ :

$$ДК_{\text{ст}} = \frac{\gamma Q}{q} (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + \text{ПДК}. \quad (5)$$

Когда  $C_{\text{ст}} \leq ДК_{\text{ст}}$ , дополнительных мер по очистке сточных вод перед сбросом в водоем не требуется. В иной ситуации необходимую степень очистки сточных вод  $D$ , %, можно рассчитать по формуле

$$D = (C_{\text{ст}} - ДК_{\text{ст}}) 100 / C_{\text{ст}}. \quad (6)$$

Зная допустимую концентрацию загрязняющего вещества, можно рассчитать предельно допустимый сброс, г/с:

$$\text{ПДС} = ДК_{\text{ст}} q. \quad (7)$$

Основной принцип, заложенный в расчеты ПДС, – обеспечение таких объемов поступления загрязнений в водный объект, при которых не нарушаются требования к качеству воды в контрольном створе.

Фактический сброс сточных вод определяется по формуле

$$M_{\text{факт}} = C_{\text{ст}} q. \quad (8)$$

Если фактический сброс превышает ПДС, степень очистки можно рассчитать следующим образом:

$$D = (M_{\text{факт}} - \text{ПДС}) 100 / M_{\text{факт}}. \quad (9)$$

### Пример

Сточные воды содержат ионы меди (10 мг/л) и цинка (3 мг/л). Фоновые концентрации веществ в реке составляют соответственно 0,02 мг/л и 0,05 мг/л. ПДК обоих ионов – 0,1 мг/л. Расход сточных вод – 100 м<sup>3</sup>/с, расход воды в реке – 720 м<sup>3</sup>/с, коэффициент смешения – 0,75. Рассчитать ПДС и фактический сброс веществ, а также необходимую степень очистки.

1. Рассчитаем допустимую концентрацию ионов меди и цинка по формуле (5):

$$ДК_{ст}^{Cu} = \frac{0,75 \cdot 720 (0,1 - 0,02) + 0,1}{100} = 0,53 \text{ мг/л},$$

$$ДК_{ст}^{Zn} = \frac{0,75 \cdot 720 (0,1 - 0,05) + 0,1}{100} = 0,37 \text{ мг/л}.$$

2. Рассчитаем ПДС по формуле (7):

$$ПДС^{Cu} = 0,53 \cdot 100 = 53 \text{ г/с};$$

$$ПДС^{Zn} = 0,37 \cdot 100 = 37 \text{ г/с}.$$

3. Рассчитаем фактический сброс по формуле (8):

$$M_{факт} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ г/с};$$

$$M_{факт} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ г/с}.$$

4. Определим необходимую степень очистки по формулам (6) или (9):

$$D^{Cu} = (10 - 0,53)100/10 = (1000 - 53)100/1000 = 94,7 \%;$$

$$D^{Zn} = (3 - 0,37)100/3 = (300 - 37)100/300 = 87,7 \%.$$

III. *Расчет кратности разбавления сточных вод в водных объектах.* При обсуждении вопроса о месте выпуска сточных вод одним из ориентиров является степень их разбавления у ближайшего пункта водопользования. Для определения необходимой кратности разбавления ( $n$ ) в контрольном створе водотока пользуются формулой

$$n = (\gamma Q + q)/q. \quad (10)$$

Для непроточных водоемов эта величина может быть определена по формуле

$$n = (C_{ст} - ПДК)/(ПДК - C_{ф}). \quad (11)$$

Рассчитаем допустимую концентрацию загрязняющего вещества в сточных водах с учетом фактической кратности разбавления:

$$ДК_{ст} = (n_{факт} - 1)(ПДК - C_{ф}) + ПДК. \quad (12)$$

Чем меньше расчетная степень необходимого разбавления соответствует местным условиям, тем более жесткими должны быть мероприятия по очистке сточных вод. Затраты на глубокую очистку стоков могут сказаться на рентабель-

ности предприятия. В такой ситуации встает вопрос о переносе проектируемого объекта в район с более благоприятными гидрологическими условиями.

### Пример

Концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в непроточный водоем, – 180 мг/л, фоновая концентрация – 1,5 мг/л, ПДК – 3 мг/л. Расход сточных вод составляет 35 м<sup>3</sup>/с, фактическая кратность их разбавления – 40. Достаточно ли кратность разбавления сточных вод? Рассчитать ПДС загрязняющего вещества с учетом фактической кратности разбавления и, если требуется, степень очистки.

1. Рассчитаем необходимую кратность разбавления сточных вод по формуле (11):

$$n = (180 - 3)/(3 - 1,5) = 118,$$

т. е. кратность разбавления недостаточна.

2. Рассчитаем допустимую концентрацию загрязняющего вещества в сточных водах с учетом существующей кратности разбавления (12):

$$ДК_{ст} = (40 - 1)(3 - 1,5) + 3 = 61,5 \text{ мг/л}.$$

3. Рассчитаем ПДС по формуле (7):

$$ПДС = 61,5 \cdot 35 = 2151,5 \text{ г/с}.$$

4. Рассчитаем степень очистки по формуле (6):

$$D = (180 - 61,5)100/180 = 65,8 \%.$$

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие виды водопользования Вы знаете?
2. Что такое ПДК?
3. Что такое лимитирующий признак вредности?
4. Какие ЛПВ Вы знаете?
5. Какие данные необходимы для проектирования выпусков сточных вод в водный объект?
6. В каких случаях запрещается сброс сточных вод?
7. В контрольном створе водоема после сброса сточных вод концентрации загрязняющих веществ были следующими: фенолы – 0,001 мг/л, формальдегид – 0,03 мг/л, фториды – 0,4 мг/л. Их ПДК установлены по токсикологическому ЛПВ и равны: для фенола – 0,001, для формальдегида – 0,05, для фторидов – 1,5 мг/л. Фториды относятся к 4-му классу опасности, остальные вещества – ко 2-му. Можно ли сбрасывать сточные воды без очистки?

8. Какова должна быть степень очистки сточных вод (%), если ПДС загрязняющих веществ – 33 г/с, их концентрация в контрольном створе – 2,5 мг/л, содержание в воде водоема – 0,1 мг/л, расход воды в реке – 150 м<sup>3</sup>/с, расход СВ – 30 м<sup>3</sup>/с, ПДК – 1,1 мг/л, коэффициент смешения – 0,9?

#### Рекомендуемая литература

1. *Алексеев А. С.* Практикум по экологии и охране природы: Метод. указания к практическим занятиям / ЛТА. – СПб., 1993. – 51 с.
2. *Лесотаксационный справочник* / Б. И. Грошев, С. Г. Синицин, П. И. Мороз и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесная пром-ть, 1980. – 288 с.
3. *Дедю И. И.* Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с.
4. *Лесная энциклопедия*: В 2 т / Гл. ред. Г. И. Воробьев; Ред. кол. Н. А. Анучин, В. Г. Атрохин, В. Н. Виноградов и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1985. – т 1. – 563 с., 1986. – т 2. – 631 с.
5. *Воликов А. Н.* Охрана окружающей среды от вредных выбросов при сжигании топлива в котлах: Учеб. пособие / СПбГАСУ. – СПб., 2002. – 98 с.
6. *Сигал И. Я.* Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1988. – 312 с.
7. *Экология: Учебник для технических вузов* / Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев и др.; Под ред. Л. И. Цветковой. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: Химиздат, 2001. – 552 с.



Текущий прирост насаждений (по В. В. Загреву)

Порода	Класс бонитета	Текущий годовой прирост, м <sup>3</sup> /га, в возрасте, лет			
		15	45	85	135
Сосна	Ia	10,2	12,2	8,1	4,8
	I	8,2	10,3	7,1	4,2
	II	6,5	8,5	6,4	3,6
	III	5,0	7,0	5,5	3,0
	IV	3,2	5,4	4,7	2,4
	V	1,9	4,1	3,7	1,9
Ель и пихта	Ia	9,8	14,6	12,3	8,2
	I	7,6	11,6	10,1	6,9
	II	6,1	8,9	8,7	5,2
	III	4,5	6,8	7,1	5,0
	IV	3,0	5,0	5,4	3,4
	V	1,6	3,4	4,0	2,1
Береза	Ia	8,9	9,1	4,5	–
	I	7,6	8,1	4,1	–
	II	5,8	6,5	3,5	–
	III	4,4	5,0	3,0	–
	IV	3,0	3,7	2,2	–
	V	2,0	2,6	1,7	–
Осина	Ia	13,5	11,6	6,0	–
	I	11,4	10,4	5,0	–
	II	8,9	8,1	4,5	–
	III	6,6	6,1	4,0	–
	IV	4,9	4,6	2,5	–
	V	3,1	3,2	2,0	–
Дуб порослевой	Ia	12,8	10,8	5,3	–
	I	10,9	9,5	4,9	–
	II	8,5	7,7	4,3	–
	III	6,5	6,0	3,7	–
	IV	4,8	4,6	2,8	–
	V	3,1	3,3	2,1	–

Предисловие.....1

Варианты контрольных заданий .....1

Материальные потоки веществ в лесных экосистемах .....51

Загрязнение атмосферы при сжигании различных видов топлива.....55

    Расчет газовых выбросов при сжигании твердого и жидкого топлива .....56

    Расчет газовых выбросов при сжигании газообразного топлива .....59

    Расчет выбросов в атмосферу твердых частиц .....61

    Расчет газовых выбросов в атмосферу при эксплуатации автотранспорта .....62

    Расчет суммарного количества загрязняющих веществ, образующихся на данной территории.....63

Расчет газовых балансов урбанизированных территорий .....65

Определение условий сброса сточных вод в водные объекты.....68

Рекомендуемая литература .....77

Приложение.....78

## **ЭКОЛОГИЯ**

Составители: Тамара Николаевна Барышникова,  
Светлана Витальевна Макарова

Редактор Л. А. Мозгунова  
Корректор К. И. Бойкова  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати . Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.  
Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,12. Тираж экз. Заказ 104. «С» 44.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4.  
Отпечатано на ризографе, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 5.