

**Всемирный банк**  
**Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды**  
**Республики Беларусь**

**Первое национальное сообщение**

**в соответствии с обязательствами Республики Беларусь  
по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата**

**Минск 2003**

## РЕФЕРАТ

### **НАЦИОНАЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ, ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ, ЭМИССИЯ (ВЫБРОСЫ), СТОКИ (ПОГЛОЩЕНИЕ), КОЭФФИЦИЕНТ ЭМИССИИ, ЭНЕРГЕТИКА, ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛЬВЕНТОВ, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОТХОДЫ, УЯЗВИМОСТЬ И АДАПТАЦИЯ, СТРАТЕГИЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ.**

Цель работы – подготовить национальное сообщение в соответствии с обязательствами Республики Беларусь по Рамочной конвенции ООН об изменении климата в формате для стран, входящих в приложение 1 Конвенции; провести инвентаризацию парниковых газов (ПГ) за 1990, 1995, 1999, 2000 гг. в соответствии с Методологией Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 1996 г. и определить вклад каждого из видов ПГ в общий эффект глобального потепления (ЭГП), дать информацию о политике и мерах по снижению эмиссии парниковых газов и их прогноз до 2020 г., а также подготовить детальную информацию по оценке потенциального влияния изменения климата на сельскохозяйственные, лесные, водные экосистемы, социальную среду, а также оценить меры по их адаптации к изменению климата.

В соответствии с целью в работе проведена инвентаризация выбросов и стоков парниковых газов по следующим секторам: энергетика; промышленность; сельское хозяйство; изменение землепользования и лесное хозяйство; отходы; приведены политика и меры по снижению выбросов парниковых газов и их прогнозные показатели, оценка уязвимости и адаптации народного хозяйства к изменению климата.

Проведенные исследования позволяют в дальнейшем определить важнейшие направления по снижению воздействия выбросов ПГ на климат.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>9</b>
<b>Сводное резюме.....</b>	<b>12</b>
<b>ЧАСТЬ I. НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>29</b>
1.1. Государственное управление.....	30
1.2. Природные ресурсы.....	31
1.3. Климат.....	33
1.4. Население.....	34
1.5. Экономика.....	35
1.6. Энергетика.....	37
1.7. Транспорт.....	40
1.8. Промышленность.....	41
1.9. Сельское хозяйство.....	42
1.10. Отходы.....	43
<b>ЧАСТЬ II. НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ И ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ.....</b>	<b>45</b>
<b>1. Энергетика .....</b>	<b>45</b>
1.1. Структура потребления топлива .....	46
1.2. Оценка эмиссии парниковых газов .....	49
1.3. Динамика потребления топлива и эмиссия парниковых газов .....	54
<b>2. Индустриальные процессы .....</b>	<b>57</b>
2.1. Эмиссия диоксида углерода .....	57
2.2. Эмиссия диоксида серы .....	58
2.3. Эмиссия оксида углерода .....	58
2.4. Эмиссия оксидов азота .....	59
2.5. Эмиссия метана .....	60
2.6. Эмиссия неметановых углеводородов .....	60
2.7. Эмиссия фторуглеродов .....	61
<b>3. Использование растворителей и другой продукции.....</b>	<b>64</b>
<b>4. Сельское хозяйство.....</b>	<b>67</b>
4.1. Расчет эмиссии парниковых газов.....	68
<b>5. Изменение землепользования и лесное хозяйство.....</b>	<b>73</b>
5.1. Расчет стоков и эмиссии диоксида углерода в разных типах экосистем.....	73
5.2. Оценка эмиссии диоксида углерода с осушенных торфяных почв.....	77
5.3. Оценка эмиссии диоксида углерода с выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений.....	81

5.4. Оценка поглощения диоксида углерода из атмосферы и эмиссия метана естественными болотами.....	82
<b>6. Отходы.....</b>	<b>87</b>
6.1. Захоронение твердых отходов на объектах размещения коммунальных отходов.....	87
6.2. Эмиссия метана при очистке сточных вод.....	92
6.3. Эмиссия закиси азота, связанная с отходами человеческой жизнедеятельности.....	93
<b>7. Резюме.....</b>	<b>95</b>

## **ЧАСТЬ III. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....99**

<b><i>I. СТРАТЕГИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПОЛИТИКА И МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ.....</i></b>	<b>99</b>
<b>1. Политика и меры по снижению выбросов парниковых газов.....</b>	<b>99</b>
1.1. Основные направления (стратегия) социально-экономического развития.....	100
1.2. Основные направления национальной климатической программы.....	111
<b>2. Энергетика.....</b>	<b>115</b>
2.1. Прогноз развития энергетического комплекса.....	115
<b>3. Индустриальные процессы.....</b>	<b>129</b>
3.1. Прогноз развития отраслей промышленности.....	129
<b>4. Сельское хозяйство.....</b>	<b>132</b>
4.1. Прогноз развития сельского хозяйства.....	132
<b>5. Изменение землепользования и лесное хозяйство.....</b>	<b>134</b>
5.1. Прогноз развития землепользования и лесного хозяйства.....	134
<b>6. Отходы.....</b>	<b>146</b>
6.1. Прогноз совершенствования системы обращения с отходами.....	146
<b><i>II. ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ.....</i></b>	<b>151</b>
<b>1. Энергетика.....</b>	<b>151</b>
1.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер для энергетического комплекса.....	151
1.2. Прогноз эмиссии метана.....	154
1.3. Прогноз эмиссии закиси азота.....	155
<b>2. Промышленность.....</b>	<b>156</b>
2.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер в промышленности.....	156
2.2. Прогноз эмиссии диоксида углерода.....	156
2.3. Прогноз эмиссии диоксида серы.....	156
2.4. Прогноз эмиссии оксида углерода.....	156
2.5. Прогноз эмиссии оксидов азота.....	157
2.6. Прогноз эмиссии метана.....	158

2.7. Прогноз эмиссии неметановых углеводородов.....	158
<b>3. Сельское хозяйство.....</b>	<b>159</b>
3.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер в сельском хозяйстве.....	159
3.2. Прогноз эмиссии метана.....	159
3.3. Прогноз выбросов закиси азота.....	160
<b>4. Изменение землепользования и лесное хозяйство.....</b>	<b>162</b>
4.1. Прогноз эмиссии и стока парниковых газов в лесном хозяйстве.....	162
4.2. Прогноз эмиссии и стока парниковых газов в болотных экосистемах.....	165
<b>5. Отходы.....</b>	<b>167</b>
5.1. Прогноз эмиссии метана.....	167
5.2. Прогноз эмиссии азота.....	169
<b>III. Резюме.....</b>	<b>170</b>

## **ЧАСТЬ IV. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ, ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ.....176**

<b>1. Сельское хозяйство Беларуси.....</b>	<b>176</b>
1.1. Перспективы развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь.....	176
1.2. Изменение агроклиматических условий.....	177
1.3. Изменение агроклиматического потенциала.....	180
1.4. Адаптация сельского хозяйства Беларуси к изменению климата.....	183
<b>2. Лесное хозяйство и лесные экосистемы.....</b>	<b>186</b>
2.1. Оценка воздействия климата.....	194
2.2. Оценка стратегии/мер по адаптации.....	203
<b>3. Гидрологический цикл, водные ресурсы, водный менеджмент.....</b>	<b>204</b>
3.1. Адаптационные меры в водном менеджменте.....	209
3.2. Влияние изменений климата на гидрологический режим.....	211
<b>4. Социальные и экономические системы.....</b>	<b>215</b>
4.1. Влияние изменений климата на продолжительность отопительного периода и экономию топлива.....	217
4.2. Оценка воздействия климата на здоровье.....	222
4.3. Адаптация социальных и экономических систем к изменению климата.....	230

## **ЧАСТЬ V. ИССЛЕДОВАНИЯ И СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ..... 232**

1. Общая политика.....	232
2. Исследования.....	232

**ЧАСТЬ VI. ОБРАЗОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ  
ИНФОРМИРОВАННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОСТИ.....252**

1. Экологическое образование..... 252
2. Научно-технические программы..... 259
3. Интернет-сайт..... 260
4. Сотрудничество со средствами массовой информации..... 260
5. Сотрудничество с негосударственными организациями..... 261
6. Конференции..... 262

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... 263**

**ПРИЛОЖЕНИЕ..... 272**

- Тенденции выбросов ..... 273
- Вычисление неопределённости по уровню 1 национальной инвентаризации  
парниковых газов.....278

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

<b>МГЭИК</b>	– Межправительственная группа экспертов по изменению климата
<b>НМУ</b>	– неметановые углеводороды
<b>ПГ</b>	– парниковые газы
<b>РКИК</b>	– Рамочная Конвенция ООН об изменении климата
<b>т у.т.</b>	– тонна условного топлива
<b>ПГП</b>	– потенциал глобального потепления
<b>ЭГП</b>	– эффект глобального потепления
<b>ВВП</b>	– валовый внутренний продукт
<b>Кал.</b>	– калории
<b>Дж</b>	– джоуль
<b>ТЭК</b>	– топливно-энергетический комплекс
<b>СССР</b>	– Союз Советских Социалистических Республик
<b>БССР</b>	– Белорусская Советская Социалистическая Республика
<b>СНГ</b>	– Содружество Независимых Государств
<b>РФ</b>	– Российская Федерация
<b>США</b>	– Соединённые Штаты Америки
<b>СМ</b>	– Совет Министров
<b>Минсельхозпрод</b>	– Министерство сельского хозяйства и продовольствия
<b>МинЧС</b>	– Министерство по чрезвычайным ситуациям
<b>Комлесхоз</b>	– Комитет по лесному хозяйству
<b>Минприроды</b>	– Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды
<b>Минобразования</b>	– Министерство образования
<b>Минэнергетики</b>	– Министерство энергетики
<b>ВУЗ</b>	– Высшее учебное заведение
<b>ООН</b>	– Организация Объединённых Наций
<b>НАН</b>	– Национальная академия наук
<b>ИПИПРЭ</b>	– Институт проблем использования природных ресурсов и экологии
<b>ИЭБ</b>	– Институт экспериментальной ботаники
<b>БелНИЦ»Экология»</b>	– Белорусский научно-исследовательский центр «Экология»
<b>ГЭС</b>	– гидроэлектростанция
<b>ЛОС</b>	– летучие органические соединения
<b>ГКМ</b>	– Глобальные климатические модели
<b>САО</b>	– Северная агроклиматическая область
<b>ТКО</b>	– твёрдые коммунальные отходы
<b>ЦАО</b>	– Центральная агроклиматическая область
<b>ЮАО</b>	– Южная агроклиматическая область
<b>ЮНЕП</b>	– Программа ООН по окружающей среде
<b>ГТК</b>	– гидротермический коэффициент Селянинова
<b>ИП</b>	– индекс патогенности
<b>ИПВВ</b>	– индекс патогенности влажности воздуха
<b>ИПМИАД</b>	– индекс патогенности междусуточного изменения атмосферного давления

<b>ИПСВ</b>	– индекс патогенности скорости ветра
<b>ИПТВ</b>	– индекс патогенности температуры воздуха
<b>КИП</b>	– комплексный индекс патогенности
<b>КЭ</b>	– клещевой энцефалит
<b>ЛЗН</b>	– лихорадка Западного Нила
<b>ЛКЗ</b>	– ландшафтно-климатическая зона
<b>обл.</b>	– область
<b>сан.</b>	– санаторий
<b>АСРЭП</b>	– автоматизированная система регионального экологического прогноза
<b>ГЛФ</b>	– государственный лесной фонд
<b>ГНТП</b>	– государственная научно-техническая программа
<b>ППС</b>	– паритет покупательной способности
<b>НИР</b>	– научно-исследовательская работа
<b>УГВ</b>	– уровень грунтовых вод

#### Префиксы и множительные коэффициенты

Префикс	Символ	Кратность
<b>Кило</b>	<b>к</b>	$10^3$
<b>Мега</b>	<b>М</b>	$10^6$
<b>Гига</b>	<b>Г</b>	$10^9$
<b>Тера</b>	<b>Т</b>	$10^{12}$
<b>Пета</b>	<b>П</b>	$10^{15}$

## ВВЕДЕНИЕ

Подписание и ратификация Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК) Республикой Беларусь (подписано 11.06.1992 г., ратифицировано 11.05.2000 г., вступило в силу 9.08.2000 г.) является свидетельством того, что в стране проблеме парниковых газов и их влияния на изменение климата уделяется серьезное внимание.

Эффективное планирование и управление народным хозяйством страны требует анализа и учета большого числа экономических, социальных и природных показателей. Для этого необходимо создание информационной базы и системы ее эффективного использования в интересах планирования и управления различными сторонами хозяйственной деятельности. Важнейшим элементом информационной базы является климатическая информация.

Конечная цель Рамочной Конвенции заключается в стабилизации концентрации газов с парниковым эффектом на таком уровне, который предотвратит опасное антропогенное вмешательство в климатическую систему. Такой уровень необходимо обеспечить в период времени, достаточный для того, чтобы дать возможность экосистемам естественно адаптироваться к изменениям климата. Конвенция также призывает всех участников направить силы на достижение трех целей:

- разрабатывать, периодически обновлять, публиковать и предоставлять Конференции Сторон национальные кадастры антропогенных выбросов всех газов с парниковым эффектом, которые не контролируются Монреальским протоколом;

- использовать сопоставимые методологии для разработки кадастров выбросов из источников и абсорбции поглотителями газов с парниковым эффектом;

- формулировать, внедрять, публиковать и регулярно обновлять национальные программы, содержащие меры по компенсации изменений климата, вызванные антропогенными выбросами, с тем, чтобы вернуться к своим уровням антропогенных выбросов диоксида углерода и других парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.

Основное обязательство Республики Беларусь в соответствии с положениями РКИК – сократить антропогенный выброс парниковых газов, в первую очередь CO<sub>2</sub>; – подготовка, публикация, периодическое обновление и предоставление Конференции Сторон Национальных кадастров антропогенных выбросов из источников и абсорбции парниковых газов (кроме озоноразрушающих, ст. 4.1а РКИК). Кадастры должны составляться на основе методологий Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), принятых Конференцией Сторон, представляться в транспарентном и поддающемся проверке виде.

В соответствии с вышеизложенным, при составлении национальных кадастров ставится задача определения существующего уровня выбросов парниковых газов, чтобы в дальнейшем определить программные мероприятия и меры по снижению воздействия на изменение климата.

Подготовка Первого Национального сообщения в Республике Беларусь проводилась в соответствии с методическими документами:

- 1) Руководящие принципы для подготовки национальных сообщений Сторон Приложения I к РКИК, часть I: руководящие принципы для представления докладов о годовых кадастрах (документ FCCC/CP/1999/7);

2) Руководящие принципы для подготовки национальных сообщений Сторон Приложения I к РКИК, часть II: руководящие принципы для подготовки национальных сообщений (документ /СР/1999/7);

3) Руководящие принципы РКИК по отчетности по вопросам глобальных систем наблюдения за климатом (документ /СР/1999/7);

4) Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, МГЭИК, 1996;

5) Руководство по практическим методам и контролю неопределенности в национальном учете парниковых газов, МГЭИК, 2000.

6) Синтезирующий доклад МГЭИК «Изменение климата», 2001 г.

7) Техническое руководство МГЭИК для оценки воздействия климатических изменений и мер по адаптации, ЮНЕП/ВМО, 1994 г.

8) Пособие по методам оценки воздействия климатических изменений и стратегиям по адаптациям, ЮНЕП, 1998 г.

Кроме указанных, использовались национальные нормативно-методические документы по инвентаризации, расчету удельных выбросов и т. д. При выполнении работы исполнителями также использован многолетний опыт, материалы и результаты предыдущих исследований, выполненных в рамках национальных заданий.

Информация представлена по шести модулям:

1) эмиссии ПГ в секторе энергетики и переработки сырья ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HMU}$ ,  $\text{SO}_2$ );

2) эмиссии ПГ в секторе индустриальные процессы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HMU}$ ,  $\text{ГФУ}$ ,  $\text{SO}_2$ ). Фторуглероды в Республике Беларусь не производятся. Используются в качестве холодильного агента  $\text{ГФУ}$  134 и 134а, причем доля  $\text{ГФУ}$  134 не превышает 0,5% от общего объема. Поэтому расчеты эмиссии выполнялись только для  $\text{ГФУ}$  134а. Рассчитанная суммарная эмиссия  $\text{ГФУ}$  очень мала ~ 0.001 Гг., т. е. практически ею можно пренебречь;

3) эмиссии ПГ при использовании растворителей (ЛНОС);

4) эмиссии и стоки ПГ в сельском хозяйстве ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ );

5) изменение землепользования и лесное хозяйство (поглощение «-»  $\text{CO}_2$ );

6) эмиссии ПГ в секторе отходы ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ).

Инвентаризация проведена за период: 1990 г. (базовый), 1995 г. – год наибольшего снижения объемов производства, 1999 г. и 2000 г. Этот период охватывает все характерные моменты в развитии народного хозяйства Республики Беларусь.

Разработка национальной стратегии по снижению выбросов основывалась на опыте других стран в подготовке соответствующих материалов, особенностей развития нашей страны, а также на результатах работы по инвентаризации парниковых газов и оценке уязвимости и адаптации социальной и экономической систем к изменению климата и других материалов.

В работе дана детальная информация по оценке потенциального влияния на:

– сельскохозяйственные, лесные, водные экосистемы;

– климато-зависимые отрасли экономики (сельское, лесное, водное хозяйство);

– социальную сферу,

а также оценка мер по их адаптации к изменению климата.

При сборе и анализе информации к ней предъявлялись требования, которым она должна соответствовать: согласованность, транспарентность, сопоставимость, полнота и точность.

Для сопоставления вклада различных парниковых газов использовался их эквивалент:  $\text{CO}_2 - 1$ ;  $\text{CH}_4 - 21$ ;  $\text{N}_2\text{O} - 310$ .

Расчеты выполнялись с использованием программного обеспечения МГЭИК. Таблицы с суммарными данными инвентаризации парниковых газов оформлены в специальном формате, разработанном МГЭИК.

Национальное сообщение подготовлено при финансовой поддержке Глобального экологического фонда и Международного банка реконструкции и развития. Менеджер проекта ГЭФ – Шевченко В.Н. – магистр экологического управления.

Работа выполнялась сотрудниками различных организаций, ответственных за выполнение РККИК в Республике Беларусь:

Белый О.А., канд. техн. наук - руководитель работы  
 Логинов В.Ф., академик НАНБ – научный консультант  
 Сенько А.С., канд. техн. наук – ответственный исполнитель

Основные исполнители:

Лысухо Н.А., канд. техн. наук  
 Котельников А.В.  
 Ерошина Д.М., канд. геол.-минер. наук  
 Бамбалов Н.Н., академик НАНБ  
 Сачок Г.И., доктор географ. наук  
 Хомич В.С., канд. географ. наук  
 Какарека С.В., канд. географ. наук  
 Калинин М.Ю., доктор техн. наук  
 Тарасёнок А.И., канд. географ. наук  
 Тюленев А.Г.

Авторы благодарят Министерства и ведомства Республики Беларусь, приславшие замечания и согласование по Национальному сообщению:

- Министерство экономики
- Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии
- Министерство транспорта и коммуникаций
- Министерство жилищно-коммунального хозяйства
- Комитет лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь
- Министерство сельского хозяйства и продовольствия
- Белорусский государственный концерн по нефти и химии «Белнефтехим»
- Министерство промышленности
- Государственный комитет по энергоэффективности при Совете Министров

Республики Беларусь

- Министерство энергетики
- Министерство статистики и анализа
- Министерство образования
- Республиканский гидрометеорологический центр

Замечания помогли в подготовке окончательной редакции Национального сообщения.

## Сводное резюме

### Национальные обстоятельства

Беларусь расположена в Центрально-Восточной Европе, относится к категории стран с переходной экономикой, до конца 1991 г. входила в состав СССР. Площадь страны составляет 207,6 тыс. км<sup>2</sup> (2,1% площади Европы). Численность населения на начало 2001 г. – 10,0 млн. чел. Столица Беларуси – г. Минск.

Беларусь не имеет выход к морю и граничит с Россией, Украиной, Польшей, Литвой и Латвией. Протяженность территории с севера на юг 560 км (от 56°10' до 51°16' северной широты), с запада на восток – 650 км (от 23°11' до 32°47' восточной долготы). В административном отношении Беларусь делится на 6 областей, состоящих из 118 районов.

Беларусь расположена в пределах умеренного климатического пояса. Особенности климата страны определяются ее географическим положением в средних широтах, относительной близостью Атлантического океана, преобладающим западным переносом воздушных масс, равнинным рельефом, который не мешает их проникновению в любом направлении. Эти условия определили господство в Беларуси умеренно континентального типа климата.

Поступление суммарной солнечной радиации уменьшается в направлении с юга на север от 4100 до 3500 МДж/м<sup>2</sup> в год. Причем 50 % притока солнечного тепла приходится на период май – июль и 5 % на ноябрь – январь.

В настоящее время Беларусь считается страной с переходной экономикой. Анализ динамики основных экономических показателей и объемов потребления топливных ресурсов за рассматриваемый период позволяет выделить два этапа, характеризующихся разными тенденциями изменения энергоемкости ВВП и выбросов парниковых газов в Беларуси.

Первый этап охватывает 1990 – 1995 гг. Данный период характеризуется резким снижением ВВП и объемов потребления топлива. Причем темпы снижения потребления топливных ресурсов опережали темпы падения ВВП. Так уровень потребления топлива снизился на 44 %, а ВВП сократился на 35 %. Это привело к уменьшению энергоемкости экономики. Естественно, что за данный период произошло сокращение выбросов парниковых газов энергетическим сектором республики. Это было обусловлено главным образом снижением потребления топливных ресурсов и в некоторой степени изменением структуры сжигаемого топлива.

Второй этап охватывает 1996 – 2000 гг. В этот период государством предпринимаются серьезные шаги по выходу экономики из кризиса и проведению энергосберегающей политики, которые были предусмотрены Основными направлениями социально-экономического развития Республики Беларусь на 1996 – 2000 гг., Основными направлениями энергетической политики Республики Беларусь на период до 2010 г. и Республиканской программой по энергосбережению до 2000 г. В результате за пятилетие

удалось увеличить ВВП на 36 % при стабилизации объемов потребления топливных ресурсов. Как следствие, энергоемкость экономики имела дальнейшее снижение.

Учитывая вышеизложенное, за базовый принят 1990 год.

## **Национальная инвентаризация источников и поглотителей парниковых газов**

Проведенные исследования показали, что на эффект глобального потепления влияют выбросы парниковых газов в различных отраслях народного хозяйства.

Наибольшее влияние оказывает эмиссия диоксида углерода, общие выбросы которого в 2000 г. составили 72888,15 Гг или 58% от уровня базового 1990 г. и 91% от уровня 1995 г. – года наибольшего снижения ВВП и выбросов.

Эмиссия CO<sub>2</sub> составила примерно 63% в 2000 г. от общего эффекта глобального потепления. Динамика изменений стоков CO<sub>2</sub> в период 1990-2000 гг. не столь существенна, как эмиссии. В 2000 г. они составили 39565,02 Гг. или 108,7% по отношению к 1990 и 1995 гг.

Основная эмиссия CO<sub>2</sub> идет за счет модуля «Энергетика» - 51026,74 Гг или 70%, а стоков CO<sub>2</sub> в модуле «Изменение землепользования и лесное хозяйство» – 39565 Гг. или 100%.

Эмиссия метана составляет в эквиваленте CO<sub>2</sub> 12839,19 Гг или 24,27% от общего ЭГП. Доля энергетики при этом 20%, сельского хозяйства – 34,6% и отходов – 21% по уровню 2000 г. По сравнению с 1990 и 1995 гг. изменения наиболее существенны в энергетике и сельском хозяйстве.

Эмиссия N<sub>2</sub>O в 2000г. составила 6748,8 Гг в эквиваленте CO<sub>2</sub> или 12,75% от общего ЭГП.

В целом эффект глобального потепления в 2000 г. с учетом стоков составил 52911,13 Гг. Стоки уменьшили выбросы CO<sub>2</sub> на 54,3%, а ЭГП на 35%. В 1990 г. стоки уменьшили ЭГП на 10%, а в 1995 г. на 27,1% (таблицы 1,2).

Темпы изменения ЭГП по сравнению с темпами изменения ВВП в период 1990 – 2000 гг. существенно выше, при этом ЭГП постоянно уменьшается. Снижение происходит, в основном, за счет эмиссии парниковых газов в модуле «Энергетика».

Эмиссия оксида углерода определяется эмиссией от транспорта в модуле «Энергетика».

Эмиссия CO в 2000 г. уменьшилась до 756,5 тыс. т и составила 40% от уровня базового 1990 г. и 54% к уровню 1995 г. Сокращение эмиссии CO произошло в основном за счет сокращения грузоперевозок и перевозок людей грузовым и легковым транспортом.

Эмиссия неметановых органических соединений, определяется в основном эмиссией в модуле «Энергетика» на транспорте и частично в модуле «Сольвенты». Снижение произошло в основном за счет уменьшения эмиссий от транспорта по указанным выше причинам.

Произошло также снижение эмиссии оксидов азота, которая определяется преимущественно энергетическими процессами.

Эмиссия диоксида серы определяется в основном эмиссией в модуле «Энергетика» и снизилась с 1990 г. к 1995 г. на 55%, а к 2000 г.- на 74% по отношению 1990 г. и составила 213,15 тыс.т.

Снижение произошло за счет уменьшения потребления топлива и за счет снижения доли мазута и увеличения доли газа.

Неопределенность данных о деятельности и коэффициента эмиссии в основном определялась экспертным путем и в различных позициях изменялась от 1 до 35%. Наибольшей неопределенностью характеризуются данные о деятельности в модуле

«Сольвенты», в сельском хозяйстве она составила 20%. В тоже время в основном модуле – «Энергетика» неопределенность о деятельности и коэффициентах эмиссии не столь существенна. Это и определило общую комбинированную неопределенность данных для инвентаризации в 3,056 %.

Прогнозное увеличение эмиссии парниковых газов обусловлено ростом объёмов производства во всех отраслях промышленности, в то же время приоритет отдаётся наукоёмким производствам. Учитывая это обстоятельство и то, что приоритет будет отдаваться ресурсо- и энергосберегающим технологиям, рост эмиссии парниковых газов будет меньше роста ВВП.

### **Национальная стратегия снижения выбросов парниковых газов экономики Республики Беларусь**

В перспективе развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) предусматривается направить на решение следующих задач:

максимально возможное удовлетворение потребностей отечественных потребителей в топливно-энергетических ресурсах, преимущественно за счет местных ресурсов;

обеспечение энергетической безопасности страны и повышение ее энергетической независимости на основе оптимизации структуры топливно-энергетического баланса (увеличение доли вторичных энергетических ресурсов, местных видов топлива, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии – ветро, – гелио, – биоэнергетика, малая гидроэнергетика), широкого внедрения новых эффективных технологий производства электроэнергии, реализации мер по энергосбережению во всех секторах экономики, включая социальную сферу;

совершенствование форм взаимодействия (влияния) ТЭК с окружающей средой в целях снижения негативного влияния на природу.

Оптимизация структуры генерирующих источников электроэнергетической отрасли предусматривается за счет внедрения парогазовых и турбинных технологий, увеличения выработки электрической энергии по теплофикационному циклу, преобразование котельных в мини-ТЭЦ – все это позволит в максимальной степени удовлетворить возрастающий спрос на электроэнергию и повысить эффективность теплоснабжения населенных пунктов страны.

К числу приоритетных направлений в химической и нефтехимической промышленности относятся:

– создание новых поколений химических изделий, прежде всего, современных химических волокон и нитей, пластических масс, эластомеров, прогрессивных видов минеральных удобрений и химических ингредиентов кормовых смесей, продукции основной и малотоннажной химии, а также потребительских товаров;

– начиная с 2006 г. (после коренной модернизации предприятий) основным направлением отрасли определено систематическое внедрение новых технологий, ориентированных на ресурсосбережение и экологизацию производств, рациональное природопользование;

– особое внимание предусматривается уделить комплексной переработке сырья, использованию отходов производства. Это потребует создания принципиально нового ассортимента средств очистки газообразных, жидких и твёрдых веществ, способных уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду; расширение ассортимента

катализаторов и инициаторов реакций новых поколений и технологических процессов на их основе, что обеспечит увеличение производства полиолефинов, продукции органического синтеза и других экологически чистых продуктов.

В строительном комплексе предусмотрена реализация Государственной научно-технической программы «Создать и внедрить новые материалы, энергосберегающие технологии и ресурсоэкономичные конструктивные системы жилых домов, снижающих ресурсо – и энергопотребление при строительстве и эксплуатации жилья».

По основным параметрам приоритетными направлениями развития транспорта должны стать:

- реконструкция и модернизация важнейших коммуникаций, объектов и систем, приведение их в соответствие с мировыми стандартами;
- обновление и восстановление производственного потенциала, замена физически и морально изношенного оборудования, транспортной техники;
- создание необходимых условий для привлечения транзитных потоков;
- совершенствование и ужесточение экологического контроля за работой транспортных средств.

Комплексная система мер экологической ориентации должна обеспечить в обозримой перспективе ограничение (снижение) негативного влияния эксплуатации транспортных средств на человека и окружающую среду.

Накопленные научные знания и практический опыт позволяют разработать и осуществить комплекс организационно-хозяйственных и инженерных мероприятий, снижающих эмиссию диоксида углерода в атмосферу с нарушенных болот. Эти мероприятия следующие:

- осуществление экологической реабилитации нарушенных болот путём повторного заболачивания с возобновлением процессов торфообразования.;
- приведение структуры посевных площадей на осушенных торфяных почвах в соответствие с проектами мелиорации и научно-обоснованными рекомендациями;
- переход к экологически и экономически обоснованным методам использования деградированных торфяных почв.
- предотвращение пожаров на торфяниках.

Согласно разработанному прогнозу выбросов газов, обладающих парниковым эффектом, к 2020 г. будет наблюдаться тенденция к увеличению ЭГП. В целом ЭГП в 2020 г. составит согласно оптимистическому варианту 76512,72 Гг, что практически в 1,5 раза выше суммарного ЭГП в 2000 г. и на 36,5 % ниже по сравнению с базовым 1990 г.(таблица 3). Однако темпы роста эффекта глобального потепления будут существенно ниже ВВП. Увеличение будет происходить в основном за счет эмиссии парниковых газов в секторе «Энергетика», доля которого в суммарном ЭГП составит к 2020 г. более 98%. Вклад промышленности и сектора «Отходы» в ЭГП будет невелик – 2,37 % и 2,97 % соответственно, сельского хозяйства – 19,96 %. Сектор «Изменение землепользования и лесное хозяйство» за счет стоков обеспечит поглощение порядка 24,17 % парниковых газов.

Основной вклад в ЭГП будет вносить эмиссия CO<sub>2</sub>, общие выбросы которого в 2020г. составят 91981,1 Гг. Увеличение выбросов CO<sub>2</sub> по отношению к 2000г. составит порядка 30%, а по отношению к базовому 1990 г. уменьшились на 25%.

Эмиссия CO<sub>2</sub> в 2020г. составит более 71% от общего эффекта глобального потепления. Согласно прогнозу в 2020 г. стоки уменьшаться почти на 5% по сравнению с 2000 г., а по сравнению с 1990 г. увеличатся на 3 %.

Среди различных отраслей народного хозяйства основная эмиссия CO<sub>2</sub> в 2020 г. будет за счет энергетического комплекса – 71821 Гг или 78,1 %, а стоков – CO<sub>2</sub> в секторе «Изменение землепользования и лесное хозяйство» – 37626 Гг или 100%.

Эмиссия метана в 2020 г. согласно оптимистическому сценарию в эквиваленте CO<sub>2</sub> составит 13235 Гг или около 17,3 % общего ЭГП. Подавляющая часть метана (>53%) будет обусловлена эмиссией от сельского хозяйства. Доля энергетики при этом - 28%, отходов – 15%. По сравнению с 2000г. вклад энергетики в эмиссию метана возрастет на 40 %, а по сравнению с 1990 г. снизится на 15 %.

Таблица 1

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 1990 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	100615,2	321,04	0,77	100615,2	6741,84	238,7	107595,74	89,08
Индустриальные процессы	1856,35	1,15	1,12	1856,35	24,15	347,2	2227,7	1,85
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	529,53	30,68	0	11120,13	9510,8	20630,93	17,33
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-12720,51* * эмиссия 23676,89 поглощение 36397,40	6,09	0,04	-12720,51	127,89	12,4	-12580,22	- 10,41
Отходы	0	111,83	0,77	0	2348,43	238,7	2587,13	2,15
<b>ВСЕГО</b>	<b>89751,04</b>	<b>969,64</b>	<b>33,38</b>	<b>89751,04</b>	<b>20362,44</b>	<b>10347,8</b>	<b>120461,28</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП, %			74,51	16,90	8,59	100	

Таблица 2

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2000 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	50741,57	123,27	0,36	50741,57	2588,67	111,6	53441,84	102,05
Индустриальные процессы	1277,78	1,61	1,01	1277,78	33,81	313,1	1624,64	3,10
Сольвенты								
Сельское хозяйство		333,94	18,76		7012,74	5815,6	12828,34	24,50
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-18981,38* * эмиссия 20583,64 поглощение 39565,02	22,90	0,04	-18981,38	480,9	12,4	-18488,08	- 35,30

	39565,02							
Отходы		129,67	0,76		2723,07	235,6	2958,67	5,65
ВСЕГО	33037,97	611,39	20,93	33037,97	12839,19	6488,3	52365,86	100
	Доля суммарного ЭГП, %			63.09	24.52	12.39	100	

Таблица 3

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2020 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	71 821	175	0,49	71 821	3 675	152	75 648	98,87
Индустриальные процессы	1474	1,76	0,98	1474	37,0	304	1815,0	2,37
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	336	26,5	0	7056	8215	15271	19,96
Изменение землепользования и лесное хозяйство	- 18940,5* * эмиссия 18686,1 поглощение - 37626,6	20,85	0,02	- 18940,5	437,85	6,2	- 18496,45	- 24,17
Отходы	0	96,65	0,791	0	2029,65	245,52	2275,17	2,97
<b>ВСЕГО</b>	<b>54 354,5</b>	<b>630,26</b>	<b>28,78</b>	<b>54 354,5</b>	<b>13235,5</b>	<b>8922,72</b>	<b>76 512,72</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП			71,04	17,3	11,66	100	

Согласно прогнозным данным эмиссия N<sub>2</sub>O в 2020г. составит 8922 Гг в эквиваленте CO<sub>2</sub> или 11% от общего ЭГП.

Прогнозируемый рост эмиссии парниковых газов в энергетическом комплексе обусловлен ростом ВВП и, соответственно, ростом потребления топлива. Однако эмиссии парниковых газов прогнозируются ниже уровня 1990 г.

### Оценка уязвимости, воздействие изменения климата и меры по адаптации

#### Оценка уязвимости и адаптации сельского хозяйства к изменению климата

Климат Беларуси характеризуется следующими параметрами:

– максимальные значения годовой температуры воздуха: 7,3 °С (Брест); среднемесячной температуры воздуха июля: 18,5°С (Гомель, Мозырь, Брагин); годовой суммы осадков: 769 мм (Новогрудок); месячной суммы осадков июля: 97 мм (Толочин); – минимальные значения годовой температуры воздуха: 4,7 °С (Езерище); среднемесячной температуры января: -8,1°С (Езерище); годовой суммы осадков: 566 мм (Брагин); месячной суммы осадков февраля: 28 мм (Бобруйск, Брагин).

Агропромышленный комплекс представляет собой многоотраслевое природоёмкое хозяйство, оказывающее значительный разнонаправленный прессинг на окружающую среду. Площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 57,4 % земельного фонда или 11923 тыс. га, в том числе 8,0% используемых гражданами. Численность занятого населения за последнее десятилетие постепенно снижается от 985,4 (1990 г.), 843,5 (1995 г.) до 625,1 (2000 г.) тыс. чел.

Агроклиматические ресурсы страны достаточно благоприятны. Наиболее опасными явлениями погоды в теплый период года являются заморозки, засушливые условия, в холодный период – оттепели, сильные морозы, притертая ледяная корка, в ранневесенние периоды – вымокание, выпревание, возвраты холода и др. Размер климатообусловленных потерь урожайности основных выращиваемых культур несколько ниже в Поозерье и заметно

выше в Полесье, минимален у картофеля (9,9 %) и ярового ячменя (16,7 %), максимален – у озимой пшеницы (21,3 %) и льна-долгунца (17,6 %).

Для территории Беларуси вклад климата в общую дисперсию урожайности составляет для озимых культур 22 – 38 % и изменяется от 35 до 81 % для яровых. Климатически обусловленное падение урожайности произошло в конце 70-х годов, несмотря на улучшение агротехники. Климатические условия с 1984 по 1990 гг. благоприятствовали росту урожайности на фоне высокого уровня агротехники. С начала 90-х годов отмечается снова падение урожайности, обусловленное ухудшением климатических условий, а также ухудшением и снижением уровня агротехники в условиях экономического кризиса.

Динамика поголовья скота и птицы, кроме лошадей, за 15 лет, начиная с 1985 г., характеризуется нисходящим трендом. Так, для крупного рогатого скота это составило от 7556 до 4326 тыс. голов, для свиней – от 5012 до 3566 тыс. голов.

Период с 1989 г. характеризуется существенно повышенным температурным фоном (на  $\approx 1$  °С). Такого продолжительного и интенсивного потепления не наблюдалось за весь период инструментальных наблюдений. Потепление касается главным образом зимних месяцев. Однако в последние годы потепление охватило и летние месяцы.

Потепление привело к сдвигу дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С, 5, 10 и 15 °С и увеличению суммы температур за соответствующие периоды. Это отразилось на изменениях сроков протекания различных природных процессов и сдвиге климатических фаз, в частности на формировании ранней затяжной весны, удлинении теплого послеуборочного периода, позволяющего поднять урожайность пожнивных крестоцветных кормовых культур и др. Увеличилась опасность заморозков весной в связи с более ранним началом вегетации (особенно в южных районах). Увеличились повторяемость оттепелей и их продолжительность и максимальные температуры, летом участились и удлинились периоды с засушливыми условиями.

Отмеченный рост числа неблагоприятных климатических явлений, начиная с 70-х годов, привел в Беларуси, как и в других странах, к снижению урожайности в неблагоприятные годы, число которых увеличилось. Вторичное снижение урожайности с 1990 г. связано не только с неблагоприятными погодными явлениями, но и с экономическими причинами. Эти тенденции прослеживаются на примере урожайности озимой ржи и ячменя.

По полученным сценарным оценкам наиболее вероятными являются повышение температуры воздуха, подтверждаемое практически всеми авторами и методами, составляющее на середину XXI столетия 1 – 3 °С и более. Для атмосферных осадков оценки менее надежные – от небольшого прироста до уменьшения годовой суммы на 10 – 20 %. При этом изменяются (смещаются во времени) все агроклиматические показатели: динамика тепла и влаги, даты перехода и т.д.

В животноводстве климатические изменения сказываются главным образом на кормовой базе – длительности пастбищного периода, качестве и продуктивности пастбищных и сенокосных угодий, объемах заготовки кормов и др. В отдельные аномальные годы период пастбищного содержания животных может быть на 20 - 25 дней меньше или больше его средней продолжительности. Это сказывается на экономических показателях отрасли. Климатически обусловленные отклонения сценарной урожайности кормовых культур составляют 10 – 15 %.

Возможное влияние климатической изменчивости на оптимальное поголовье скота оценивается из соотношения: изменение кормозаготовок на  $\pm 10 - 15$  % (937 - 1406 тыс. кормовых единиц) влечет изменение оптимального поголовья скота на  $\pm 500 - 760$  тыс. условных голов.

Фонд земельных ресурсов страны значителен, однако площади их в целом за последний период постепенно сокращались. В первую очередь, это за счет вывода из оборота загрязненных радионуклидами земель, а также отчуждения земель для несельскохозяйственных целей. На 1 жителя в среднем приходится 0,9 га сельхозугодий, из них 0,6 га пашни. Это выше, чем в европейских странах и в 2 - 2,5 раза превосходит минимум, обеспечивающий продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем. Однако значительная часть земель находится в неудовлетворительном мелиоративном состоянии.

Оценка стратегий и мер по адаптации осложняется кризисным состоянием всех сфер сельского хозяйства, и прогнозы могут быть выполнены лишь в самых общих чертах по двум типам реагирования на воздействия – ограничению и адаптации. Ограничительная стратегия нацелена на предотвращение или замедление роста концентрации парниковых газов в атмосфере. Она привела к некоторой стабилизации процесса, но в принципе не может предотвратить климатические изменения. Адаптация требует ответов как на отрицательные, так и на положительные эффекты изменения климата. Главными являются меры по адаптации к чрезвычайным событиям, т.к. климатические изменения в основном реализуются через изменения частот и интенсивности аномальных событий.

Для условий Беларуси выделены 14 наиболее опасных для сельского хозяйства явлений погоды, определяющих климатическую изменчивость урожайности, составляющую для ярового ячменя 1 – 38 (в среднем 20)%, для озимой ржи – 9 - 28 (15,9) %, для картофеля – 10 - 32 (16,4) % и нарастает в направлениях восток и юго-восток. Она выше на легких почвах, наиболее выражена для ячменя и существенно зависит от уровня агрохимических показателей. Погодные и климатические параметры оказывают различное воздействие на разных фазах вегетации культуры. Ущерб урожая из-за неблагоприятных погодных условий могут достигать 50 – 60 % и более и в значительной степени определяются засушливыми условиями. Увеличение повторяемости теплых зим изменяет условия перезимовки озимых культур из-за вымокания, выпревания, снежной плесени. Засушливые условия определяют до 70 % потерь. Требуют изучения влияние аномально теплых зим, изменение сроков наступления реперных значений температур, фенофаз культур и сроков проведения технологических операций.

Вероятное потепление климата и связанные с ним изменения территориального распределения атмосферных осадков вызовут необходимость пересмотра результатов всей системы кадастровой оценки земель, т.к. агроклиматические условия Витебской области существенно изменятся (улучшатся) благодаря потеплению и уменьшению увлажненности на средних и тяжелых почвах. На песчаных и осушенных почвах Полесья такая направленность климатических процессов ухудшит ситуацию. В целом в стране потребуется заметная структурная перестройка сельскохозяйственных угодий и пахотных земель. Вероятно, что в южной части страны площади пахотных земель сократятся как на доминирующих минеральных почвах легкого состава, так и за счет невозможности эксплуатировать как пашню осушенные торфяные почвы. В целом потребуются мероприятия

по адаптации сельскохозяйственного сектора к изменениям климата, которые выражаются в форме увеличения повторяемости экстремальных явлений погоды.

*Оценка уязвимости и адаптации лесного хозяйства к изменениям климата.* Земли Государственного лесного фонда (ГЛФ) Республики Беларусь составляют (на 1.01. 2001 г.) 9 247,5 тыс. га, или 44,55 % территории страны, из которых покрыто лесом 7 851,1 тыс. га (37,82 %). Исключительно важные биосферные функции выполняют болота, составляющие значительную долю (497,6 тыс. га или 5,4 %) в составе ГЛФ.

При среднем приросте стволовой древесины 6,3 м<sup>3</sup> и отпаде 1,8 м<sup>3</sup> на 1 га покрытых лесом земель ежегодно в лесах республики прирастает 35,3 млн. м<sup>3</sup> древесины. С учетом объема лесопользования, составлявшего в последние годы в среднем 10,2 млн. м<sup>3</sup>, суммарное текущее изменение запаса лесов страны составляет 25,1 млн. м<sup>3</sup> древесины в год.

Оценка воздействия изменения климата и уязвимости лесов и лесного хозяйства Беларуси проведены для следующих временных рамок: 1980 – 1990 – 2000 гг. – базовый период и 2000 – 2030 – 2050 гг. – прогнозируемый период.

Экологическое прогнозирование для регионов, близких по природно-климатическим характеристикам к условиям Беларуси, показало в целом благоприятное влияние глобального потепления на лесное хозяйство. Ожидается рост запасов древесины на корню более чем на 10 % к 2050 г. Реакция лесов Беларуси, расположенной в переходной полосе между бореальной таежной зоной и зоной широколиственных лесов, будет определяться сложным взаимодействием влияния увеличения температуры воздуха и выпадения осадков. Относительно благоприятным будет изменение условий для дуба, сосны, березы повислой, граба, других широколиственных (кроме ясеня) пород и преимущественно негативным для ели, ясеня, березы пушистой, ольхи серой и черной.

Прямой эффект увеличения уровня концентрации углекислого газа совместно с эффектами изменения климата и загрязнения воздуха может привести к широкому диапазону реакций – от существенного увеличения продуктивности лесов до их гибели.

*Наиболее значимые последствия изменения климата для лесного хозяйства и лесных экосистем заключаются в следующем:*

Положительные, или главным образом положительные изменения будут выражаться в:

а) росте (не менее 10 %) текущего прироста древостоев в связи с увеличением активных температур (до 10 %), продолжительности вегетации со 180 – 205 до 195 – 230 дней в году, а также концентрации углекислого газа в атмосфере (до 50 % к 2050 г.);

б) изменении в сторону ускорения сроков созревания плодов и семян древесных растений, а также лесных ягод в связи с более ранним началом вегетации на 10 – 15 дней, а в отдельные годы и более по сравнению со среднегодовалыми сроками;

в) более раннем оттаивании почвы и, в результате, сдвиге на 10 – 15 дней сроков начала лесокультурного сезона, что позволит несколько растянуть продолжительность периода посадки (посева) леса.

Практически все негативные проявления изменения климата в наибольшей степени будут выражены в южной части Беларуси: в Брестском и Гомельском Полесье, в меньшей мере – в подзоне грабово-еловых дубрав и относительно слабо скажутся в Витебской области, северных районах Минской, Могилевской и Гродненской областей.

Последствия, нейтральные или противоречивые по экологическим последствиям, но требующие принятия мер по адаптации:

а) активное зарастание открытых болот всех типов кустарниковой и лесной растительностью вследствие понижения уровня грунтовых вод и иссушения поверхности;

б) увеличение объемов передачи в состав лесного фонда земель, ставших малопригодными для сельскохозяйственного использования в результате расширения зоны засушливых явлений.

*Адаптация лесного хозяйства* к новым погодно-климатическим условиям окружающей среды должна быть направлена как на преодоление негативных последствий этих изменений, так и на наиболее полное извлечение выгод из них. По направленности деятельности комплекс мер по адаптации должен включать в себя следующие основные направления: планово-распорядительные и финансово-экономические; организационно-хозяйственные; образовательные и научно-исследовательские.

*Оценка уязвимости и адаптации водного хозяйства к изменениям климата.* Территория Республики Беларусь имеет большое количество водных экосистем, представленных реками (20,8 тыс.), озерами (10,8 тыс.), водохранилищами (153) и прудами (1,5 тыс.). Общая длина рек составляет 90,6 тыс. км. Они принадлежат водосборам Черного и Балтийского морей. Главными реками являются: Березина, Неман, Сож, Припять, Западная Двина, Днепр. Из выпадающих ежегодно 146 км<sup>3</sup> осадков почти 110 км<sup>3</sup> испаряется в атмосферу, и только 36,0 км<sup>3</sup> (25 %) преобразуется в местный сток. С соседних территорий поступает ежегодно 22,2 км<sup>3</sup> транзитных вод. Суммарные ресурсы местного стока составляют 56,2 км<sup>3</sup> в год. Наиболее крупными озерами являются: Нарочь (80 км<sup>2</sup>), Освейское (52,8 км<sup>2</sup>), Червоное (43,6 км<sup>2</sup>). Общий объем водохранилищ составляет 3,1 км<sup>3</sup>, полезный – около 1,2 км<sup>3</sup>.

В Беларуси имеется ряд искусственно созданных водных систем. В северной части расположена Березинская система протяженностью 169 км, соединяющая Западную Двину с Днепром. На юге, в Полесье, имеются два водораздельных соединительных канала: Днепровско-Бугский и Огинский. Первый является частью Днепровско-Бугского водного пути длиной около 735 км.

Для оценки изменений водных ресурсов под влиянием климата использовались два метода: статистический и воднобалансовый, для исследований водных экосистем Нарочанских озер – биоманипуляционные модели; для исследования подземных вод – статистические методы. Анализ случайной составляющей в изменении рядов расходов воды был выполнен с помощью тестов числа поворотных точек и изменения знаков разности. Используются также коэффициенты ранговой корреляции Кендалла и Спирмена.

*Анализ влияния климатических изменений на сток рек и уровни в озерах.* В соответствии со сменой географических зон по широте местности и, следовательно, изменением климатических факторов изменяется по территории и средний годовой сток. Общее понижение годовой величины стока наблюдается с севера на юг.

Наиболее важной фазой водного режима рек Беларуси является весеннее половодье. Высота весеннего половодья над обычным (меженным) уровнем воды на крупных реках достигает 8,6 – 12,8 м. На средних и малых реках высота половодья примерно вдвое ниже. Половодье продолжается 30 – 120 суток.

Весеннее половодье на реках сменяется летне-осенней меженью, когда уровни воды достигают наиболее низких значений. Ее продолжительность на реках водосбора Западной Двины 120 – 140 суток, Припяти – 135 – 165 и на остальных реках — 190 – 205 суток. В

засушливые годы (1939, 1951, 1952) наблюдается даже пересыхание рек и каналов с площадями водосборов свыше 1000 км<sup>2</sup>.

Реки замерзают на 80 – 140 суток со второй декады ноября. В суровые зимы отдельные малые реки могут промерзнуть до дна на срок до 4,5 месяца. В мягкие зимы ледостава на реках не бывает.

Анализ осадков за последнее столетие показывает, что в начале столетия выпадало существенно большее количество осадков, поскольку в это время доминировала западная форма атмосферной циркуляции по Г.Я. Вангенгейму. В зимнее время года сток рек республики увеличился.

Потепление в 20–30-х годах прошлого столетия, сопровождалось снижением осадков, особенно в восточной части республики, что привело к уменьшению стока в это время и, как следствие, к отрицательным разностям стока рек Днепр и Зап. Двина в периоды 1929–1945 гг. и 1890–1902 гг.

Расходы рек для периодов с высокими скоростями ветра оказались несколько ниже, чем для периодов с низкими скоростями ветра. Это связано с падением испарения в периоды низких скоростей ветра. Сравнение разности стока рек для эпох с высокими и низкими скоростями ветра позволило оценить вклад этого фактора – в среднем он составил около 10%.

Динамика экстремальных расходов воды за 100-летний период наблюдений в различные месяцы изучена для рр. Зап. Двина и Припять. Наиболее часто встречающиеся аномальные годы: с максимальным расходом воды – 1931, 1932, 1933, 1958 и 1962 гг., с минимальным расходом – 1921, 1939, 1954, 1969, 1976 и 1984 гг. Для рек с малыми водосборами формирование стока подвержено большим колебаниям, чем для рек с крупными водосборами.

*Анализ влияния климатических изменений на подземные воды в бассейнах крупнейших рек показал, что внутригодовые изменения уровней грунтовых вод (УГВ) имеют определенную закономерность, связанную с климатом. Весенний максимум УГВ, как правило, отмечается в апреле, когда уровни поднимаются от 0,4 до 2,3 м. В летний период УГВ определяется температурой и осадками одного – двух предыдущих месяцев. При этом установлена обратная связь с температурой предыдущих месяцев – с увеличением температуры УГВ понижается. Анализ показал, что существует годовой цикл, а также циклы продолжительностью в 3 – 4 и в 6 – 7 лет. Наибольшую повторяемость имеют циклы 2 – 3, 4 – 6 и 10 – 12 лет. Установить циклы большей продолжительности не представляется возможным в связи с короткими рядами наблюдения.*

Повышение температуры воздуха в "теплый" период (1988 – 1992 гг.) отразилось на уменьшении весенней амплитуды уровня подземных вод на всей территории республики. "Холодный" период (1964 – 1968 гг.) сопровождался значительными весенними амплитудами УГВ.

*Воздействие климата на речные экосистемы.* Для крупных рек Беларуси характерна асинхронность в колебаниях основных видов стока (годового, максимального и минимального). Сравнительная оценка изменения средних величин годового стока и квантилей различной обеспеченности, а также максимального и минимального стока с 1961 по 2000 гг. показывает, что различия в годовом стоке за выбранные периоды осреднения находятся в пределах точности расчета как для средних величин, так и для обеспеченных. Сток крупных рек практически не изменился. Увеличение стока Припяти, наблюдавшееся в

1965 – 1985 гг., можно объяснить климатическими изменениями (колебаниями водности лет).

Изменения максимального стока выходят за пределы точности расчета, и для всех рек характерно его уменьшение. Наиболее существенны изменения на рр. Березина Неман, Днепре меньшие изменения наблюдаются на рр. Западная Двина и Припять.

Изменения минимального стока на реках произошли по-разному, так минимальный сток на р. Припять повысился существенно, менее заметно он повысился на р. Днепр (г. Орша), на остальных реках сток не изменился.

Все изменения в гидрохимическом фоне как в прошлом, так и в настоящем не выходят за пределы гидрокарбонатно-кальциевого типа вод.

*Воздействие климата на озерные экосистемы и водохранилища.* Анализ спектральной плотности временных рядов уровня озер показал наличие долгопериодной составляющей – 20 – 30 лет для большинства озер Беларуси.

*Для естественных озерных водоемов Беларуси в засушливые годы (1951, 1959, 1964 гг.) характерна одновершинная кривая годового хода уровней озер с максимумом в апреле – мае. Во влажные годы (1987, 1990, 1998) характерным является двухвершинная кривая с первым максимумом в марте – апреле и вторым осенью – начале зимы.*

*Потепление, которое наблюдается в последние тринадцать лет (1989 – 2001гг.), отразилось на температурном и ледовом режиме рек, озер и водохранилищ.*

Температура воды поверхностного слоя водоемов заметно увеличилась, начиная с 1989 г. Наиболее значительные отклонения от нормы наблюдаются в весенний период. В летние месяцы отклонение от средних многолетних данных уменьшается, а в осенние – возрастает.

Максимальное значение температуры воды за весь период наблюдений отмечено на большинстве озер и водохранилищ в 2001г., и для оз. Нарочь составило 28,8 °С, оз. Нещердо – 29,4 °С, оз. Выгонощанское – 26,4 °С.

Для водоемов Беларуси в период 1989 – 2001 гг. отмечен переход температуры воды через 4 °С и 10 °С на неделю раньше обычных сроков, а осенью на 4 – 8 дней позднее обычного. Такая же тенденция установлена и для перехода температуры воды через 0,2 °С. В результате изменения климата увеличилась продолжительность периода, свободного ото льда. Рост температуры в поверхностном слое способствует раннему вступлению водорослей в период активного роста и увеличению его продолжительности (весеннее развитие фитопланктона).

*Воздействие гидромелиорации на гидрологический режим рек, уровни грунтовых вод и климат.* К настоящему времени в Полесском регионе мелиорировано около 1 млн. 400 тыс. га. Осушительная мелиорация одновременно понизила уровень грунтовых вод, существенно уменьшила с их поверхности потери на испарение, снизила радиационный баланс и транспирационный расход влаги. Осушенные болотные почвы нагреваются быстрее, чем неосушенные, но обладают меньшей теплопроводностью.

Орошение осушенных болотных почв вызывает рост радиационного баланса, максимальная температура их поверхности снижается на 6 – 10 °С.

Осушительная мелиорация, изменив водно-воздушный режим почв, существенно отразилась на режиме многих малых и средних рек. Густота гидрографической сети после мелиорации увеличилась в 2,5 – 4,9 раза, что создало более благоприятные условия для сброса паводковых вод.

После осушительной мелиорации годовой сток увеличился на 26 водосборах из 50 исследованных. Наиболее заметно осушение сказалось на малых водосборах, площадью до 2000 – 3000 км<sup>2</sup> в первые годы (за счет уменьшения суммарного испарения и запасов грунтовых вод). Годовой сток в первые годы увеличился на 20 – 30 %, а меженный – на 50 – 70 % и более. На остальных водосборах заметных изменений не отмечено.

Прогнозируемое потепление климата вызовет очередную негативную реакцию как водных экосистем в целом, так и отдельных их частей, особенно это скажется на поймах рек – наиболее чувствительных ландшафтах.

Прогноз изменения водных ресурсов свидетельствует о необходимости заблаговременной подготовки к возможным неблагоприятным последствиям изменения климата.

С водохозяйственных позиций наиболее существенным является учет возможной трансформации гидрографов маловодных лет, особенно если весь объем прогнозируемого уменьшения годового стока будет приходиться на период летне-осенней межени. Негативные последствия такой ситуации для водного хозяйства таковы:

- 1) уменьшение фактической расчетной обеспеченности хозяйственных объектов, использующих поверхностные воды;
- 2) падение минимальных уровней воды в реках и соответствующее осложнение для работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта и рекреации;
- 3) понижение уровней подземных вод, особенно в приречных зонах;
- 4) ухудшение качества речных вод, обусловленное пониженной степенью разбавления сточных вод и других источников загрязнения;
- 5) трансформация гидробиологического режима рек, вызванная изменением уровенного и скоростного режимов реки, повышением температуры воздуха и, как следствие, ухудшение кислородного режима, снижение интенсивности процесса самоочищения.

Если остановиться более подробно на последствиях изменения климата, то необходимо отметить следующее.

*Прогноз влияния изменения климата на речные и озерные экосистемы.* При росте "термической нагрузки" на реки и водоемы можно ожидать ускорения процессов эвтрофирования. Смещение в видовом составе (группах) фитопланктона к видам (группам) с более высоким температурным оптимумом (например, цианобактерии), вызывающее значительный риск для качества питьевой воды.

Потепление скажется на рыбных запасах. Равномерное повышение температуры воды в мелководных водоемах приведет к потере веса рыб, предпочитающих обитать в холодных водах, и вызовет летальный исход у многочисленных особей.

Следует ожидать нарушение жизненных циклов рыб, выпадение из ихтиофауны рыб-стенобионтов, изменение видового разнообразия, численности и биомассы рыб.

Согласно мнению экспертов, в настоящее время нет систематизированных гидробиологических материалов, позволяющих статистически достоверно зафиксировать изменения структурных параметров сообществ водных гидробионтов под влиянием отдельных факторов среды, и, в частности, идентифицировать воздействия климатических изменений. Необходимо в рамках научно-исследовательского мониторинга начать длительные "высокочастотные" наблюдения за гидробиологическими параметрами на наиболее характерных водных объектах.

При снижении уровней воды в реках и озерах произойдет увеличение концентраций радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностных водных источниках бассейнов Днестра и Припяти, расположенных в Гомельской и Могилевской областях.

*Прогноз влияния изменения климата на уровень грунтовых вод* показал, что, если годовая температура в начале XXI столетия в среднем по Беларуси повысится на величину около  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то это может вызвать снижение уровня грунтовых вод примерно на  $0,02$  м относительно нормы. Если рост температуры к 2025 г. составит  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то это приведет к снижению УГВ примерно на  $0,03 - 0,04$  м относительно нормы. В то же время весенние амплитуды УГВ уменьшатся, подобно тому, как это происходило в конце 80-х – начале 90-х годов при пятилетнем потеплении, меженные уровни станут еще ниже.

*Риск затопления территорий при наводнениях.* Анализ данных о наводнениях 1845 и 1931 гг. показывает, что на территории республики возможно формирование в будущем и более катастрофических паводков и половодий. Такая ситуация возможна при усилении антропогенной нагрузки на водосборе, выражающейся с гидрологической точки зрения в существенном изменении условий формирования стока.

*Адаптация водного хозяйства и водных экосистем* должна быть направлена на смягчение негативных последствий, связанных с потеплением климата, и содействовать устойчивому развитию Республики Беларусь.

Осуществление мероприятий по водообеспечению требует продолжительного времени, поэтому крупные водохозяйственные мероприятия должны планироваться с заблаговременностью порядка 25 лет, а их реализация должна опережать потребности в воде на 10 – 15 лет.

При долгосрочном планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать уязвимость поверхностных вод и определенную ограниченность адаптационных мер, не привязываясь к конкретным датам наступления изменений. Адаптация хозяйственной деятельности должна, прежде всего, включать водосбережение, широкое использование маловодных технологий, более широкое использование орошения сельскохозяйственных земель.

#### *Оценка уязвимости и адаптации социальных и экономических систем к изменению климата*

К настоящему времени имеются только отдельные работы по оценке социально-экономических последствий прогнозируемого изменения климата, и поэтому предлагаемые выводы основаны в значительной мере на экспертных оценках, которые требуют дальнейшего уточнения.

Имеется четкая сопряженность в ходе интегральных гидрометеорологических показателей и изменения экономических показателей страны. Она особенно заметна в производстве зерна. За последнее десятилетие изменение годовых сборов зерна в республике в лучшие и худшие в климатическом отношении годы составляет около 2,5 млн. тонн. Если принять, что климатическая составляющая в изменении сбора зерна составляет около 30 – 40 %, а минимальная стоимость тонны зерна – 80 долл. США, то минимальные экономические потери при снижении производства зерна в республике составят 80 – 100 млн. долл. США. Экспертные оценки показывают, что погодные и климатические условия приводят к изменению валового продукта сельского хозяйства как минимум на 15 – 20 %.

Потенциальный ущерб от неблагоприятных погодных и климатических условий для стран умеренной зоны наибольший в сельскохозяйственном производстве (около 70 %). При

принятии защитных мер он может быть снижен на 35 – 40 %. Процент потенциального ущерба на долю авиации, строительства, электроэнергетики, отопления, обрабатывающей промышленности, транспорта и др. отраслей колеблется от 0,1 до 2 % от валового национального дохода, а предотвратимые потери изменяются от 20 до 40 % общих потерь.

Уменьшение притока солнечной радиации за счет прогнозируемого увеличения облачности и прозрачности атмосферы уменьшает возможность использования солнечной энергии, а уменьшение скорости ветра, наметившееся за последние 20 – 25 лет, уменьшает возможности использования ветроэнергии.

Наиболее значительными последствия от изменения климата ожидаются в высоко урбанизированных районах. Такие последствия могут проявляться в затруднении водоснабжения, увеличении тепловых нагрузок, появлении благоприятных условий для возникновения разного рода инфекций.

Одним из важнейших социально-экономических последствий потепления климата является экономия топливно-энергетических ресурсов.

Для Беларуси, по многим оценкам, важным положительным фактором потепления будет уменьшение суровости климатических условий, которые в настоящее время определяют себестоимость поддержания экономической деятельности. Для нашего региона экономия топливно-энергетических ресурсов вследствие уменьшения продолжительности и суровости холодного времени года и, в связи с этим, уменьшение затрат энергии на отопление зданий может быть одним из существенных социально-экономических последствий ожидаемого антропогенного потепления климата.

В последнее десятилетие отопительный период сократился на 6 – 9 дней в основном в связи с более ранним его окончанием. На 1 – 1,5 °С увеличилась средняя температура отопительного периода (больше на севере). Все это привело к уменьшению суммы градусодней на 9 – 11 %. Это соответствующим образом отразилось на расходах топлива на отопление.

Произведенные расчеты показали, что при повышении среднегодовой температуры воздуха от 0,5 °С до 3 °С отопительный период уменьшается на 6 суток и на 36 суток при повышении на 3 °С.

Важным параметром для расчета тепла является температура внутри помещений.

Уменьшение тепловпотерь, а, следовательно, экономия топлива при повышении температуры на 0,5 °С составит 3,5%, а при повышении температуры на 3 °С – 15,3 %.

Суммарная экономия топлива при повышении температуры на 0,5 °С составит 6,6 %, а при повышении на 3 °С – 33,8 %.

Приведенные результаты довольно неплохо согласуются с результатами, полученными для стран Западной Европы и Европейской части России.

Оценки изменения индекса патогенности температуры, влажности, скорости ветра, междусуточных изменений давления, а также годового хода комплексного индекса патогенности за последние 40 лет показали разнонаправленный характер трендовых изменений указанных индексов патогенности. Индексы патогенности влажности воздуха, междусуточной изменчивости атмосферного давления растут, что отрицательно сказывается на здоровье населения. В то же самое время скорость ветра уменьшается, а температура растет, что обеспечивает положительную динамику индекса патогенности скорости ветра и температуры.

Годовой ход комплексного индекса патогенности благоприятен для здоровья человека в холодное время года и неблагоприятен во вторую половину лета в последнее десятилетие. Это связано с увеличением повторяемости максимальных летних температур и создает дополнительную нагрузку на организм, особенно для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Увеличение повторяемости оттепелей с максимальной температурой  $> 4^{\circ}\text{C}$  и последующие периоды похолоданий приводят к увеличению простудных заболеваний.

Потепление климата увеличит время пребывания людей в зонах отдыха (в лесу, на берегах рек, озер, водохранилищ), поэтому следует ожидать увеличение антропогенной нагрузки на эти экосистемы и, как следствие, – ухудшение качества воды и обострение эпидемиологической ситуации.

Таким образом, при прогнозируемых изменениях климата произойдут существенные изменения в состоянии здоровья человека.

В заключение следует подчеркнуть, что экосистемы (водные, лесные и сельскохозяйственные) нельзя рассматривать изолированно, так как в природе все со всем связано. Здоровье человека во многом определяется состоянием окружающей среды, в связи с чем актуальным является проведение в будущем интегрированных оценок влияния изменения климата на экосистемы, экономику и здоровье населения. Это позволит выбрать наиболее "выигрышные" мероприятия по адаптации не только на национальном уровне, но и перейти на межгосударственный (региональный) уровень.

### **Исследования и систематические наблюдения**

В Республике Беларусь систематически проводятся наблюдения за состоянием климата. За период инструментальных наблюдений произошли существенные изменения осадков внутри года и за отдельные годы. Это особенно заметно в августе, когда месячные значения осадков уменьшились на одну пятую часть. Стали наблюдаться большие недоборы осадков в апреле-мае и рост выпадающих осадков в феврале, июне и сентябре в последние годы. Отмечались исключительно влажные годы (1998 г, первая половина лета 1991 г. и вторая половина лета 1993 г. и др.). Возросла флюктуируемость осадков в июле за последнее десятилетие.

Путем обработки данных за базовый период установлены регрессионные зависимости различных агроклиматических показателей от среднемесячной температуры. Среди таких показателей – даты устойчивого перехода воздуха через  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$  и  $15^{\circ}\text{C}$  весной и осенью, продолжительность периодов с температурой выше этих пределов, а также соответствующие суммы активных температур. Прогнозы, сделанные на период 2010–2039 гг., показывают увеличение среднегодовой температуры воздуха на  $1^{\circ}\text{C}$ , при этом среднегодовая дневная температура повышается на  $0,92$ , а ночная – на  $1,15^{\circ}\text{C}$ . Приращения сумм температур выше  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  и  $10^{\circ}\text{C}$  ожидаются примерно одинаковыми и составляют приблизительно  $200\text{--}220^{\circ}$ , приращение сумм температур для  $15^{\circ}\text{C}$  значительно выше, причем оно больше в Минске ( $387^{\circ}\text{C}$ ), чем в Василевичах ( $294^{\circ}\text{C}$ ).

Таким образом, проведенные численные эксперименты свидетельствуют о большей скорости изменения среднегодовых ночных температур по сравнению с дневными. Этот вывод подкрепляется данными текущих метеорологических наблюдений. Прогнозные оценки агроклиматических показателей следующие: начало периодов с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  можно ожидать весной на 3–7 дней раньше, а осенью – на 2–6 дней позже, что

обеспечит увеличение продолжительности вегетационного периода почти на две недели в период 2010 – 2039 гг.

## Образование и повышение информированности общественности

Система экологического образования страны находится в стадии развития. С целью формирования гражданина, сознательно относящегося к окружающей среде и ее проблемам, 14.03.1991 Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 85 утверждена Республиканская программа по образованию в области охраны окружающей среды на 1991 – 1995 гг. В этой первой республиканской программе были сформулированы конкретные задачи каждой из форм системы образования:

- дошкольного, общего среднего образования, внешкольного воспитания и обучения;
- профессионально-технического;
- высшей школы и средне-специальных учебных заведений;
- переподготовки кадров и повышения квалификации.

Кроме того, отдельные регионы республики берут на себя инициативу разработки "Комплексных программ непрерывного экологического образования и воспитания детей дошкольного и школьного возраста". Примером такой программы может служить программа, подготовленная в 1996 г. большим творческим коллективом учителей и преподавателей ВУЗов г. Гродно, которая основана на принципе преемственности экологического воспитания дошкольников и учащихся начальных, средних и старших классов.

В настоящее время стал все более очевиден тот факт, что глобальные проблемы охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности не могут быть успешно решены усилиями только одних лишь государственных институтов. Одним из важнейших условий реализации политики государства является вовлечение широкой общественности в процесс принятия экологически значимых решений. Во многих межгосударственных документах, в частности в решениях конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД, Бразилия, 1992 г.), конференции министров окружающей среды Европы в Люцерне (1993 г.), Софии (1995 г.) и Орхусской конференции министров отмечалось, что экологические проблемы решаются эффективно только при участии всех заинтересованных граждан.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь проводит работу по реализации положений Орхусской конвенции, в частности, по укреплению контактов с общественными экологическими организациями, вовлечению их в совместную работу, направленную на оздоровление и защиту окружающей среды.

В июле 2001 г. в целях реализации положений Орхусской конвенции и обеспечения взаимодействия структурных подразделений Минприроды с общественными организациями и объединениями природоохранной направленности при министерстве создан и действует общественный координационный экологический совет, в который вошли представители 17 общественных организаций и объединений.

Создание совета открыло возможность для негосударственных организаций принимать участие в процессе принятия экологически значимых решений, участвовать в обсуждении направлений экологической политики (национальных планов действий, проектов законов, нормативных правовых актов и др.).

## ЧАСТЬ I. НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА

Республика Беларусь расположена в Центрально-Восточной Европе, относится к категории стран с переходной экономикой, до конца 1991 г. входила в состав СССР. Площадь страны составляет 207,6 тыс. км<sup>2</sup> (2,1% площади Европы). Численность населения на начало 2001 г. – 10,0 млн. чел. Столица Беларуси – г. Минск.

Беларусь не имеет выход к морю и граничит с Россией, Украиной, Польшей, Литвой и Латвией. Протяженность

территории с севера на юг 560 км (от 56°10' до 51°16' северной широты), с запада на восток – 650 км (от 23°11' и 32°47' восточной долготы). В административном отношении Беларусь делится на 6 областей, состоящих из 118 районов.



Таблица 1.1.

Национальные обстоятельства Республики Беларусь

Показатель	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	207,6	207,6	207,6
Леса и прочие лесопосадки, % от площади страны	35,6	39,9	40,6
Сельскохозяйственные угодья, % от площади страны	45,3	45,0	44,6
Население, млн чел. (на начало года)	10,2	10,2	10,0
Городское население, % от всего населения	66,1	67,9	69,7
Рабочая сила, % от всего населения	53,2 <sup>a</sup>	44,4	45,3
Структура занятости:			
Сельское и лесное хозяйство, % от всех занятых	19,5	19,7	14,8
Промышленность и строительство, % от всех занятых	42,0	34,5	34,6
Сфера услуг, % от всех занятых	38,5	45,8	50,6
ВВП, % к 1990 г.	100,0	65,2	88,6
Структура ВВП:			
Отрасли, производящие товары, % ВВП	68,9	49,2	45,6
из них:			
сельское и лесное хозяйство, % ВВП	23,0	15,8	12,1
промышленность и строительство, % ВВП	45,6	33,0	32,9
Отрасли, оказывающие услуги, % ВВП	28,5	41,1	39,9
Чистые налоги, % ВВП	2,6	9,7	14,5
ВВП на душу населения по ППС, USD	6125	4981	7824

## 1.1. Государственное управление



В соответствии с Конституцией Республика Беларусь – унитарное демократическое социальное правовое государство. Главой государства является Президент Республики Беларусь. Органами государственной власти являются Парламент, Правительство, Администрация Президента, судебные органы, Прокуратура и Комитет государственного контроля. Парламент – Национальное собрание Республики Беларусь является представительным и

законодательным органом страны и состоит из двух палат – Палаты представителей и Совета Республики. Правительство – Совет Министров Республики Беларусь осуществляет исполнительную власть и выполняет функции государственного управления.

Система государственного управления построена по функционально-отраслевому и территориальному принципам и включает 24 министерства, 12 отраслевых комитетов, 6 областных, 118 районных исполнительных комитетов, а также городские, поселковые и сельские исполнительные комитеты.

Система природоохранного законодательства в республике разрабатывается с учетом опыта промышленно развитых стран и в целом соответствует международным стандартам. Конституция Республики Беларусь декларирует право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Первым из природоохранных законов в независимой Беларуси был принят Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» в 1992 г. Он регулирует природоохранные отношения в сфере всей окружающей среды и является основой для отраслевых законов: «О государственной экологической экспертизе» (1993, доработан в 2000 г.), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1993, доработан в 2000 г.), «Об особо охраняемых природных территориях и объектах» (1994, доработан в 2000 г.), «Об охране и использовании животного мира» (1996), «Об охране атмосферного воздуха» (1997), «О радиационной безопасности» (1998), «О гидрометеорологической деятельности» (1999), «Об отходах» (2000). Отношения в сфере природопользования регулируются системой Кодексов Республики Беларусь, в которую входят Кодекс Республики Беларусь о недрах (1997), Водный кодекс Республики Беларусь (1998), Кодекс Республики Беларусь о земле (1999), Лесной кодекс Республики Беларусь (2000) и другие.

Систему органов власти и управления в сфере охраны окружающей среды составляют Президент Республики Беларусь, Национальное собрание, Совет Министров, а также местные органы власти. Местные органы власти непосредственно организуют выполнение государственных и региональных программ по охране природы. Органом специальной компетенции является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды,

которое отчитывается перед Советом Министров. Кроме этого правом контроля за состоянием окружающей среды наделены Министерство по чрезвычайным ситуациям, Министерство здравоохранения и Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. Отдельные природоохранные функции выполняют Комитет лесного хозяйства, Министерство внутренних дел, Государственный таможенный комитет и Управление делами Президента Республики Беларусь.

## 1.2. Природные ресурсы

В природном отношении Беларусь расположена на западе Восточно-Европейской равнины в зоне смешанных лесов. Средняя абсолютная высота над уровнем моря составляет 160 м. Высшей точкой является гора Дзержинская на Минской возвышенности (345 м). Самым низким участком считается долина р. Неман на границе с Литвой (80 м). На территории Беларуси выделяется 5 физико-географических провинций: Поозерье,



Белорусская гряда со смежными равнинами, Восточно-Белорусская (Приднепровье), Предполесье и Полесье.

Поозерье (46,7 тыс. км<sup>2</sup>) – северная провинция, район распространения озер ледникового происхождения, холмисто-моренного рельефа и озерно-ледниковых равнин, сформированных в эпоху вюрмского оледенения. Белорусская гряда со смежными равнинами (50,3 тыс. км<sup>2</sup>) занимает западную и центральную часть Беларуси. Это – холмистая, наиболее возвышенная часть страны.

Приднепровье (15,1 тыс. км<sup>2</sup>) характеризуется равнинным рельефом и наиболее плодородными почвами. Полесье (58,1 тыс. км<sup>2</sup>) – наиболее обширная провинция, занимает юг страны, представлена равнинными ландшафтами в основном аллювиального происхождения, главный ареал распространения болот. Между четырьмя данными провинциями расположено Предполесье (37,4 тыс. км<sup>2</sup>) – равнинная территория с преобладанием моренно-зандровых и водно-ледниковых ландшафтов.

### *Земельные ресурсы.*

Земельный фонд Республики Беларусь составляет 20 759,6 тыс. га. Его структура на 1 января 2001 г. была такова:

земли сельскохозяйственных предприятий и граждан	10 763 тыс. га (51,9 %),
земли лесохозяйственных организаций	7754 тыс. га (37,3 %),
земли запаса, заповедников, национальных парков и курортов	1035 тыс. га (5,0 %),
земли прочих землепользователей	1208 тыс. га (5,8 %).

В структуре землепользования за последние 20 лет отмечаются: уменьшение площади сельскохозяйственных предприятий, рост площади лесохозяйственных предприятий, рост площади территорий природоохранного, рекреационного, историко-культурного назначения и земель общего пользования в населенных пунктах.

Площадь охраняемых природных территорий в 2000 г. составила 1562,2 тыс. га, или 7,5 % площади страны. Охраняемые природные территории представлены Березинским заповедником, четырьмя национальными парками (Беловежская пуца, Браславские озера, Припятский и Нарочанский), заказниками и памятниками природы.

На территории Беларуси широко распространены болотные и лесо-болотные комплексы – 2379 тыс. га (11,5 % территории страны). Из них лесные болота составляют 48,3 %, закустаренные – 12,1 % и открытые – 39,6 %. Во второй половине XX века интенсивно проводилась осушительная мелиорация болот с трансформацией в сельскохозяйственные угодья. Пик этого процесса пришелся на 1960-70-е гг. От мелиорации пострадали в основном открытые болота, площадь которых сократилась с 1514 тыс. га в 1954 г. до 985 тыс. га в 1988 г. и 940 тыс. га в 1994 г. Однако с середины 1990-х годов площадь открытых болот в результате повторного заболачивания выросла и в 2000 г. составила 964 тыс. га. Следует отметить, что в результате мелиорации осушались главным образом болота низинного типа.

#### ***Полезные ископаемые.***

Разведанные запасы минерально-сырьевых ресурсов позволяют полностью обеспечить перспективные потребности страны в калийной и каменной солях, известковом и цементном сырье, тугоплавких и керамических глинах, строительных и формовочных песках, песчано-гравийном материале, строительном камне. Калийные соли являются сырьем для получения калийных удобрений, которые служат важным экспортным ресурсом Беларуси.

Не обеспечены потребности в топливно-энергетических ресурсах, хотя Беларусь располагает некоторыми запасами нефти, попутного газа, торфа, бурого угля, горючих сланцев. Месторождения нефти, попутного газа и бурого угля сосредоточены в Гомельской области. Современные промышленные запасы нефти составляют 65 млн т, а прогнозные – 189 млн т. До настоящего времени добыто более 100 млн тонн нефти. Разведанные запасы попутного газа оцениваются в 8 млрд. м<sup>3</sup>. Бурый уголь не разрабатывается, однако прогнозные запасы составляют 1351 млн тонн. Месторождения перспективны для добычи открытым способом с целью полного обеспечения потребностей населения бытовым топливом, однако сейчас не разрабатываются по экологическим причинам. Торфяные массивы встречаются во многих районах Беларуси, но больше всего на Полесье. До настоящего времени добыто более 1 млрд. тонн торфа. Эксплуатационные запасы оцениваются в 3 млрд. тонн. Горючие сланцы имеют высокую зольность и в настоящее время не используются, так как это экономически не эффективно.

#### ***Водные ресурсы.***

Ресурсы поверхностных вод на территории Республики Беларусь оцениваются в 57,9 км<sup>3</sup> в год. Большая часть речного стока формируется в пределах страны (34 км<sup>3</sup>) приток вод с территории России и Украины составляет 41 %. Реки Беларуси несут свои воды к Черному и Балтийскому морям. К бассейну Черного моря относятся речная система р. Днепр с крупными притоками Припять, Березина, Сож (52 % территории страны), к бассейну Балтийского моря – системы рек Западная Двина, Неман, Западный Буг (42 %). В Беларуси насчитывается более 10 тыс. озер, которые сконцентрированы в Поозерье (более 4 тыс.) и в Полесье (около 6 тыс.). 75 % озер имеют площадь зеркала менее 0,1 км<sup>2</sup> и относятся к категории малых. Основное количество крупных озер имеет ледниковое происхождение и находится в северной части страны. Самое большое озеро – Нарочь (80 км<sup>2</sup>). В Беларуси создано 153 водохранилища.

Естественные ресурсы подземных вод оцениваются в  $16 \text{ км}^3$  в год, которые являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод составляют более  $2,3 \text{ км}^3$  в год.

### ***Биологические ресурсы.***

Флора Беларуси включает до 2100 видов высших растений и 9400 видов низших растений. Из древесных растений известно 107 дикорастущих местных видов, из которых 28 видов деревьев, а остальные – кустарники, полукустарники и кустарнички. Животный мир представлен 453 видами позвоночных животных и более 30 тыс. видов беспозвоночных. Из млекопитающих водятся косуля, кабан, лось, благородный олень, лисица, заяц, белка, волк и другие. К редким видам относятся зубр, рысь, барсук, бурый медведь. В Беларуси встречается 298 видов птиц, из которых 225 гнездятся на территории страны.

## **1.3. Климат**

Беларусь расположена в пределах умеренного климатического пояса. Особенности климата страны определяются ее географическим положением в средних широтах, относительной близостью Атлантического океана, преобладающим западным переносом воздушных масс, равнинным рельефом, который не мешает их проникновению в любом направлении. Эти условия определили господство в Беларуси умеренно континентального типа климата.

Поступление суммарной солнечной радиации уменьшается в направлении с юга на север от  $4100$  до  $3500 \text{ МДж/м}^2$  в год. Причем 50 % притока солнечного тепла приходится на период май – июль и 5 % на ноябрь – январь.

Наиболее важным климатообразующим процессом над территорией страны является западный перенос воздушных масс, благодаря которому в Беларусь проникают слабо трансформированные морские воздушные массы с Атлантики. В результате зимой наблюдаются адвекция тепла и, как следствие, повышение температуры воздуха. Летом западный перенос ослабляет жару. Таким образом, особенности циркуляции атмосферы способствуют сглаживанию внутригодовых отличий в поступлении тепла, обусловленных солнечной радиацией.

Закономерности поступления солнечной радиации и глобальной циркуляции атмосферы обуславливают распределение по территории Беларуси средних температур воздуха. Среднегодовая температура воздуха положительна и изменяется от  $+7,0 \text{ }^\circ\text{C}$  на юго-западе страны до  $+4,5 \text{ }^\circ\text{C}$  на северо-востоке. Самым теплым месяцем считается июль, и в это время средняя температура составляет от  $+17,0 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+18,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , увеличиваясь в направлении с северо-запада на юго-восток. Самым холодным месяцем по результатам многолетних наблюдений является январь. Средняя температура воздуха в январе составляет от  $-4,5 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $-8,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , понижаясь с юго-запада на северо-восток. Абсолютный максимум температуры отмечен на юго-востоке Беларуси в Гомельской области -  $+38 \text{ }^\circ\text{C}$ , абсолютный минимум зарегистрирован на северо-востоке страны в Витебском районе –  $-44 \text{ }^\circ\text{C}$ . В последнее десятилетие отмечено смещение наиболее холодной части зимы с января на декабрь, что расценивается как характерный признак современного периода потепления.

Количество атмосферных осадков за год составляет в среднем  $600 - 700 \text{ мм}$ . При этом на теплое полугодие приходится примерно 60 % осадков, а на холодное полугодие – 40 %. В

распределении атмосферных осадков по территории Беларуси отмечается некоторая неравномерность, которая обусловлена особенностями циркуляции атмосферы и рельефа. Наименьшим количеством поступающих осадков характеризуются низменности – 600 – 650 мм в год. Больше осадков получает центральная возвышенная часть Беларуси (Минская возвышенность 650 – 700 мм) и особенно ее западные участки (Новогрудская возвышенность 750 мм). В засушливые годы количество осадков может снижаться до 300 мм, а во влажные годы может достигать 1000 мм. Суммы осадков по месяцам минимальны в период февраль – март, максимальны в летние месяцы. Ежегодно в Беларуси бывает 3 – 4 периода с отсутствием дождя на протяжении 10 суток подряд. Один раз в два года дождь отсутствует на протяжении 20 – 25 суток подряд, и один раз в 10 лет – на протяжении 30 – 35 суток. Засухи устанавливаются во время восточных ветров или во время действия антициклона. Зимой на всей территории Беларуси выпадает снег. Продолжительность залегания снежного покрова колеблется от 70 дней на юго-западе до 125 дней на северо-востоке страны. В последнее десятилетие стала сокращаться продолжительность сохранения устойчивого снежного покрова на территории страны.

Продолжительность вегетационного периода со среднесуточными температурами более +5 °С изменяется от 209 дней на юго-западе до 180 дней на северо-востоке страны.

#### 1.4. Население

На 1 января 2001 г. численность населения составила 10,0 млн чел., средняя плотность населения 48,1 чел./км<sup>2</sup>, городское население 70,2 %. Динамика демографических показателей представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Демографические показатели (на 1 января для каждого года).

Показатель	1990 г.	1995 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.
Численность населения, млн чел.	10,2	10,2	10,1	10,0	10,0
Городское население, млн чел.	6,7	6,9	6,9	6,9	7,0
(%)	(66,1)	(67,9)	(68,8)	(69,3)	(69,7)
Естественное движение, ‰	+3,2	-3,2	-4,4	-4,9	-4,1
Сальдо миграций, тыс. чел.	-19,6	-0,2	+19,9	+17,6	+12,1

Жизнедеятельность населения сопровождается образованием твердых бытовых отходов и загрязнением сточных вод, разложение и обезвреживание которых ведет к генерированию парниковых газов. Население Беларуси формирует спрос на товары и услуги, для производства которых необходимо использование топливных ресурсов, древесины и сельскохозяйственного сырья, которое ведет к выбросам парниковых газов. Такими способами население оказывает прямое и косвенное влияние на эмиссию парниковых газов в атмосферу. Динамика численности населения в период 1990 – 2000 годов относительно благоприятно влияла на данные процессы. За этот период численность населения снизилась на 0,2 млн чел., что расценивается как экстенсивное ограничение потребительского спроса внутри страны. Это в некоторой степени сдерживало увеличение объемов бытовых отходов, а также рост производства на внутренние нужды и, таким образом, способствовало снижению выбросов парниковых газов.

Естественная убыль населения обусловлена двумя факторами – обострением к середине 1990-х годов социально-экономического кризиса и ухудшением воспроизводящих

свойств возрастной структуры населения, которые вызвали падение рождаемости и рост смертности. Данная тенденция характерна как для сельского, так и для городского населения. Однако в городах наблюдается увеличение численности жителей за счет миграционного притока. Городское население характеризуется высокой концентрацией. В Минске проживает 1,7 млн чел. (24,2 % городского населения). Пять областных центров (крупные города от 250 тыс. до 500 тыс. жителей) концентрируют 25,6 % городских жителей. Больших городов от 100 тыс. до 250 тыс. жителей насчитывается 9 и в них проживает 17,6 % городского населения. В Беларуси насчитывается 197 малых и средних городских поселений с численностью менее 100 тыс. жителей в каждом.

Влияние урбанизации на изменение эмиссии парниковых газов в атмосферу трудно оценить однозначно. С одной стороны, сельское население является основным потребителем дров, торфяных брикетов и другого печного топлива, использование которого в индивидуальных домашних хозяйствах характеризуется меньшим коэффициентом полезного действия по сравнению с эксплуатацией тепловых электростанций в городах. Кроме того, производство бытовых видов топлива для сельского населения связано с отрицательным воздействием на состояние поглотителей парниковых газов (леса и торфяные болота). С другой стороны, городские жители более интенсивно пользуются услугами транспортных средств, имеют более высокие доходы и в экономическом отношении спрос со стороны городского населения сильнее стимулирует потребление топливных ресурсов и сельскохозяйственной продукции в республике и как следствие увеличение выбросов парниковых газов.

Численность занятого населения в 2000 г. составила 4441 тыс. чел. против 5151 тыс. чел. в 1990 г., то есть количество занятых сократилось на 13,8 %. Изменилась структура занятости. В первой половине 1990-х годов в структуре занятости отмечалось расширение сферы услуг и сокращение доли промышленности и строительства, а во второй половине 1990-х годов увеличение доли занятых в сфере услуг сопровождалось стабилизацией уровня занятости в промышленности и уменьшением занятости в сельском хозяйстве.

### **1.5. Экономика**

В настоящее время Беларусь считается страной с переходной экономикой. До начала 1990-х годов Беларусь была одной из наиболее индустриально развитых республик Советского Союза. По удельному весу промышленности в структуре занятости населения (35 %) и производстве национального дохода (47 %) республика входила в тройку лидеров наряду с Россией и Латвией. В промышленности использовалось более новое оборудование, чем в среднем по республикам Советского Союза. В конце 1980-х годов экономическое развитие замедлилось, стали обостряться социально-экономические противоречия, проявившиеся в росте инфляции, дефиците товаров и услуг конечного потребления и перепроизводстве товаров производственного назначения. В 1991 г. распался СССР, нарушив сложившиеся экономические связи Беларуси с другими союзными республиками. Высокий уровень внутрисоюзной специализации в машиностроении, химической, нефтехимической и легкой промышленности, сильная зависимость от России как источника сырья и основного рынка сбыта, политические и социально-экономические потрясения 1991 г. стали предпосылками для ускоренного развития экономического кризиса в первой

половине 1990-х годов. В этот период динамика экономических показателей характеризуется значительным спадом (таблица 1.3).

Таблица 1.3.

Динамика основных показателей экономического развития, в % к 1990 г.

Показатель	1991 г.	1992 г.	1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.
Валовой внутренний продукт	99	89	83	73	65	67	75	81	84	89
Продукция промышленности	99	90	81	70	61	64	75	85	93	101
Продукция сельского хозяйства	95	87	90	77	74	75	72	71	65	71
Инвестиции в основной капитал	104	74	63	56	39	37	44	55	51	52
Розничный товарооборот	92	72	62	56	43	56	66	84	93	103
Платные услуги населению	84	63	45	38	36	38	41	46	52	54

В 1994 г. была принята Программа неотложных мер по выходу экономики из кризиса, а в 1996 г. были разработаны Основные направления социально-экономического развития Республики Беларусь на 1996 – 2000 гг., Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2010 г., Генеральная схема управления народным хозяйством Республики Беларусь на 1996 – 2000 гг. и другие стратегические документы. В них были заложены основы белорусской модели социально ориентированной рыночной экономики с активным влиянием государства. В качестве экономических приоритетов были определены создание эффективного агропромышленного комплекса, интенсивное жилищное строительство и наращивание экспортного потенциала. Реализация данной экономической модели позволила не только остановить спад производства, но и достигнуть положительной динамики основных макроэкономических процессов, обеспечить ежегодные приросты ВВП, промышленной продукции, стабилизировать положение на внутреннем потребительском рынке. Дальнейшее развитие экономики страны будет осуществляться в соответствии с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001 – 2005 гг., принятой Правительством и утвержденной Президентом.

В целом в период 1996 – 2000 годов эксперты констатировали стабилизацию экономического положения. Однако тревогу вызывает динамика инвестиций в основной капитал, которые в 2000 г. по сравнению с 1990 г. сократились больше, чем в 2 раза. Активная часть основных фондов характеризуется изношенностью до 70 – 75 %.

В глубоком кризисе остается сельское хозяйство, которое требует реформирования экономических отношений в агропромышленном комплексе. Тем не менее, население Беларуси по сравнению с крупными странами СНГ (Россия, Украина, Казахстан) лучше обеспечено мясо-молочными продуктами, яйцами, картофелем. Поддержанию относительно высокого уровня потребления продовольственной продукции способствовала реализация государственной политики по поддержанию сельскохозяйственного производства путем экономических дотаций. В настоящее время это имеет важное социальное значение.

Экономика страны сильно зависит от внешних экономических процессов, что обусловлено высоким уровнем ее открытости. Если в целом по странам мира уровень открытости экономик составляет около 40 % (отношение внешнеторгового оборота к ВВП), то для Беларуси этот показатель составляет более 130 %. Объем внешней торговли в 2000 г.

был на уровне 15 904,9 млн. USD. Экспорт составил 7330,7 млн USD, импорт – 8574,2 млн USD, сальдо внешней торговли сложилось отрицательное в размере 1243,5 млн USD. Основным внешнеторговым партнером Беларуси является Россия. В 2000 г. на нее приходилось 65 % импорта и 51 % экспорта товаров Беларуси. В структуре экспорта доминируют товары отраслей машиностроения (26,3 %); минеральные продукты (20,1 %), среди которых выделяются калийные удобрения (2,8 млн т); продукция химической промышленности (19,7 %). В структуре импорта основной статьёй являются минеральные продукты (31,2 %) и прежде всего нефть (12,0 млн т) и природный газ (17,1 млрд. м<sup>3</sup>); выделяется импорт машин, оборудования и транспортных средств (18,3 %), а также продукция химической промышленности (15,3 %).

## 1.6. Энергетика

Основным источником парниковых газов является сжигание углеродосодержащего топлива. При сгорании топлива образуются углекислый газ (CO<sub>2</sub>), оксид углерода (CO), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), вода (H<sub>2</sub>O) и другие вещества прямого и косвенного парникового действия. Валовое потребление топливно-энергетических ресурсов до 1995 г. имело устойчивую тенденцию к сокращению, после чего стабилизировалось на уровне 35 – 37 млн т у.т. Главными проблемами развития энергетического сектора страны являются высокая зависимость от импорта энергоресурсов и массовые неплатежи за топливо и энергию со стороны внутренних потребителей. Рост импортных цен на сырье вызывает повышение тарифов на энергию, что в свою очередь усугубляет проблему неплатежей. В результате ощущается острый дефицит внутриотраслевых инвестиций в основной капитал топливно-энергетического комплекса. Добыча собственных энергетических ресурсов с 1990 по 2000 г. сокращалась: нефти – с 2,1 млн тонн до 1,9 млн тонн, естественного газа – с 297 млн м<sup>3</sup> до 257 млн м<sup>3</sup>, топливного торфа – с 3,5 млн тонн до 2,0 млн тонн.

Экономика Беларуси характеризуется высоким уровнем энергоёмкости ВВП. Наиболее объективно энергоёмкость характеризует показатель отношения энергетического эквивалента к ВВП в сопоставимых ценах, который учитывает реальные ценовые пропорции между производством и потреблением. За 1990-е гг. отмечено падение данного индикатора (таблица 1.4). К 1995 г. энергоёмкость ВВП упала на 14 % по сравнению с 1990 г., что было вызвано сокращением потребления топливно-энергетических ресурсов в результате экономического кризиса. Во второй половине 1990-х годов энергоёмкость сократилась еще на 28 % по сравнению с уровнем 1995 г., что связано с оживлением экономики, а также с проведением государством энергосберегающей политики.

Анализ динамики основных экономических показателей и объемов потребления топливных ресурсов за рассматриваемый период позволяет выделить два этапа, характеризующихся разными тенденциями изменения энергоёмкости ВВП и выбросов парниковых газов в Беларуси.

Первый этап охватывает 1990 – 1995 гг. Данный период характеризуется резким снижением ВВП и объемов потребления топлива. Причем темпы снижения потребления топливных ресурсов опережали темпы падения ВВП. Так уровень потребления топлива снизился на 44 %, а ВВП сократился на 35 %. Это привело к уменьшению энергоёмкости экономики. Естественно, что за данный период произошло сокращение выбросов парниковых газов энергетическим сектором республики. Это было обусловлено главным

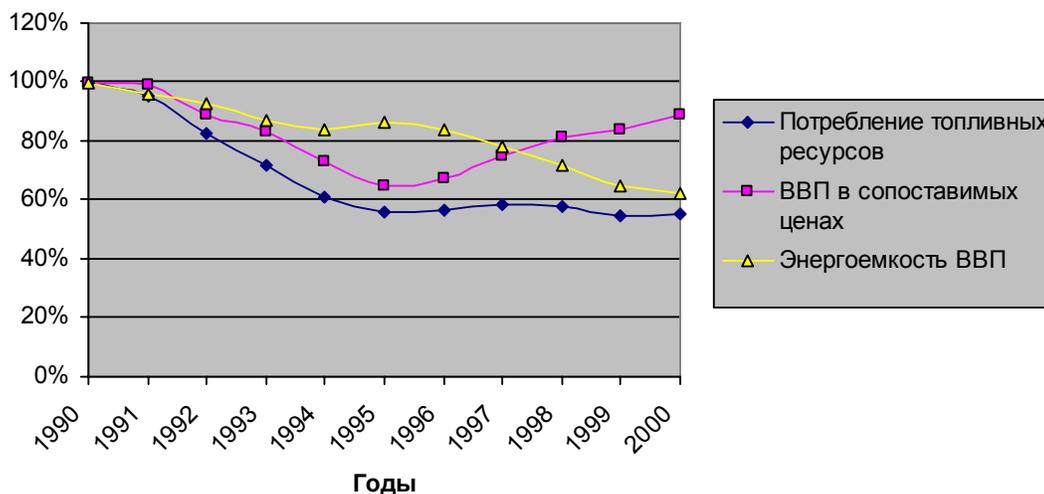
образом снижением потребления топливных ресурсов и в некоторой степени изменением структуры сжигаемого топлива.

Таблица 1.4

## Энергоемкость ВВП Беларуси

Показатели	Годы						
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Валовое потребление энергоресурсов, млн т у.т.	63,1	35,3	35,5	36,8	36,6	34,3	34,9
ВВП, млрд. USD:							
в сопоставимых ценах <sup>a</sup>	34,9	22,7	23,4	26,2	28,3	29,3	31,1
по средневзвешенному курсу	25,8	10,5	14,1	14,7	16,1	10,9	11,4
по ППС	62,6	51,5	55,4	62,9	69,1	72,5	78,3
Энергоемкость ВВП, кг у.т./USD:							
в сопоставимых ценах	1,81	1,56	1,52	1,41	1,29	1,17	1,12
по средневзвешенному курсу	2,45	3,36	2,52	2,51	2,27	3,13	3,06
по ППС	1,01	0,69	0,64	0,59	0,53	0,47	0,44
Энергоемкость ВВП, ПДж/млрд. USD:							
в сопоставимых ценах	53,0	45,6	44,5	41,2	37,9	34,3	32,9
по средневзвешенному курсу	71,8	98,3	73,8	73,5	66,6	91,9	89,6
по ППС	29,5	20,1	18,8	17,2	15,5	13,9	13,1

<sup>a</sup> ВВП в 1990 г. приведен по данным Всемирного банка



**Рис. 1.1** Динамика энерго-экономических показателей, % к 1990 г.

Второй этап охватывает 1996 – 2000 гг. В этот период государством предпринимаются серьезные шаги по выходу экономики из кризиса и проведению энергосберегающей политики, которые были предусмотрены Основными направлениями социально-экономического развития Республики Беларусь на 1996 – 2000 гг., Основными направлениями энергетической политики Республики Беларусь на период до 2010 г. и Республиканской программой по энергосбережению до 2000 г. В результате за пятилетие удалось увеличить ВВП на 36 % при стабилизации объемов потребления топливных

ресурсов. Как следствие, энергоёмкость экономики имела дальнейшее снижение. С 1995 по 2000 г. произошло сокращение выбросов парниковых газов энергетического происхождения, хотя и не столь значительное, как за 1990 – 1995 гг. Снижение эмиссии парниковых газов энергетического происхождения связано, во-первых, с уменьшением на 1,1 % потребления топливных ресурсов, а во-вторых, с увеличением в структуре используемых видов топлива природного газа.

За десятилетие изменилась структура используемых топливно-энергетических ресурсов, направленных на энергетические нужды (рис. 1.2). Доминирующим источником энергии стал природный газ, вытеснив в первую очередь мазут. Сократилась доля угля, который используется для получения тепловой энергии. Спецификой Беларуси является использование в энергетических целях значительных объемов торфа и производимых из него брикетов (всего около 2 млн тонн условного топлива). Другой особенностью страны является низкая обеспеченность гидроэнергетическими ресурсами, которые в структуре потребления первичных источников энергии составляли в 1990 г. только 0,01 %, а в 2000 г. – 0,02 %.

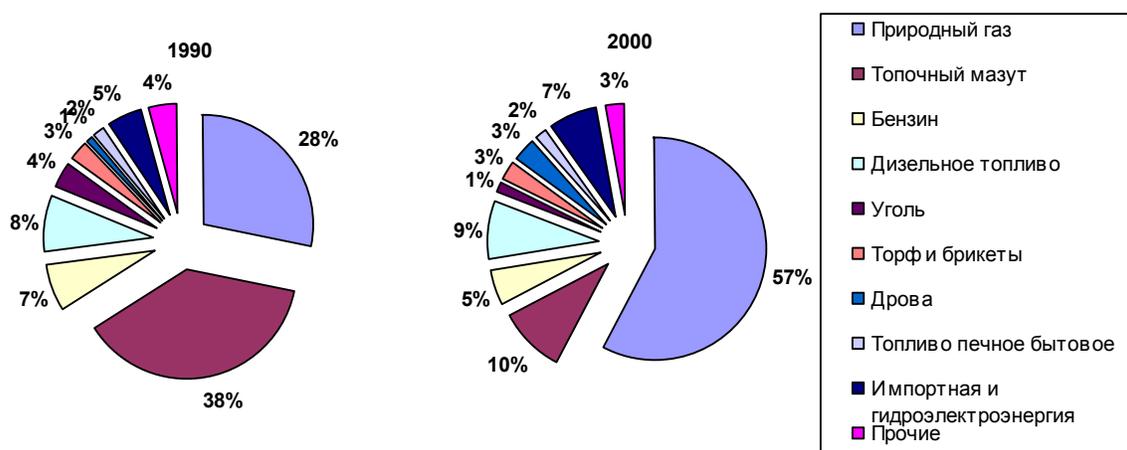


Рис. 1.2 Структура потребления первичных источников энергии

Структура использования топлива по основным направлениям потребления существенно не изменилась (таблица 1.5). Топливные ресурсы в основном используются для получения тепловой и электрической энергии, а также как технологическое топливо в промышленности. В потреблении топлива значительно увеличилась доля населения, что связано с увеличением парка личных автомобилей, а также расширением жилищного фонда.

Топливо-энергетический комплекс Беларуси включает добычу, транспортировку, хранение и первичную переработку топлива, производство и транспортировку электричества и тепла. Главным источником парниковых газов является процесс сжигания топлива с целью получения тепловой и электрической энергии. При этом в республике в основном используется природный газ и топочный мазут, однако на мелких котельных сжигаются все возможные виды топлива. Производство тепловой и электрической энергии в стране осуществляется на 22 ТЭЦ и ГРЭС, 25 районных котельных «Белэнерго», 8 блокстанциях и 22 100 мелких котельных (мощностью менее 10 Гкал/ч). Изменение показателей функционирования энергетической системы Беларуси представлено в таблице 1.6.

Таблица 1.5

Структура расхода топливных ресурсов в энергетических целях, %<sup>a</sup>

Основные направления использования	1990 г.	2000 г.
На производство электроэнергии	20,8	20,9
На производство теплоэнергии	34,4	39,2
Использовано в качестве топлива:		
в промышленности	10,6	10,3
в строительстве	0,9	0,4
на транспорте	9,8	8,9
в сельском хозяйстве	3,7	3,5
в жилищно-коммунальном хозяйстве	3,2	1,3
в прочих отраслях	0,3	0,2
Использовано населением	7,7	12,3
Потери и прочее распределение	8,6	3,0
<b>В с е г о</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<sup>a</sup> Топливные ресурсы рассматриваются без учета расхода топлива в качестве сырья на переработку в другие виды топлива и на производство химической, нефтехимической и другой нетопливной продукции.

Таблица 1.6

## Показатели энергетической системы

Показатели	1990 г.	2000 г.
Установленная мощность электростанций, МВт	6939	7838
Производство электроэнергии, млрд. кВтч	39,5	26,1
Производство тепловой энергии, млн Гкал	111,3	69,1
Импорт электроэнергии, млрд. кВтч	9,6	7,3

Дополнительным источником парниковых газов в топливно-энергетическом комплексе являются утечки и выбросы метана и летучих неметановых органических соединений (ЛНОС) при транспортировке и хранении газообразного и жидкого топлива, при нефтепереработке. Транспортировка осуществляется в основном по газопроводам (общая протяженность 6400 км) и нефтепроводам (3007 км), а также по нефтепродуктопроводам. Основные участки трубопроводов эксплуатируются 30 лет и в некоторых местах имеют дефекты. Нефтепродукты производятся на двух нефтеперерабатывающих заводах. Промежуточное распределение нефтепродуктов осуществляется преимущественно железнодорожным транспортом на нефтебазы, а конечное – автомобильным транспортом на заправочные станции.

### 1.7. Транспорт

Транспорт является вторым по значимости источником парниковых газов после тепловой и электроэнергетики. Функционирование транспортного комплекса сопровождается выбросами CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> и ЛНОС. Транспортный комплекс Беларуси включает железнодорожный, автомобильный, внутренний водный и авиационный транспорт. Основными видами транспорта являются железнодорожный и автомобильный. В период 1990 – 2000 годов в основном развивалась сеть автомобильных дорог, протяженность

которых возросла в 1,5 раза, а протяженность железных дорог осталась практически неизменной.

## Характеристика транспорта общего пользования Беларуси

Показатели	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Железнодорожные пути, км	5569	5564	5533
Автомобильные дороги, км	48 902	51 547	74 385
Пассажиروоборот, млн. пассажиро-километров	42 179	25 861	32 358
Грузооборот, млн. тонно-километров	97 829	35 109	40 425

С 1990 г. пассажирский и грузовой оборот по всем видам транспорта сократился соответственно на 23 % и 59 %. Значительно изменилась структура пассажирских перевозок по видам транспорта. Так в общем пассажирообороте (без учета электрического городского транспорта) увеличилась доля железнодорожного транспорта с 40,0 % в 1990 г. до 64,5 % в 2000 г., а удельный вес автобусного и воздушного за этот же период сократился с 46,9 % и 13,1 % до 33,6 % и 1,9 % соответственно. Структура грузооборота по основным видам транспорта изменилась незначительно. В ней доминируют железнодорожный (73 – 78 %) и автомобильный (22 – 27 %).

За рассматриваемый период изменились численность и структура автомобильного парка общего пользования и индивидуальных владельцев. Общее число автотранспортных средств увеличилось в 2,5 раза: с 650,8 тыс. единиц в 1990 г. до 1002,3 тыс. в 1995 г. и 1533,4 в 2000 г. Рост был обеспечен бурной автомобилизацией населения. В результате доля личного транспорта в структуре автомобильного парка страны повысилась с 89,1 % в 1990 г. до 96,2 % в 2000 г.

Следует отметить, что, несмотря на высокие темпы роста автомобильного парка страны, суммарное потребление топлива транспортом сократилось с 5,6 млн т у.т. в 1990 г. до 3,0 млн т у.т. в 2000 г.

### 1.8. Промышленность

Парниковые газы образуются в промышленности как побочный продукт определенных технологических энерго-производственных циклов. Отраслями промышленности, генерирующими парниковые газы технологического происхождения, являются: металлургия, машиностроение и металлообработка (электроплавильное, прокатное и трубное производство, литье металлов, производство и ремонт холодильной техники), нефтехимическая промышленность (производство аммиака, азотной кислоты, капролактама, этилена), промышленность строительных материалов (производство цемента, извести), деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, стекольная промышленность. Парниковые газы образуются как в результате сжигания топлива в технологических печах с целью получения высокотемпературного тепла, так и в процессе химического и термического преобразования сырья. При этом образуются CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, ЛНОС, гидрофторуглероды (HFC<sub>s</sub>).

Ведущими отраслями промышленности в 1990 г. были машиностроение (34,2 % стоимости промышленной продукции), легкая (17,2%), пищевая (14,9%), а также химическая и нефтехимическая (9 %). К 1995 г. в структуре промышленной продукции отмечался значительный рост удельного веса электроэнергетики (с 2,6 до 13,8 %), химической и

нефтехимической промышленности (с 9,0 до 14,3 %), а также черной металлургии (с 0,9 до 2,4 %), что было вызвано ростом импортных цен на сырье для этих отраслей. В 2000 г. пропорции в структуре промышленной продукции сохранились примерно на уровне 1995 г. Исключение составляет электроэнергетика, доля которой сократилась с 13,8 до 8,4 %.

С середины 1990-х годов начался рост промышленного производства, который был связан с государственным кредитованием оборотных средств и более эффективным использованием производственных мощностей предприятий, а в конце 1990-х годов ему способствовала девальвация белорусского рубля и удешевление труда. По основным видам продукции промышленности со второй половины 1990-х годов в целом отмечается стабилизация или прирост в натуральных показателях. Главными проблемами промышленности являются старение основных производственных фондов, технологическое отставание продукции на внешних рынках, недостаток инвестиций в отрасль.

### 1.9. Сельское и лесное хозяйство

Главным источником парниковых газов неэнергетического происхождения является сельское хозяйство. В животноводстве парниковые газы (главным образом метан) образуются в процессе кишечной ферментации животных и разложения навоза. Основными источниками выбросов парниковых газов в земледелии являются внесение в почву органических и минеральных удобрений, биологически фиксированный азот, сточные воды с полей и остатки урожая, теплицы, возделывание осушенных земель. При этом выделяются  $N_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ .

Таблица 1.8

Показатели функционирования сельского хозяйства

Показатели	Годы		
	1990	1995	2000
Производство сельскохозяйственной продукции, % к 1990 г	100,0	73,6	71,4
Структура стоимости продукции по отраслям, %:			
растениеводство	36,0	57,0	54,0
животноводство	64,0	43,0	46,0
Посевные площади, тыс. га	6126	6150	6155
Внесение минеральных удобрений в действующем веществе, тыс. тонн	2011	512	1022
Внесение органических удобрений, млн. тонн	79,2	49,2	35,9
Поголовье скота, тыс. голов:			
крупный рогатый скот	6975	5054	4221
свиньи	5051	3895	3431
овцы и козы	445	262	154
лошади	217	229	217
Птицы, млн. голов	50,6	29,8	30,1
Добыча торфа для сельского хозяйства, тыс. тонн	12304	961	188

За период 1990 – 2000 годов уменьшилось производство продукции сельского хозяйства. Структура посевных площадей за этот период изменилась незначительно. В ней доминируют зерновые культуры (41,2 %) и кормовые культуры (42,3 %). Урожайность зерновых культур снизилась с 26,6 центнера с га посевной площади в 1990 г. до 19,1

центнера с га в 2000 г. По другим культурам урожайность также ниже уровня 1990 г. Этому в немалой степени способствовало сокращение объемов внесения удобрений в почву. Значительно уменьшилось поголовье сельскохозяйственных животных: крупного рогатого скота на 39,5 %, свиней на 32,1 %, мелкого рогатого скота на 65,4 %. В целом в сельском хозяйстве отмечалась устойчивая тенденция сокращения основных источников парниковых газов.

Основными поглотителями углекислого газа на территории Беларуси являются леса. На объемы и эффективность поглощения углерода влияют организация эксплуатации леса, породный состав древостоя, возраст лесов.

Площадь лесного фонда на 1 января 2001 г. составила 9247,5 тыс. га, из которых непосредственно под лесом находится 7851,1 тыс. га, или 37,8 % территории Беларуси. Все леса Беларуси являются собственностью государства. Основная часть лесов находится в ведении Комитета лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь. Часть лесов закреплена за заповедниками и национальными парками, другими ведомствами. Динамика лесных ресурсов характеризуется устойчивым приростом (таблица 1.10). Практические подходы к обеспечению устойчивого ведения лесного хозяйства заложены в «Стратегическом плане развития лесного хозяйства», разработанном в 1997 г. К 2015 г. планируется довести лесистость страны до 40 %. При этом новые крупные лесные массивы будут созданы на землях, исключенных из сельскохозяйственного использования вследствие их низкой продуктивности и загрязнения в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

За период 1990 – 2000 годов в характере эксплуатации лесных ресурсов произошли положительные сдвиги. Площади сплошных рубок леса сократились на 27,9 %. При этом общий объем заготовки древесины по всем видам рубок в 2000 г. был на уровне 1990 г.: 10738 и 10787 тыс. м<sup>3</sup>. Изменилась структура рубок леса: в 1990 г. преобладали рубки главного пользования (сплошные) – 52,2 % заготовленной древесины, а в 2000 г. 60,1 % древесины получено за счет выборочных рубок (рубок ухода за лесом и санитарных рубок) и прочих рубок. Посадка и посев леса увеличились на 23,7 % по сравнению с 1990 г.

Таблица 1.9

Лесные ресурсы Республики Беларусь  
(по годам государственного учета на 1 января)

Показатель	Годы					
	1973	1978	1983	1988	1994	2001
Общая площадь лесного фонда, тыс. га	8225	8242	8265	8055	8676	9248
Покрытая лесом площадь, тыс. га	7063	7168	7192	7028	7372	7851
Общий запас лесонасаждений, млн м <sup>3</sup>	640	738	843	921	1093	1340
Лесистость территории, %	34,0	34,5	34,6	33,9	35,5	37,8

### 1.10. Отходы

В период 1990 – 2000 годов уменьшилось негативное воздействие на окружающую среду со стороны экономики.

В 1991 – 1997 гг. произошло резкое снижение основных показателей водопользования, а в последние годы отмечалась их стабилизация. В целом же за десятилетие изъятие воды из природных источников уменьшилось в 1,6 раза. При этом потребление воды уменьшилось на производственные нужды более чем в 2 раза, на

сельскохозяйственное водоснабжение и орошение – в 2,5 раза, а на хозяйственно-бытовые и питьевые нужды возросло на 13 %, составив в 2000 г. соответственно 758, 160 и 782 млн м<sup>3</sup>. Сточные воды подвергаются очистке с помощью анаэробных бактерий на специальных установках. При этом выделяется метан и незначительная доля закиси азота и ЛНОС.

Твердые отходы, образующиеся на территории Беларуси, подразделяются на три группы: твердые промышленные отходы, твердые бытовые отходы, осадки сточных вод. Разложение органических компонентов твердых отходов приводит к выделению метана, а также оксидов углерода и ЛНОС.

Ежегодно образуется около 20 млн тонн твердых промышленных отходов. Неутилизированные отходы промышленного производства размещаются на 80 накопителях промышленных отходов. На начало 2001 г. предприятиями различных отраслей промышленности накоплено 684,6 млн тонн отходов производства и потребления. В общей массе накопившихся отходов доминируют галитовые отходы (86,3 %) и галитовые шламы (10,1 %). Уровень использования отходов в настоящее время незначителен (16 %), что обусловлено низким содержанием полезных компонентов в отходах, недостатком перерабатывающих мощностей и необходимых технологий.

Твердых бытовых отходов ежегодно образуется более 2 млн тонн. Почти все они размещаются на 202 полигонах твердых бытовых отходов. Только 4 % твердых бытовых отходов перерабатывается (компостируется). На полигонах кроме твердых бытовых отходов ежегодно складировается еще около 1 млн тонн твердых промышленных отходов.

Осадки сточных вод накапливаются на иловых площадках очистных сооружений в количестве около 80 тыс. тонн сухого вещества. Утилизация осадков сточных вод затруднена из-за высокого уровня их токсичности.

## ЧАСТЬ II. НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ И ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

### 1. ЭНЕРГЕТИКА

Энергетика в её расширенном понимании, включающая все процессы энергетической деятельности, связанные с добычей, хранением, транспортировкой и использованием (сжиганием) органического топлива, является основным антропогенным источником выбросов, большинство из которых относится к разряду парниковых.

Большая часть промышленной энергии производится за счёт сжигания углеродного топлива. При его сгорании происходит окисление углерода и выброс в атмосферу углекислого газа. Поскольку содержание углерода в различных видах топлива существенно отличается, то и величина выбросов парниковых газов антропогенного происхождения зависит от объёмов и видов используемого топлива.

В модуле «Энергетика» определены выбросы газов с парниковым эффектом в результате энергетической деятельности: сгорание топлива, производство, транспортировка, хранение и распределение топливных продуктов. Оценка эмиссии парниковых газов базируется на количественных данных используемых видов топлива по секторам экономики Республики Беларусь.

Оценка эмиссий парниковых газов по модулю подразделяется на две основные части:

- эмиссии при сжигании топлива;
- эмиссии, вызванные утечкой газов.

Оценка эмиссии по модулю проведена по следующим парниковым газам:

- газы с прямым парниковым эффектом: углекислый газ (CO<sub>2</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O) и метан (CH<sub>4</sub>);
- прекурсоры озона или газы с косвенным парниковым эффектом: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и неметановые углеводороды (НМУ);
- прекурсоры аэрозолей – диоксид серы (SO<sub>2</sub>).

В соответствии с Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г. оценка эмиссий парниковых газов по модулю «Энергетика» проведена по двум методам.

Первый метод - расчёт выбросов диоксида углерода CO<sub>2</sub> (самого многотоннажного из парниковых газов) по балансу различных видов топлива, поставляемых в Республику Беларусь и содержанию углерода в них - т. н. базовый подход.

В основе расчёта по базовому методу - оценка потребления топлива по видам, которая основывается на:

- объёмах добычи первичных видов топлива (производство вторичных видов топлива не учитывается);
- объёмах импортированных в республику первичных и вторичных видов топлива;
- объёмах экспортированных первичных и вторичных видов топлива;
- объёмах топлива, использовавшегося для международного морского и авиационного транспорта («международный бункер»);
- изменении топливных запасов.

Предполагаемое потребление для каждого вида топлива определяется по формуле:

**Потребление** = добыча + импорт - экспорт – международный бункер – изменение запасов.

Не всё поставляемое топливо сжигается для получения энергии, часть его используется в качестве сырья, при котором углеводородное сырьё не сжигается, а имеющийся в нём углерод консервируется в произведённой продукции или в отходах. Такой «накопленный» углерод оценивается по объёмам и видам топлива, использованного в качестве сырья, и исключается из расчётов эмиссий.

Базовый метод даёт верхнюю границу эмиссий CO<sub>2</sub>.

Второй метод - оценка эмиссий парниковых газов по основным видам деятельности, связанной с сжиганием топлива по **категориям источников** базируется на количественных данных используемых видов топлив по секторам экономики Республики Беларусь.

Категории источников, чья деятельность связана со сжиганием топлива, в соответствии с методологией МГЭИК, 1996 г. подразделяются на следующие:

- **Энергетика - переработка топлива, производство и передача энергии** включает выбросы, являющиеся результатом сгорания топлив в секторе энергопроизводства и преобразование первичных форм энергетического сырья во вторичные, а также их дальнейшую переработку.
- **Промышленность** включает выбросы от использования технологического топлива в промышленных печах и установках отраслей промышленности.
- **Транспорт** включает выбросы от использования топлива на работу всех видов транспорта - автомобильного, железнодорожного, воздушного (за исключением внутризаводского).
- **Коммерческие и учрежденческие здания** (нежилой сектор) – включают выбросы в результате сжигания топлива в коммерческих и учрежденческих зданиях.
- **Жилые здания** - включают выбросы в результате сжигания топлива в жилых домах.
- **Сельское/лесное хозяйство** - включают выбросы в результате сжигания топлива в сельском и лесном хозяйствах: тягачи, использование топлива для насосов, сушки зерна, в парниковом хозяйстве и пр.
- **Прочие.**

Учёт количества и видов топлива, потребляемого в каждой сфере деятельности - предмет государственной статистической отчётности предприятий и организаций: квартальные формы 4-СН «Отчёт об остатках, поступлении и расходе топлива, сборе и использовании отработанных нефтепродуктов»; ежемесячная форма 1-ТЭР «Отчёт о расходе топливно-энергетических ресурсов» и форма 1-ТЭБ за 2000 г. - «Топливо-энергетический баланс Республики Беларусь», которые Министерством статистики и анализа агрегируются до уровня республики в целом.

Величины теплотворных значений по всем видам топлива определялись с учётом показателей (коэффициентов) относительно теплотворной способности 1 тонны условного топлива (теплота сгорания 1 т.у.т. – 7 Гкал или 29,3 ГДж).

Коэффициенты эмиссии парниковых газов по видам топлива, в основном принимались в соответствии с Руководством МГЭИК.

### 1.1. Структура потребления топлива

В 2000 г. в Республике Беларусь на все виды деятельности, предусматривающие сгорание топлива, было затрачено 29,01 млн. т.у.т. Объём использования топлива в энергетических единицах составил 850288 ТДж (включая топливо из биомассы и «международный бункер») (табл.1.1.).

Структура потребления по видам топлива в 2000 г.

Вид топлива	Потребление, ТДж
Топочный мазут	82755
Топливо печное бытовое	4603
Топливо дизельное	70363
Газ сжиженный	12976
Бензин автомобильный	43015
Керосин авиационный	2386
Керосин осветительный	86
Бензин авиационный	17
Уголь	13958
Торф	5183
Торфобрикеты	21718
Газ горючий природный	540459
Газ нефтепереработки	12785
Топливо из биомассы	28331
Прочие виды топлива	11653

В структуре потребления топлива по видам - топливо 14 наименований. Основная доля приходится на газ природный ~ 63,6% и топочный мазут ~ 9,7%, эти виды топлива были использованы в основном на выработку электро- и теплоэнергии (рис. 1.1.).

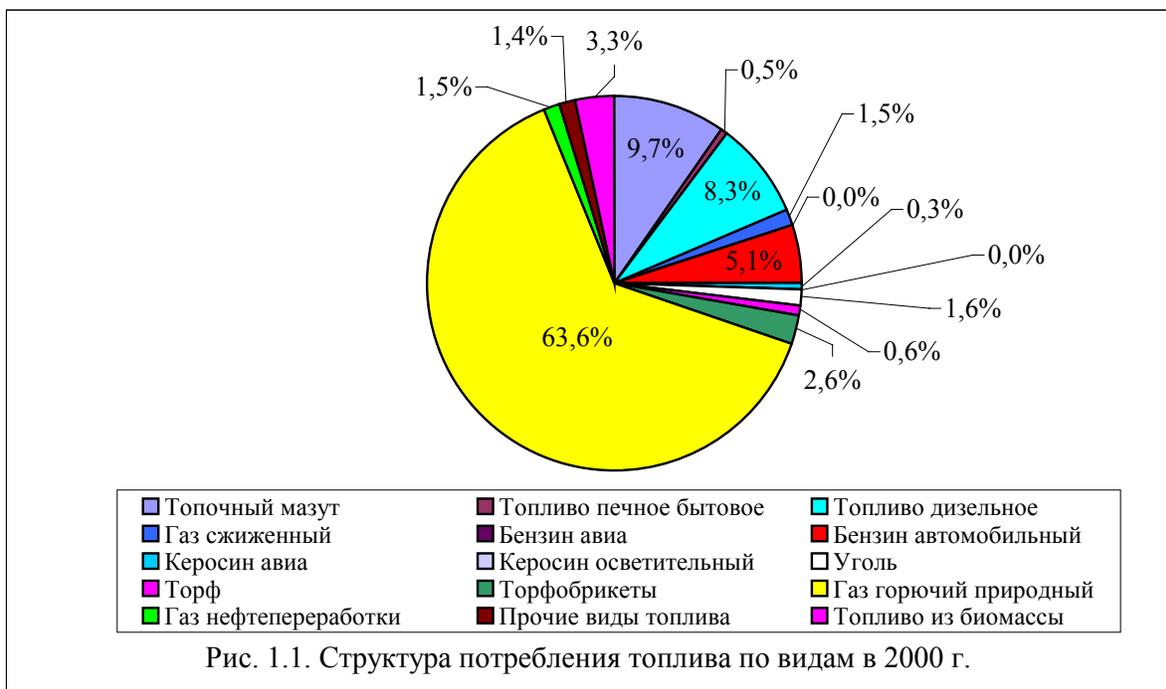


Рис. 1.1. Структура потребления топлива по видам в 2000 г.

В структуре потребления топлива по видам - на долю газообразного приходится 65,1%, жидкого - 25,4%, твёрдого - 3,3% (рис. 1.2.).

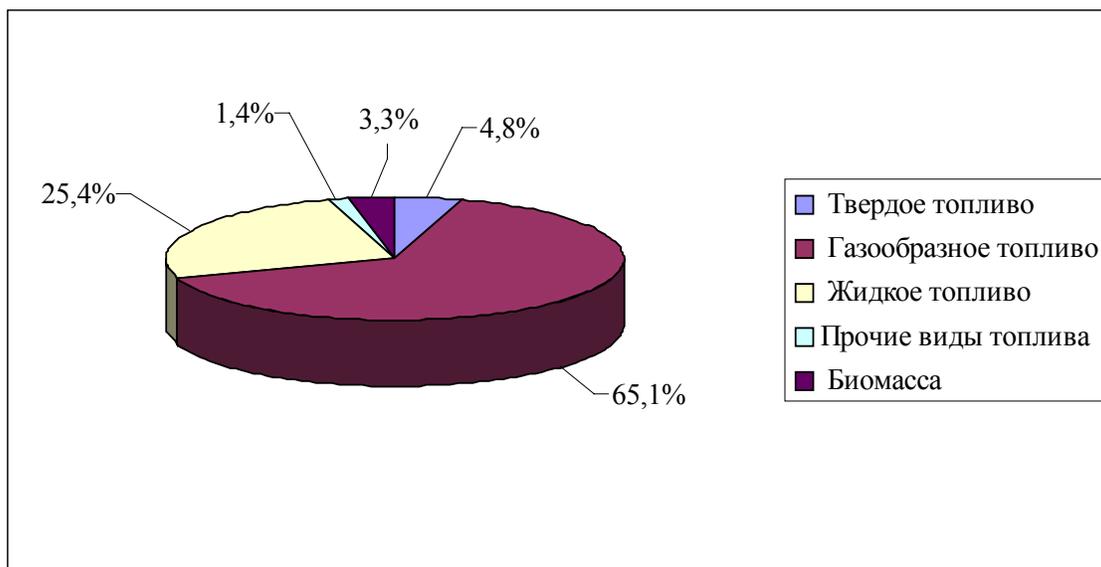


Рис. 1.2. Структура потребления топлива по видам

В соответствии с Руководством МГЭИК при оценке национальной эмиссии парниковых газов, эмиссии, связанные с использованием топлива для международного воздушного транспорта («международный бункер»), исключаются из общих объёмов национальной эмиссии. Количество и виды топлива, и соответствующие эмиссии по «международному бункеру» приводятся только для информации.

Объёмы топлива из биомассы и эмиссии CO<sub>2</sub> при сжигании топлива из биомассы включены в отчётность по модулю только для информации.

Согласно Государственной статотчётности и информации, представленной Государственным комитетом по авиации Республики Беларусь, объём «международного бункера» в 2000 г. составил 81,98 тыс. т у.т. авиационного керосина и бензина, а объём потребления топлива из биомассы - 0,967 млн. т у. т.

По объёмам потребления топлива в 2000 г., как и прежде, наиболее топливоёмкая категория источников - 65,5% общего потребления по модулю - категория «Энергетика - переработка топлива, производство и передача энергии», на нужды которой приходится 81,5 % природного газа и 92 % топочного мазута от использования этих видов топлива в целом по модулю. Около 95% расхода топлива по категории «Энергетика - ...» использовано на энергопроизводство: ГРЭС, ТЭЦ и котельными на получение электро- и теплоэнергии.

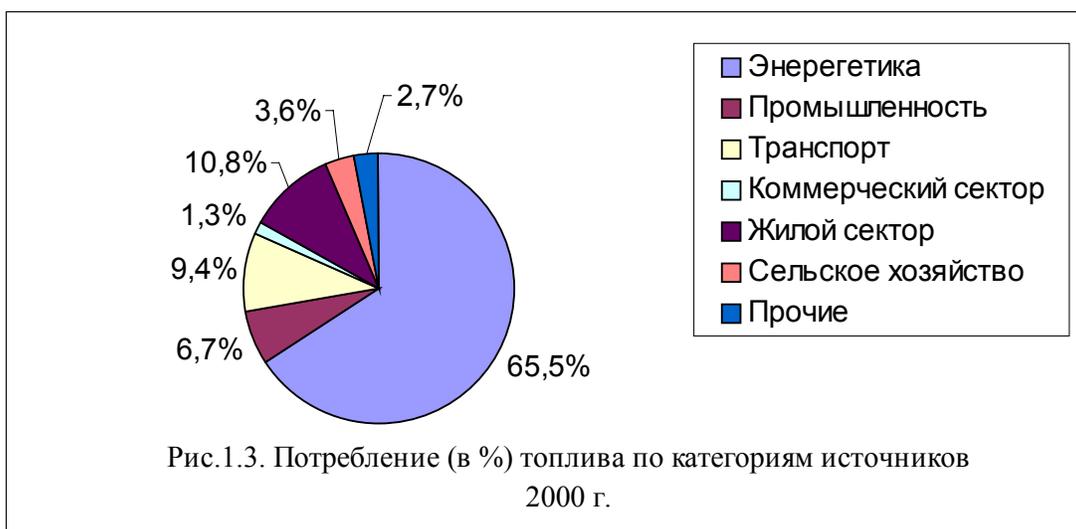
По категории «Транспорт» (авто - и железнодорожный) - использовано 9,4% от общего потребления топлива; - ~ 47% дизельного топлива и ~ 92% бензина автомобильного от общего потребления этих видов топлива по модулю.

Потребление топлива в жилом секторе составило 10,8% от потребления топлива по модулю. В структуре использования по видам - топливо семи наименований, из которых ~ 45% приходится на природный газ, 21,6 % - дрова топливные, 19,4% - торфобрикеты, 12% - газ сжиженный; остальное - топливо печное бытовое, уголь, керосин осветительный.

На нужды категорий «Промышленность» и «Сельское /Лесное хозяйство» в 2000 г. израсходовано соответственно 6,7% и 3,6% от общего расхода топлива по модулю «Энергетика» (табл. 1.2, рис. 1.3.).

Потребление топлива по категориям источников в 2000 г.

Категории источников	Потребление топлива, ТДж
Энергетика - переработка топлива, производство и передача энергии	555133,5
Промышленность	57105,6
Транспорт	79762,4
Коммерческий сектор	11178,5
Жилой сектор	91189,4
Сельское /Лесное хозяйство.	30295,8
Прочие	23220,7



## 1.2. Оценка эмиссий парниковых газов

### 1.2.1. Эмиссия диоксида углерода

В общем виде оценка эмиссии парниковых газов от энергетических источников рассчитывается по формуле:

$$\text{Выбросы} = \sum (EF_{ab} \times \text{Activity}_{ab}), \quad (1.1)$$

где  $EF$  – коэффициент эмиссии,  $\text{кг/ГДж}$ ;  $a$  – вид топлива,  $b$  – категория источника,  $\text{Activity}$  – потребление топлива в энергетических единицах ( $\text{ГДж}$ ).

При оценке эмиссий парниковых газов по модулю коэффициенты эмиссии по видам топлив использовались в основном из Руководства МГЭИК.

На основе характеристик, используемых топлив в Республике Беларусь, были рассчитаны и использованы коэффициенты эмиссии  $\text{CO}_2$  по природному газу и топочному мазуту как на тераджоули ( $\text{ТДж}$ ), так и на тонну условного топлива ( $\text{т у.т.}$ ) (табл. 1.3.).

Таблица 1.3

Сравнение коэффициентов эмиссии

Топливо	Региональные ( $\text{тС/ТДж}$ )	МГЭИК ( $\text{тС/ТДж}$ )
Газ	15,0	15,3
Мазут	21,2	21,1

Для расчета коэффициентов использовалось следующее общее уравнение:

$$EF^{CO_2} = f(\text{содержание углерода, калорийность топлива, недожог})$$

Для газа и мазута была использована следующая формула:

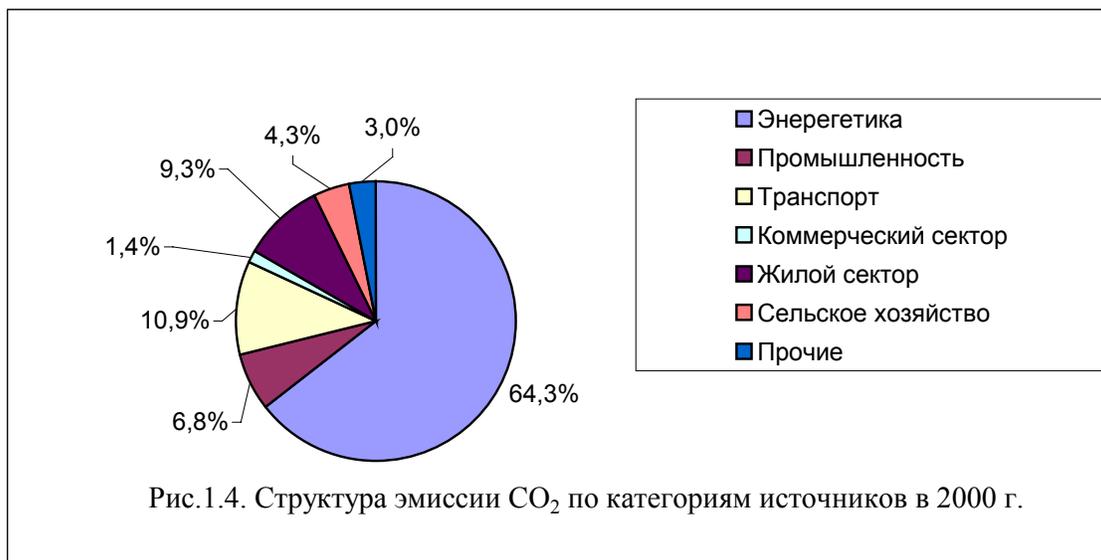
$$EF^{CO_2} (\text{т CO}_2/\text{т у.т.}) = (44/12) * C^{daf} * (7000/Q^{daf}) * f\Gamma_{\text{УН}}, \quad (1.2)$$

где: 44/12 – коэффициент пересчета эмиссии углерода в эмиссию CO<sub>2</sub> (т CO<sub>2</sub>/т С), 7000 – коэффициент пересчета из тонн условного топлива в килокалории (ккал/кг у.т.; 1 кг у.т. = 7000 ккал), C<sup>daf</sup> – содержание углерода в топливе в сухом состоянии (%), Q<sup>daf</sup> – низшая теплота сгорания топлива в сухом состоянии, т.е. калорийность топлива (ккал/кг), fΓ<sub>УН</sub> – функция неокисленного углерода (%), которая рассчитывается с учетом данных о содержании горючих в уносе.

Таблица 1.4

Эмиссия CO<sub>2</sub> при сжигании топлива по категориям источников, Гг

Категории источников	Эмиссия CO <sub>2</sub>
Энергетика - переработка топлива, производство и передача энергии	32642,24
Промышленность	3456,23
Транспорт	5545,65
Коммерческий сектор	686,25
Жилой сектор	4717,52
Сельское хозяйство	2158,36
Прочие	1535,32
Всего	50741,57



Общая эмиссия CO<sub>2</sub> по модулю «Энергетика» в 2000 г. составила 50741,57 Гг (табл. 1.4.). Наибольший вклад в эмиссию CO<sub>2</sub> вносят следующие категории источников: "Энергетика - переработка топлива – 64,3%, транспорт - 10,9%, жилой сектор – 9,3%, промышленность – 6,8% (рис.1.4.).

### *1.2.2. Эмиссии других, кроме диоксида углерода, парниковых газов, связанные со сжиганием топлива*

При сжигании топлива образуется небольшой объём парниковых газов, отличных от  $\text{CO}_2$ , на долю которых приходится 2,5 % суммарных выбросов в Гг всех газов с парниковым эффектом по модулю “Энергетика” в 2000 г.

**Метан и закись азота** - газы прямого действия, доля эмиссии которых в эквиваленте  $\text{CO}_2$  в ЭГП составляют 4,8% и 0,2% соответственно. При определении эмиссий этих газов использовались коэффициенты эмиссии по “умолчанию” в соответствии с Руководством МГЭИК.

Вклад **эмиссии метана** от сжигания топлива в общие выбросы метана по модулю незначителен (~14%). В небольших количествах метан образуется в процессе сжигания топлива вследствие неполного сгорания. Эмиссия метана зависит от температуры в котле или в печи: чем меньше эффективность установки, тем выброс метана больше. Так, самые большие выбросы  $\text{CH}_4$  характерны для бытовых печей и процессов горения на открытом воздухе. Наибольший вклад в эмиссию метана от сжигания топлива вносят источники категории «Жилые здания» (~69,0%): основная эмиссия - при сжигании торфобрикетов, угля и дров топливных.

Эмиссия метана от транспортных средств (5,7% от выбросов  $\text{CH}_4$  по модулю) зависит от содержания метана в топливе, эффективности процесса горения, типа двигателя и наличия систем контроля.

Ещё один источник эмиссии метана по модулю – нефтяные и газовые системы. Эта категория включает в себя все эмиссии, возникающие в ходе добычи, переработки, транспортировки, потребления нефти и природного газа. Коэффициенты эмиссии метана при добыче, переработке и хранении нефти; транспортировке и хранении природного газа приняты из таблицы 1-6 Руководства МГЭИК. Эмиссия метана от нефтяных и газовых систем составила в 2000 г. ~86% всей эмиссии метана по модулю. Эмиссия метана в 2000 г. составил 123,26 Гг.

**Закись азота**, образующаяся при сжигании топлива, вносит незначительный вклад в общую эмиссию. Закись азота образуется непосредственно в процессе горения топлива. Установлено, что чем ниже температура горения, тем больше эмиссия  $\text{N}_2\text{O}$ . Механизм образования  $\text{N}_2\text{O}$  достаточно хорошо изучен, однако экспериментальных данных недостаточно, поэтому для расчета выбросов закиси азота новый подход «топливо/сектор» является наилучшим.

Коэффициенты эмиссии закиси азота для различных секторов потребления топлива в энергетических установках, а также в транспортном секторе приняты по Руководству МГЭИК.

В структуре эмиссии  $\text{N}_2\text{O}$  по модулю эмиссия от источников категории «Энергетика-переработка топлива ...» составляет 36,6%; в жилом секторе - ~31%. Эмиссия  $\text{N}_2\text{O}$  в целом по модулю в 2000 г. составила 0,36 Гг.

### *1.2.3. Эмиссии прекурсоров озона и диоксида серы*

**Оксиды азота** являются парниковыми газами косвенного действия. В то же время они играют важную роль в образовании атмосферного озона и могут быть в центре

природоохранной политики. В данной работе  $\text{NO}_x$  рассматриваются с точки зрения парникового эффекта, т.е. рассматривается их окисляющая способность.

Энергетические процессы являются важнейшим антропогенным источником оксидов азота. Существует два основных механизма образования  $\text{NO}_x$  в энергетических установках:

- 1) образование «топливных  $\text{NO}_x$ » при химических процессах превращения N, содержащегося в топливе;
- 2) образование «термических  $\text{NO}_x$ » от связывания атмосферного азота в процессе горения.

«Топливные выбросы» составляют около 80% оксидов азота, а «термические» - около 20% и зависят от температуры горения.

В структуре эмиссии  $\text{N}_2\text{O}$  по модулю - эмиссия от источников категории «Энергетика - переработка топлива.» составляет 54%; эмиссия от передвижных источников ~33%.

Эмиссия  $\text{NO}_x$  в 2000 г. в целом по модулю составила 165,62 Гг.

**Оксид углерода** также как и  $\text{NO}_x$  является парниковым газом косвенного действия. Оксид углерода образуется как промежуточный продукт в результате недожога при сгорании топлива.

Значительная эмиссия оксида углерода от передвижных источников в категории "Транспорт" и составляет ~63%.

Эмиссия CO по модулю в 2000 г. составила 692,76 Гг.

Коэффициенты эмиссии CO и  $\text{NO}_x$  по автомобильному транспорту приняты согласно Национальным данным (табл.1.5).

Таблица 1.5

Коэффициенты эмиссии CO и  $\text{NO}_x$  по автомобильному транспорту

Вид топлива	CO		$\text{NO}_x$	
	г/г	г/ГДж	г/г	г/ГДж
Бензин	0,440	10075	0,025	572
Дизельное топливо	0,125	2941	0,035	824
Сжиженный газ	0,440	9562	0,025	543

**НМУ** – парниковые газы косвенного воздействия. Неметановые углеводороды (олефины, кетоны, альдегиды и др.) являются продуктами неполного сгорания. Эмиссия НМУ существенно зависит от вида топлива, типа установки и технологии сжигания. Значительная эмиссия НМУ относится к передвижным источникам и сжиганию топлива в жилых домах (особенно сжигание биомассы).

Эмиссия НМУ от передвижных источников зависит от типа двигателя, вида топлива, используемых средств контроля выхлопных газов (например, каталитические преобразователи) и режима движения транспорта. При работе двигателей на холостом ходу, при низких скоростях движения, а также для неисправных двигателей эмиссия НМУ наибольшая. В 2000 г. эмиссия НМУ от передвижных источников - в основном от сжигания бензина и дизтоплива, составила 73% от общей эмиссии НМУ по модулю, и 17,8% - от сжигания дров топливных в жилых домах. Эмиссия НМУ в 2000 г. составила 97,76 Гг.

Коэффициенты эмиссии НМУ приняты по Руководству МГЭИК.

**Диоксид серы** не является парниковым газом, но его присутствие в атмосфере оказывает влияние на климат. Вступая в реакции с окислителями,  $\text{SO}_2$  образует сульфатные аэрозоли.

Энергетические процессы, предусматривающие сжигание топлива, содержащего серу, приводят к росту концентраций  $\text{SO}_2$  и, следовательно, к росту концентраций аэрозолей в атмосфере.

Эмиссия диоксида серы определяется не технологией сжигания, а составом топлива, поэтому для расчета выбросов диоксида серы используются величины ежегодного потребления топлива (в энергетических единицах), коэффициенты эмиссии  $\text{SO}_2$  (кг/ТДж) и содержание серы в топливе и золе.

Годовой выброс оксидов серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ) в пересчете на  $\text{SO}_2$  от энергетических процессов рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \times B \times S^P \times (1 - \eta^I) \times (1 - \eta^{II}), \quad (1.3)$$

где:  $B$  - расход топлива, т/год,  $S^P$  - содержание серы на рабочую массу, %,  $\eta^I$  - доля оксидов серы, уносимых золой,  $\eta^{II}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе вместе с твердыми частицами.

Выбросы диоксида серы в 2000 г. в целом по модулю составил 202,36 Гг.

#### *1.2.4. Международный авиационный бункер*

Эмиссии парниковых газов от воздушных судов связаны со сжиганием авиационного керосина и авиационного бензина. Авиационный бензин используется только на небольших воздушных судах и обычно составляет менее 1% от общего объема топлива, используемого в авиации. Методология расчета эмиссии парниковых газов от воздушных судов применяется только для топлива, используемого в турбореактивных двигателях.

По данным Государственного комитета по авиации Республики Беларусь в 2000 г. на территории Республики было совершено 9041 цикл посадка-взлет турбореактивными самолетами. Потребление авиационного керосина составило 55,374 тыс. т, на все циклы посадка-взлет 14,5 тыс. т. Суммарный выброс диоксида углерода составил 168,22 Гг.

Расчет потребления топлива и эмиссии парниковых газов для циклов посадка-взлет и при полете осуществлялся, исходя из общего числа посадок-взлетов и коэффициентов эмиссий парниковых газов, представленных в разделе 1.5.3.5 Руководства МГЭИК.

#### *1.2.5. Традиционные топлива из биомассы*

К данной категории топлива в Республике Беларусь относятся дрова для отопления, отходы лесозаготовок, бревна разобранных старых зданий, шпалы. Количество каждого вида древесного топлива является предметом статистической отчетности. В соответствии с ними в 2000 г. было использовано в качестве топлива 0,967 млн. т у. т. топлива из биомассы.

Эмиссия парниковых газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{N}_2\text{O}$ ) оценивалась для топлива из биомассы с использованием коэффициентов "по умолчанию". Кроме того, общее количество потребленного топлива требуется перевести в весовые единицы сухого вещества. Для этого использовался коэффициент "по умолчанию" для перевода объема биомассы в массу сухого вещества, равный 0,5.

Эмиссия двуоксида углерода при сжигании древесного топлива рассматривалась отдельно от других видов топлива. Вызвано это тем, что в соответствии с методическими рекомендациями эмиссия  $\text{CO}_2$  от сжигания топлив из биомассы включается только для

информации, но не попадают в сводную графу общенациональной эмиссии CO<sub>2</sub> из энергетических источников.

### 1.3. Динамика потребления топлива и эмиссии парниковых газов

Эмиссии парниковых газов определяются объемом и структурой используемых видов топлива. В 2000 г. в структуре используемых видов топлива - топливо 14 наименований, с коэффициентами эмиссий углерода от 28,9 (по торфу) до 15,0 (газ природный) тС/ТДж.

За период 1990-2000 гг. в Республике Беларусь объем потребления топливана все виды деятельности, предусматривающие сгорание топлива, добычу, хранение и транспортировку (модуль «Энергетика»), снизился на 41,8 %, по отношению к 1995 г. – 8,9%, с 1999 г – 6,3%. (табл.1.6.).

Таблица 1.6

Динамика потребления топлива

Энергетика	Потребление топлива, ПДж			
	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
1. Твердое топливо	103,713	46,415	37,859	40,857
2. Газообразное топливо	479,642	436,480	578,412	553,244
3. Жидкое топливо	848,537	424,359	255,799	213,799
4. Прочие виды топлива	3,078	--	3,915	11,653
Всего	1434,970	907,254	875,985	819,555
Биомасса	20,831	23,443	28,994	28,331

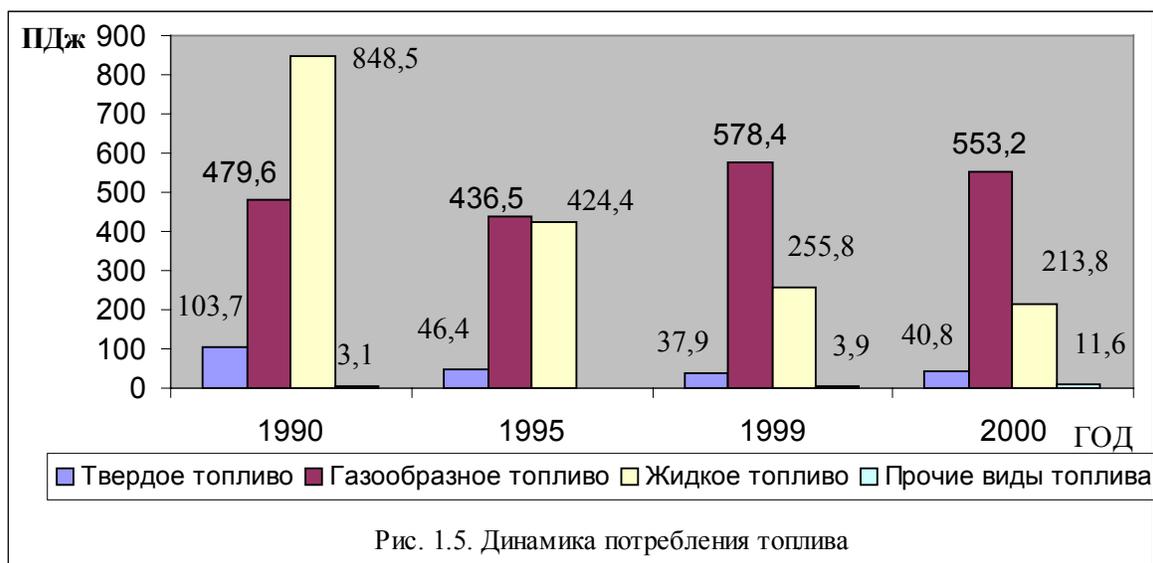


Рис. 1.5. Динамика потребления топлива

Объем эмиссии всех газов с парниковым эффектом в результате энергетической деятельности: сжигания топлива, производства, транспортировки, хранения и распределения топливных продуктов в 2000 г. составил 52023,7 Гг.

В структуре эмиссии парниковых газов эмиссия диоксида углерода CO<sub>2</sub> составила 97,5%. На долю остальных шести парниковых газов приходится всего 2,5%, из которых выбросы CO составляют 1,33%, выбросы SO<sub>2</sub> -0,39%, метана - 0,24% , NO<sub>x</sub> - 0,32%, НМУ - 0,19% (табл.1.7.).

Таблица 1.7

## Динамика эмиссии парниковых газов

Год	Потребление, ТДж	Эмиссия, Гг						
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	HМУ	SO <sub>2</sub>
1990	1455801	100615	321,04	0,77	318,68	1798,8	383,82	811,74
1995	930697	60552,1	288,05	0,43	216,274	1356,8	296,115	365,81
1999	904979	55185	332,5	0,48	137,66	985,1	202,96	208,78
2000	847886	50741,57	123,26	0,36	165,62	692,76	97,76	202,36

Снижение эмиссии метана обусловлено сокращением объемов переработки нефти и, как следствие, сокращение эмиссий от нефтяных и газовых систем. Снижение эмиссии N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> является прямым следствием сокращения потребления топлива в энергетическом секторе. Снижение грузо- и пассажирооборота вызвало сокращение эмиссии NO<sub>x</sub>, CO, HМУ.

Таблица 1.8

## Динамика эмиссии парниковых газов при сжигании топлива

Год	Потребление топлива, ПДж	CO <sub>2</sub> , экв. CO <sub>2</sub> .	CH <sub>4</sub> , экв. CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O, экв. CO <sub>2</sub>	Эффект глобального потепления
1990	1455,801	100615,3	6741,6	238,7	107596
1995	930,697	60552,1	6049,3	133,6	66735
1999	904,979	55185,45	6982,5	148,8	62317
2000	847,886	50741,57	2588,5	111,6	53442

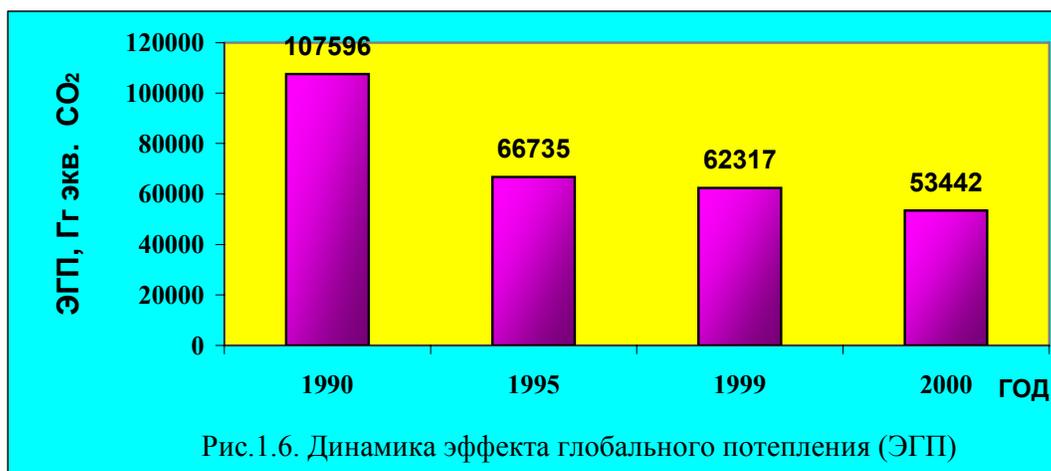


Рис. 1.6. Динамика эффекта глобального потепления (ЭГП)

В 2000 г. на все виды деятельности, связанные с добычей, хранением, транспортировкой и использованием (сжиганием) органического топлива, было использовано 847,886 ПДж (без учета «международного бункера»).

Сумма эмиссий всех парниковых газов при использовании этого объема топлива составила 52023,7 Гг. Эмиссия самого многотоннажного из парниковых газов диоксида углерода составила 50741,5 Гг (97,5%).

Относительное воздействие парниковых газов можно сопоставить путём использования такого показателя, как эффект глобального потепления (ЭГП), когда эмиссии парниковых газов оцениваются в эквиваленте  $\text{CO}_2$  на основе воздействия парниковых газов на протяжении 100-летнего периода. Так, ЭГП метана составляет 21, закиси азота - 310.

В 2000 г. эффект глобального потепления (ЭГП) парниковых газов с прямым парниковым эффектом в эквиваленте  $\text{CO}_2$  при сжигании топлива по модулю составил 53442 Гг (табл. 1.8.). Наибольший вклад (95%) в ЭГП вносит эмиссия  $\text{CO}_2$ . В 2000 г. ЭГП при сжигании топлива по модулю снизился по сравнению с 1990 г. на 54154 Гг (50,3%), с 1995 г. на 13293 Гг (19,9%), с 1999 г. на 8875 Гг (14,2%).

За десятилетний период (1990-2000 гг.) объёмы потребления топлива снизились на 41,3%, а эмиссии всех парниковых газов на 50,3 %. Опережение темпов снижения выбросов парниковых газов является, в основном, следствием энерго- и ресурсосберегающей политики и изменения структуры используемого топлива за период 1990-2000 гг. Идет активное замещение мазута и угля природным газом и топливом из биомассы. Так, в структуре используемого топлива за рассматриваемый период доля угля сократилась с 3,7% до 1,6%, мазута с 37,5% до 9,7%, доля природного газа увеличилась с 30,3% до 63,6%, а доля используемого топлива из биомассы - с 1,4% до 3,3%.

За последние годы (1995-2000 гг.) в Республике Беларусь за счёт внедрения современных технологий и проведения активной энергосберегающей политики энергоёмкость ВВП снизилась на 28%, при росте ВВП на 36%.

В ходе выполнения инвентаризации была дана экспертная оценка данных о потреблении топлива и коэффициентов эмиссии парниковых газов. Неопределённость данных о потреблении топлива по видам минимальна и составляет 1-5%, поскольку информация о потреблении - предмет государственной статистической отчётности предприятий и организаций Республики Беларусь. Неопределенность коэффициентов эмиссии составляет 1-10%.

## 2. ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Основными источниками эмиссий парниковых газов в данном блоке являются строительная индустрия, металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность.

Оценка выбросов парниковых газов по каждому индустриальному процессу проводилась исходя из объемов производства и коэффициентов эмиссии согласно методике, изложенной в Пересмотренных Руководящих принципах национальных инвентаризаций парниковых газов: Рабочая книга (МГЭИК, 1996) с учетом национальных особенностей Республики Беларусь.

В качестве исходной информации по объемам продукции в натуральном выражении использовались:

- данные Министерства статистики и анализа, как опубликованные [6], так и собранные исполнителями;
- сведения министерств и ведомств;
- информация отдельных предприятий;
- информация, полученная в результате собственных исследований.

Коэффициенты эмиссий парниковых газов принимались по следующим источникам в зависимости от наличия информации:

- Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов (МГЭИК, 1996): Рабочая книга;
- Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ по отраслям промышленности, 1991 [7];
- Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств – основных источников загрязнения атмосферы (г. Санкт - Петербург, 2001) [8];
- Экологические паспорта предприятий, отчет о НИР «БЕЛНИЦЭКОЛОГИЯ» и других организаций.

В индустриальных процессах в республике парниковыми газами являются:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HFC}$ ,  $\text{PFC}$ ,  $\text{SO}_2$ .

### 2.1. Эмиссия диоксида углерода

В связи с тем, что в форме государственной статистической отчетности 2-ос (воздух)  $\text{CO}_2$  не учитывается, эмиссия его рассчитывалась исходя из объемов производства продукции и соответствующих коэффициентов эмиссии.

Эмиссия углекислого газа складывается из двух источников: производства цемента и производства извести.

В производстве цемента  $\text{CO}_2$  образуется на стадии получения клинкера - промежуточного продукта производства. В расчетах использован объем производства цемента, приведенный в статистическом сборнике [6] и скорректированный на объем производства по клинкеру. Корректировка проводилась исходя из того, что в цементе помимо клинкера содержится 5 – 20% минеральных добавок [9]. Взято среднее содержание добавок – 13%.

Коэффициент эмиссии  $\text{CO}_2$  принят по Руководству МГЭИК, т. к. национальные данные отсутствуют.

Вклад производства цемента в общую эмиссию за 1990 – 2000 гг. увеличился с 53,7 до 64,8% (табл. 2.1.).

Таблица 2.1

Эмиссия CO<sub>2</sub>, Гг

Наименование источника	1990	1995	1999	2000
Производство цемента (по клинкеру)	996,20	544,63	881,64	814,76
Производство извести	860,15	358,03	524,01	463,02
Всего:	1856,35	902,66	1405,65	1277,78

Доля же производства извести соответственно уменьшилась за счет снижения объемов ее производства. При расчете эмиссии CO<sub>2</sub> в производстве извести коэффициент так же принят по Руководству МГЭИК – 0,79 т CO<sub>2</sub>/т извести, получаемой из кальцитового сырья, т.к. в Беларуси известь из доломита не производят.

В целом в промышленности эмиссия CO<sub>2</sub> с 1990 по 2000 гг. сократилась на 31%, что связано с уменьшением объемов производства ее источников.

Для производства аммиака эмиссия углекислого газа не рассчитывалась, т.к. на Гродненском ПО «Азот», который является в республике единственным предприятием производителем аммиака, все технологические линии производства (их 4) завязаны с производством карбамида, где CO<sub>2</sub> полностью используется в качестве сырья.

## 2.2. Эмиссия диоксида серы

Основными источниками эмиссии SO<sub>2</sub> являются производства цемента, аммиака и серной кислоты, причем 94-96% ее образования приходится на производство серной кислоты (табл. 2.2.)

Таблица 2.2

Эмиссия SO<sub>2</sub>, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство цемента	0,68	0,37	0,60	0,55
Производство аммиака	0,04	0,02	0,03	0,03
Производство H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18,32	7,28	9,56	10,21
Всего	19,04	7,67	10,19	10,79

Для расчетов эмиссии SO<sub>2</sub> объемы производства аммиака и серной кислоты взяты по информации, полученной в Белорусском государственном концерне по нефти и химии в разрезе предприятий. Указанные соединения - промежуточные продукты химических производств, поэтому информация по ним в статистических сборниках отсутствует. Коэффициенты эмиссии SO<sub>2</sub> приняты по Руководству МГЭИК.

## 2.3. Эмиссия оксида углерода

Расчет эмиссии оксида углерода производился для аммиака, этилена и пропилена, капролактама и производства ряда металлов (табл. 2.3.).

## Эмиссия CO, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство аммиака	0,60	0,38	0,44	0,42
Производство этилена и пропилена	0,15	0,11	0,11	0,11
Производство капролактама	2,67	2,23	2,16	2,49
Производство металлов всего в том числе:	4,59	2,43	4,60	5,01
Производство электростали	1,56	1,04	2,03	2,27
Прокат черных металлов	1,1	0,98	2,08	2,24
Производство стальных и чугунных труб	0,45	0,05	0,12	0,11
Литье чугунное	1,14	0,26	0,27	0,28
Литье стальное	0,28	0,08	0,08	0,09
Литье цветных металлов	0,06	0,01	0,02	0,02
Всего	8,01	5,15	7,31	8,03

Объемы производства продукции химической промышленности собраны на предприятиях отрасли. Информация об объемах производства продукции металлургии была взята в Министерстве статистики и анализа Республики Беларусь.

Коэффициенты эмиссии CO в расчетах приняты по национальным данным: для аммиака и капролактама из источника [10], для этилена и пропилена, электростали – из [8], прокатного и трубного производств [7], литья чугунного - [11], литья стального - [7], литья цветных металлов - [11].

Следует отметить, что для стального литья, осуществляемого без использования топлива, взяты за основу для расчетов выбросы при работе электродуговых сталеплавильных печей. Плавка чугуна проводится в основном в вагранках, где сжигается топливо. Выделить отдельно индустриальную составляющую, которая невелика, можно лишь с большой погрешностью. Поэтому выбросы окиси углерода и азота от плавки чугуна учитывались в модуле “Энергетика”. В модуле “Индустриальные процессы” для расчетов принят суммарный удельный выброс от технологических операций по выпуску чугуна из вагранок в ковши и разливу чугуна в формы.

Плавка цветных металлов на машиностроительных предприятиях республики ведется преимущественно в индукционных тигельных и канальных печах сопротивления и электродуговых производительностью 0,15 – 2 т/час. Применительно к ним и взяты средние удельные значения выбросов оксидов азота и углерода.

Основной вклад в выбросы CO по республике вносит металлургическая промышленность ~ 60%. Если рассматривать долю отдельных производств, то можно отметить, что наибольшей эмиссией CO характеризуется производство капролактама – более 30% от общей эмиссии.

#### 2.4. Эмиссия оксидов азота

Эмиссия оксидов азота характерна для ряда производств химической промышленности и металлургии (табл. 2.4., 2.5.).

Таблица 2.4.

Эмиссия NO<sub>x</sub>, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство азотной кислоты	0,18	0,13	0,16	0,16
Производство этилена и пропилена	0,05	0,04	0,04	0,04
Производство капролактама	0,06	0,05	0,05	0,05
Производство металлов всего в том числе:	0,67	0,42	0,84	0,92
Производство электростали	0,31	0,21	0,41	0,45
Прокат черных металлов	0,21	0,18	0,39	0,42
Производство стальных и чугунных труб	0,05	0,01	0,01	0,01
Литье стальное	0,06	0,02	0,02	0,02
Литье цветных металлов	0,05	0,01	0,01	0,02
Всего	0,96	0,64	1,09	1,17

Таблица 2.5.

Эмиссия NO<sub>2</sub>, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство слабой азотной кислоты	1,12	0,84	0,99	1,01

Коэффициенты эмиссии оксидов азота приняты: для слабой азотной кислоты по данным Гродненского ПО «Азот», где она производится, для остальных производств - по [8].

70 – 78% от общей эмиссии оксидов азота приходится на металлургию, причем преимущественно на производство электростали и прокат черных металлов.

### 2.5. Эмиссия метана

Эмиссия метана рассчитывалась для химических производств – этилена и метанола и производства электростали (табл. 2.6.).

Таблица 2.6.

Эмиссия CH<sub>4</sub>, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство химических веществ (этилен, метанол)	0,15	0,11	0,12	0,15
Производство электростали	1,0	0,67	1,3	1,46
Всего	1,15	0,78	1,42	1,61

Коэффициенты эмиссии метана в расчетах приняты по [8]. Около 90% суммарных выбросов метана приходится на производство стали.

### 2.6. Эмиссия неметановых углеводородов

Эмиссия НМУ характерна для производства асфальта, стекла и ряда производств химической промышленности (табл. 2.7.).

## Эмиссия НМУ, Гг

Наименование источника	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Производство асфальта	0,26	0,12	0,14	0,11
Производство стекла	0,03	0,02	0,03	0,03
Производство аммиака	6,04	3,82	4,38	4,17
Производство химических веществ (этилен, пропилен, полиэтилен, фталевый ангидрид, акрилонитрил)	0,99	0,69	0,72	0,72
Всего	7,32	4,65	5,27	5,03

Объемы производства химических продуктов получены на предприятиях отрасли, коэффициенты эмиссии для них приняты по Руководству МГЭИК.

Объемы производства стекла для расчетов получены на предприятиях Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь, коэффициенты эмиссии приняты по [8].

Что касается асфальта, то согласно Руководству МГЭИК НМУ выбрасываются при производстве асфальта, во время покрытия дорог и в дальнейшем при эксплуатации из дорожных покрытий. Нами выполнены расчеты эмиссии НМУ только при производстве асфальта. Объем производства представлен департаментом «БЕЛАВТОДОРОГ». Коэффициент эмиссии принят по национальным данным – по результатам анализа выбросов НМУ на 19 асфальтовых заводах республики [12].

Выполнить расчет эмиссии НМУ при покрытии дорог и их эксплуатации не представляется возможным из-за отсутствия национальных данных. Рекомендуемый же в Руководстве МГЭИК коэффициент эмиссии НМУ - 320 кг НМУ на 1 т дорожного покрытия - считаем принять невозможным, т.к. 1/3 весовая часть асфальта не может улечиваться в атмосферу.

Основной вклад в эмиссию НМУ вносит аммиак – более 80%.

## 2.7. Эмиссия фторуглеродов

Фторуглероды в Республике Беларусь не производятся.

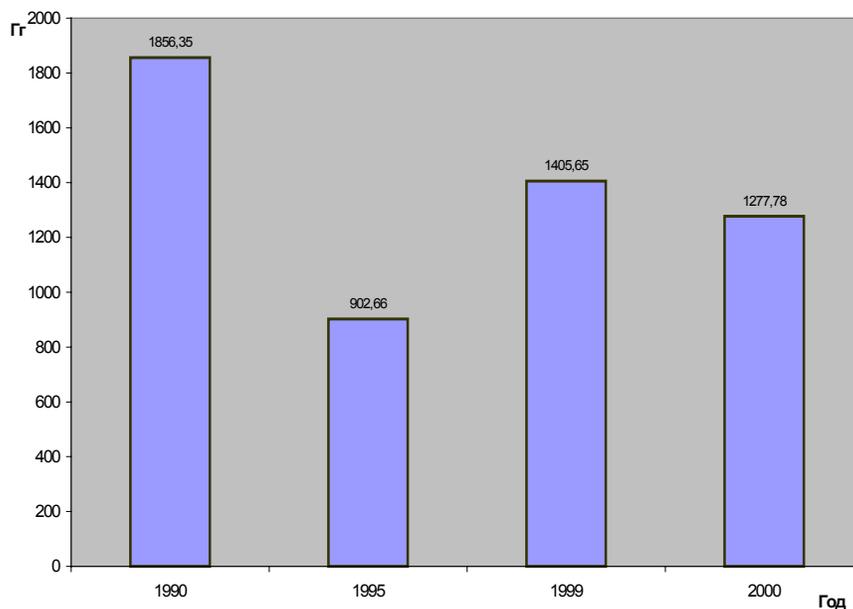
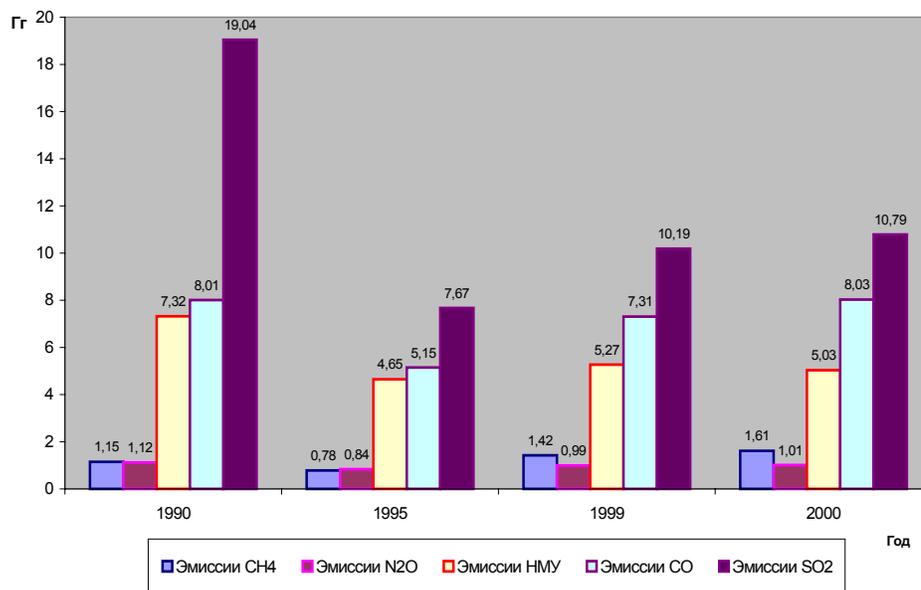
Используются в качестве холодильного агента ГФУ 134 и 134а, причем доля ГФУ 134 не превышает 0,5% от общего объема. Поэтому расчеты эмиссии выполнялись только для ГФУ 134а.

При проведении расчетов учитывались эмиссии при замене озоноразрушающих хладонов на ГФУ 134а и эмиссии при эксплуатации холодильной техники. Так, в 1998 и 2000 гг. Гродненское ПО «Химволокно» провело замену хладона 12 на ГФУ 134а.

Объемы потребления ГФУ 134а для расчетов получены на предприятиях республики, коэффициенты эмиссии приняты по Руководству МГЭИК.

Рассчитанная суммарная эмиссия ГФУ очень мала ~ 0.001 Гг, т. е. практически ею можно пренебречь.

Рассматривая тенденции эмиссии парниковых газов в целом по модулю «Индустриальные процессы», можно отметить, что они определяются объемами производства соответствующей продукции. Резкий спад производства в 1995 г. по сравнению с 1990 г. также отразился на величине эмиссии всех парниковых газов (рис. 2.1., 2.2.).

Рис. 2.1. Динамика эмиссии CO<sub>2</sub>Рис. 2.2. Динамика эмиссий парниковых газов (кроме CO<sub>2</sub>)

В последующие годы рост объемов производства вызвал и увеличение эмиссии парниковых газов.

Структура эмиссий парниковых газов в эквиваленте CO<sub>2</sub> в 2000 г. представлена на рис. 2.3. В течение рассматриваемого периода она изменялась незначительно.

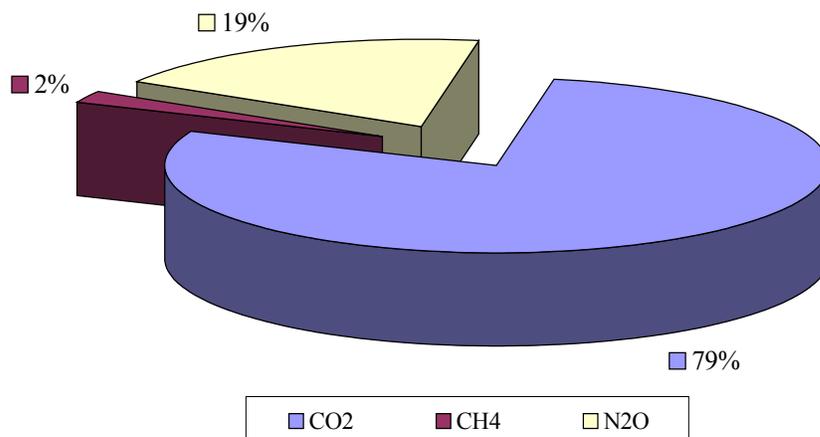


Рис. 2.3. Структура эмиссий парниковых газов

Оценка неопределенности результатов расчета определяется неопределенностью исходной информации – объемов производства продукции и коэффициентов эмиссии.

Объемы продукции для ряда производств взяты из данных Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, для некоторых – в отраслевых министерствах или на предприятиях. Неопределенность статистической информации оценивается в пределах 3 – 10%, т.е. в среднем приняли 6%. Величина неопределенности информации, полученной в отраслевых Министерствах и на предприятиях, ниже – до 3% в случаях, когда рассматриваемая продукция производится на ряде предприятий, и ~ 1% - если данное производство функционирует на 1 – 2 предприятиях республики.

Неопределенность коэффициентов эмиссии парниковых газов, принятых из Руководства МГЭИК, можно оценить в ~ 10%, неопределенность национальных данных, можно принять в пределах 5%.

### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

Растворители относятся к группе веществ, использование которых влечет за собой поступление в атмосферный воздух неметановых углеводородов.

Использование растворителей ведется по трем направлениям:

- 1) использование красок;
- 2) удаление жиров и сухая чистка;
- 3) производство /переработка химических продуктов.

К первой группе использования растворителей относятся производственные процессы, связанные с потреблением красок, лаков, эмалей, шпатлевок, грунтовок. Основными потребителями являются предприятия деревообрабатывающей, машиностроительной, легкой промышленности, а также ремонтностроительные организации. При этом в выбросах присутствуют сольвенты, входящие в состав красок, эмалей лаков и др., представляющие летучую их часть: ксилол, толуол, ацетон, спирт изопропиловый, уайт-спирит, этилцеллозольв и др.

Ко второй группе относятся производства, использующие растворители для обезжиривания поверхностей, сухой чистки. Потребителями этих сольвентов являются предприятия электронной, радиотехнической промышленности, а также предприятия химчистки. При этом в выбросах преобладают ацетон, бензин, этанол, четыреххлористый углерод, трихлорэтилен, перхлорэтилен.

Третья - самая значительная группа - производство и переработка химических продуктов:

- предприятия по переработке нефти;
- производство нефтехимических продуктов (этилен, пропилен, акрилонитрил, метакрилат);
- производство химических волокон: полиэфирные волокна и нити и сырье для них (диметилтерефталат, терефталевая кислота), капроновые нити для кордной ткани и технических изделий, полиакрилонитрильные, углеродные, модакрильные волокна;
- производство стекловолокна и стеклопластиков;
- производство лакокрасочных материалов (лаки и эмали на конденсационных смолах и на полимеризационной основе, грунтовки на полимеризационных смолах) и сырья для них (фталевый ангидрид);
- производство шин для легковых, грузовых и сельскохозяйственных машин;
- производство резинотехнических изделий;
- производство и переработка пластмасс (полиэтилен, полипропилен, полистирол).

В связи с тем, что в республике имеется большое число предприятий по производству химической продукции, а также по переработке сырой нефти - выброс НМУ значителен (бензин нефтяной, циклогексан, ацетон, циклогексанон и др.).

В соответствии с Руководством МГЭИК оценка эмиссии от использования растворителей и другой продукции производится, исходя из объемов потребленного продукта (краски, эмали, растворители и т.д.) и агрегированного коэффициента эмиссии.

Ввиду того, что в настоящее время в республике отсутствует учет потребления красок, растворителей, шпатлевок и др., оценка выбросов НМУ проводилась на основе экспертной оценки с учетом анализа за 1990 г. и последующие годы. Удельный выброс загрязняющего вещества на единицу потребляемой краски (лаков и др.) определялся на

основании анализа количественного и качественного состава летучей части различных видов красок, эмалей, шпатлевок и др. по данным научно-исследовательских разработок и оценивался равным 0,5 т НМУ/т краски. Удельная эмиссия загрязняющего вещества при технологической операции - удаление жиров - принимался 1.0 т НМУ/т растворителя.

Как уже отмечалось, самая значительная эмиссия НМУ приходится на группу растворителей, которые используются при производстве и переработке химических продуктов (табл. 3.1), а также в результате переработки нефти, которая сопровождается выделением значительного количества нефтяного бензина. Агрегированные коэффициенты эмиссии были приняты на основании анализа экологических паспортов предприятий, выпускающих соответствующую продукцию. Результаты расчетов эмиссии по всем группам использования растворителей и другой продукции даны в приложении 2 модуль «Использование растворителей и другой продукции».

В ходе выполнения инвентаризации была дана экспертная оценка данных о потреблении и производстве химических продуктов. Вследствие отсутствия государственной статистической отчетности по потреблению лакокрасочной продукции, по использованию сольвентов для обезжиривания поверхностей и сухой чистки, неопределённость данных о деятельности оценена в 35%, данных о коэффициентах эмиссии - 5%.

Таблица 3.1

Эмиссия НМУ при использовании растворителей и другой продукции в производстве и переработке химической продукции

Подмодуль	Эмиссия НМУ при использовании сольвентов в производстве и переработке химической продукции		
Вид продукции	А Количество продукции, т	В Агрегированный коэффициент эмиссии, т НМУ/т	С Эмиссия НМУ, Гг
			<b><math>C = A \times B / 1000</math></b>
Переработка нефти	13528300	0,00147 по нефтяному бензину	19,886
Ксилолы	38006	0,0145 по ксилолу	0,551
Бензол	51719	0,006 по бензолу	0,310
Лаки на конденсационных смолах	24172	0,01 суммарный по ксилолу, ацетону, уайт-спириту	0,242
Эмали, грунтовки и шпатлевки на конденсационных смолах	28335		0,283
Лаки, эмали, грунтовки и шпатлевки на полимеризационных смолах	6109		0,061
Капролактамы	113250	0,005 суммарный по бензолу, циклогексану и циклогексанону	0,566
Диметилтерефталат	190050	0,0013 суммарный по метанолу и ксилолу	0,247
Стекловолокно непрерывное	19975	0,03 по этанолу	0,599
Шины	231050	0,00024 по бензину	0,055
Резиновая обувь (тыс. пар)	3348	0,018 т/тыс. пар суммарный по бензину и спирту	0,060
Резинотехнические изделия (формовые и неформовые)	2865	0,03 по бензину и этилацетату	0,086
Всего	14213759		22,946

Таблица 3.2

## Динамика эмиссии неметановых углеводородов

Использование сольвентов	Эмиссия НМУ, Гг			
	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Использование красок	25,6	12,8	31,935	29,4
Производство/переработка химических продуктов	65,28	21,42	19,042	22,946
Удаление жиров и сухая чистка	3,97	1,98	3,49	1,75
Всего	94,85	36,20	54,467	54,096

В 2000 г. эмиссия НМУ при использовании растворителей и другой продукции сократилась по сравнению с 1990 г. на 43%, увеличилась по сравнению с 1995 г. на 33%, сократилась по сравнению с 1999 г. - на 0,7% (табл. 3.2), что связано с увеличением объёма производства в Республике Беларусь в период с 1995 г. по 2000 г. (рис. 3.1).

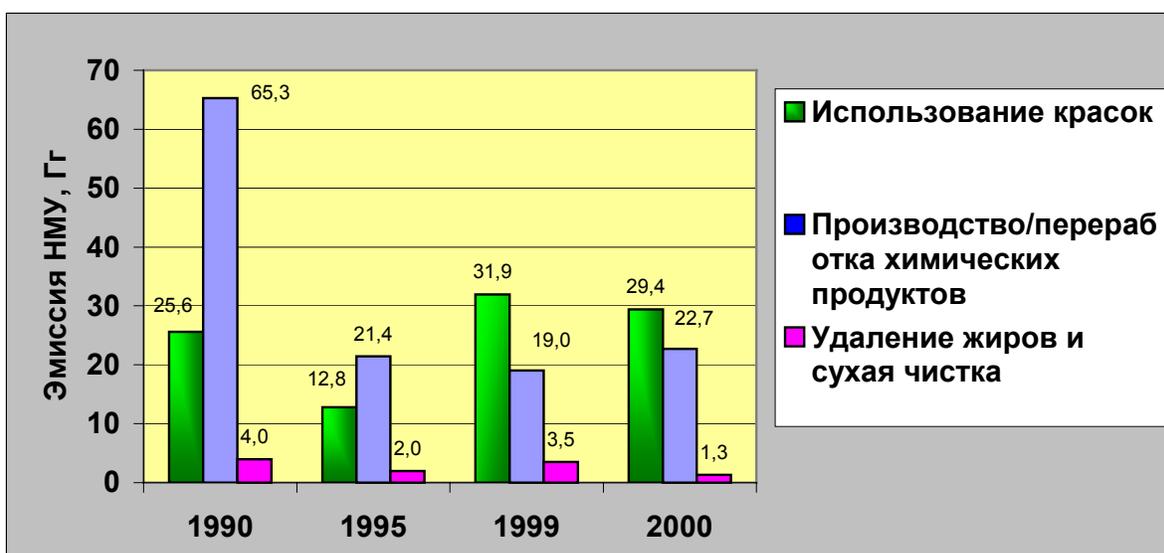


Рис.3.1. Динамика эмиссии НМУ

#### 4. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

От данной категории источников основными эмитируемыми парниковыми газами являются  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$ ; дополнительными –  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}_2$ .

В Республике Беларусь из категории источников «сельское хозяйство» представлены следующие сектора источников:

-домашний скот (отдельно рассматриваются выбросы от внутренней ферментации и навоза);

-сжигание сельскохозяйственных отходов на полях;

-выбросы от сельскохозяйственных почв.

В данный сектор включены:

-прямая эмиссия закиси азота из сельскохозяйственных почв вследствие использования азотных удобрений;

-прямая эмиссия закиси азота от использования навоза как удобрения и вследствие выпаса скота;

-косвенная эмиссия закиси азота от использования азотсодержащих веществ в сельском хозяйстве. Включает эмиссию от использования осушенных торфяных почв, эмиссию вследствие атмосферных выпадений соединений азота, эмиссию вследствие выщелачивания соединений азота из почв.

Такие категории источников, упоминаемые в Руководстве МГЭИК и входящие в сельскохозяйственный сектор, как выращивание риса и выжигание саванн, на территории Беларуси не представлены.

Из представленных источников приоритетными являются домашний скот (выбросы метана) и прямая эмиссия от сельскохозяйственных почв и от животноводства (закись азота).

Для выполнения инвентаризации ПГ в данном секторе использована следующая информация (по годам):

- поголовье скота по видам животных;

- распределение систем хранения навоза по типам;

-производство продукции растениеводства по культурам;

-производство бобовых культур по видам;

-доля сжигаемой биомассы на полях (по видам культур);

-объем использования азотных удобрений;

-площадь обрабатываемых торфяников.

Информация по поголовью скота, производству продукции растениеводства, в т.ч. бобовых культур, объемам использования азотных удобрений, собрана в министерствах и ведомствах в полном объеме за все требуемые годы.

Получена информация за отдельные годы по площадям обрабатываемых торфяников, сельскохозяйственных палов.

Таким образом, основной объем статистической информации, требуемой для расчета выбросов парниковых газов, собран.

Оценки распределения навоза по системам хранения и использования, а также доли сжигаемых пожнивных остатков, получены экспертно на основе консультаций со специалистами.

Поголовье скота в статотчетности за конкретный год приводится по состоянию на 1 января следующего года; в связи с этим, нами в качестве характеристики текущего года

принималось среднее двух смежных лет, т.е. в качестве поголовья 1990 г. бралось среднее поголовий в 1990 и 1991 гг. и т.д.

Методология инвентаризации парниковых газов МГЭИК базируется на т.н. подходе «сверху вниз», когда используются агрегированные коэффициенты эмиссии и производственно-статистическая информация.

Основной расчетный алгоритм:

$$E = E_f \times P,$$

где E – объем эмиссии того или иного газа от определенной категории источников, E<sub>f</sub>- удельный коэффициент эмиссии для данной категории, P – статистический показатель, характеризующий интенсивность источника (поголовье скота, объем внесения удобрений, площадь обрабатываемых почв и т.д.).

Этот общий алгоритм трансформируется применительно к конкретным источникам.

Основным источником по коэффициентам эмиссии является Руководство МГЭИК по инвентаризации ПГ. Дополнительная информация получена из литературных и фондовых источников, от экспертов в области сельского хозяйства.

#### 4.1. Расчет эмиссии парниковых газов

Эмиссия метана от животноводства рассчитывалась на основе статистических данных о поголовье скота и коэффициентов эмиссии. Использованы коэффициенты из Руководства МГЭИК (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Базовые коэффициенты эмиссии парниковых газов в секторе «Домашний скот» категории источников «Сельское хозяйство»

	Эмиссия CH <sub>4</sub> от внутренней ферментации, кг/голову	Эмиссия CH <sub>4</sub> от навоза, кг/голову	Эмиссия N <sub>2</sub> O от навоза, кг/кг выделившегося азота*
Немолочный крс	56	4	0,001-0,02
Молочный крс	81	6	0,001-0,02
Лошади	18	1,39	0,001-0,02
Козы	5	0,12	0,001-0,02
Овцы	8	0,19	0,001-0,02
Свиньи	1,5	4	0,001-0,02
Птица	-	0,078	0,001-0,02

\* - в зависимости от системы хранения

Оценка эмиссии от газов с косвенным парниковым эффектом от сжигания сельскохозяйственных отходов на полях затруднена из – за отсутствия прямого учета объемов сжигаемой биомассы на полях. Основная исходная информация – данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды по площади палов на сельскохозяйственных угодьях, а также экспертные оценки. В целом для Беларуси сжигание растительных остатков нехарактерно, особенно это относится к общественному сектору. Относительно выше доля сжигаемых сельскохозяйственных растительных остатков в частном секторе. В целом, с учетом имеющихся данных, принято, что ежегодно сжигается 1% растительных остатков зерновых и зернобобовых культур, и 5% - остатков от

выращивания картофеля. Неопределенность оценок весьма высока, что связано в первую очередь с отсутствием прямого учета сжигания остатков.

Таблица 4.2

## Эмиссия метана от кишечной ферментации и систем хранения навоза, Гг

Источник ПГ	1990 г.			1995 г.			1999 г.			2000 г.		
	Внутренняя ферментация	Навоз	Всего									
Всего от животных	471,30	57,90	529,20	358,73	44,720	403,45	310,80	39,10	349,90	296,16	37,51	333,67
Коровы	194,449	14,404	208,85	174,826	12,950	187,78	155,176	11,495	166,67	151,081	11,191	162,27
Прочий крс	261,531	18,681	280,21	171,934	12,281	184,22	145,046	10,360	155,41	134,856	9,633	144,49
Овцы	3,478	0,083	3,56	1,734	0,041	1,78	0,792	0,019	0,81	0,724	0,017	0,74
Козы	0,222	0,005	0,23	0,281	0,007	0,29	0,287	0,007	0,29	0,307	0,007	0,31
Лошади	3,929	0,303	4,23	4,034	0,312	4,35	4,051	0,313	4,36	3,941	0,304	4,25
Свины	7,691	20,509	28,20	5,924	15,798	21,72	5,448	14,529	19,98	5,248	13,994	19,24
Птица	0,00	3,915	3,91	0,00	3,331	3,33	0,00	2,378	2,38	0,00	2,368	2,37
Прочие												

Таблица 4.3

Эмиссия парниковых газов (закиси азота) от систем хранения и распределения навоза, Гг N<sub>2</sub>O

Источник ПГ	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Навоз	0,016	0,013	0,011	0,010

Данная категория включает ряд секторов источников: прямые выбросы закиси азота из почв, выбросы вследствие использования отходов животноводства и косвенные выбросы:

$$N_2O = N_2O_{DIRECT} + N_2O_{ANIMALS} + N_2O_{INDIRECT}$$

Расчет эмиссии N<sub>2</sub>O базируется на расчете потока азота в почву и его последующего выделения в виде N<sub>2</sub>O.

Таблица 4.4

## Эмиссия газов с косвенным парниковым эффектом от сжигания растительных остатков на полях, Гг

	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
CH <sub>4</sub>	0,332	0,310	0,218	0,268
CO	8,720	8,131	5,733	7,036
N <sub>2</sub> O	0,000	0,000	0,000	0,003
NO <sub>x</sub>	0,009	0,010	0,016	0,097

*Эмиссия от сельскохозяйственных почв*

*Прямая эмиссия закиси азота из сельскохозяйственных почв вследствие использования азотных удобрений*

Расчет выполнялся на основе данных по внесению минеральных азотных удобрений.

*Прямая эмиссия закиси азота от использования навоза как удобрения*

Основные исходные показатели – поголовье скота и доля навоза, использованного как удобрение. Учитывается доля навоза, оставшегося на пастбищах и огороженных выпасах, а также использованного как топливо (в Республике Беларусь не представлено).

*Прямая эмиссия вследствие выращивания азотфиксирующих культур*

Рассчитывается поступление азота по формуле

$$F_{BN} = 2 \times C_{\text{crop}} \times F_{\text{frac}} \times F_{\text{NCRBF}}$$

Расчет выполнялся на основе показателей производства зернобобовых, фракции азота (0,03) в пересчете на общую биомассу (показатель 2).

*Прямая эмиссия закиси азота от растительных остатков*

Включают эмиссию от остатков азотфиксирующих и неазотфиксирующих культур, с учетом доли сожженных и вывезенных остатков.

Основная использованная статистическая информация – производство зерновых культур, с учетом доли сухого вещества (0,85) и отношения продукции к биомассе (0,5).

В сводном виде прямая эмиссия закиси азота от почв приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Прямая эмиссия N<sub>2</sub>O от почв (помимо использования органогенных почв), Гг N<sub>2</sub>O

Тип поступления N в почву	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Азотные удобрения	12,087	3,313	5,657	5,893
Навоз (F <sub>AW</sub> )	0,011	0,008	0,006	0,006
Азотфиксирующие культуры (F <sub>BN</sub> )	0,251	0,187	0,002	0,292
Растительные остатки (F <sub>CR</sub> )	1,988	1,551	1,058	1,403
Всего	14,337	5,06	6,723	7,594

*Эмиссия закиси азота от использования осушенных торфяных почв*

Основной источник эмиссии данной группы – осушенные торфяные почвы, используемые в сельском хозяйстве. Эмиссия от этой категории источников рассчитывалась исходя из площадей осушенных торфяников, используемых в сельском хозяйстве, и по коэффициенту эмиссии закиси азота (5 кгN/га).

Руководство МГЭИК по инвентаризации рекомендует учитывать почвы с мощностью органогенного горизонта не менее 40 см. Исходя из структуры статистической информации (данные Белгипроводхоза), нами учитывались почвы с торфяным горизонтом 30 и более см.

Информация по площадям осушенных торфяников не обобщается ежегодно. Нами использованы данные за 1992 г. (для 1990 г.) и за 1996 г. (для 1995, 1999 и 2000 гг.).

Таблица 4.6

Эмиссия N<sub>2</sub>O от обработки торфяных почв, Гг N<sub>2</sub>O

	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Эмиссия N <sub>2</sub> O (тыс.т N <sub>2</sub> O/год)	7,181	6,691	6,691	6,691

*Эмиссия закиси азота при выпасе скота*

В данной категории учитываются эмиссии на пастбищах и огороженных выпасах. Основной показатель – поголовье скота и доля навоза, остающегося на пастбище.

Таблица 4.7

Эмиссия закиси азота при выпасе скота, Гг N<sub>2</sub>O

1990	1995	1999	2000
0,003	0,002	0,002	0,002

Косвенная эмиссия закиси азота от использования азотсодержащих веществ в сельском хозяйстве.

Включает:

- эмиссию вследствие атмосферных выпадений соединений азота,
- эмиссию вследствие выщелачивания соединений азота из почв.

Эмиссии закиси азота вследствие атмосферных выпадений соединений азота, и вследствие выщелачивания соединений азота из почв рассчитываются исходя из объемов использования минеральных удобрений и навоза.

Таблица 4.8

Косвенная эмиссия закиси азота вследствие выпадений аммиака и оксидов азота и выщелачивания соединений азота из почв, Гг N<sub>2</sub>O

	1990	1995	1999	2000
Выпадения	1,076	0,295	0,504	0,525
Выщелачивание	8,066	2,216	3,776	3,933
Всего	9,142	2,511	4,280	4,458

Суммарная эмиссия закиси азота из сельскохозяйственных почв приведена в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Суммарная эмиссия из сельскохозяйственных почв, Гг N<sub>2</sub>O

	1990	1995	1999	2000
Прямая эмиссия	14,338	5,06	6,724	7,595
Использование органогенных почв	7,181	6,691	6,691	6,691
Выпас	0,003	0,002	0,002	0,002
Косвенная эмиссия	9,143	2,511	4,281	4,459
Всего	30,665	14,264	17,698	18,747

Основной источник эмиссии метана на территории Республики Беларусь – животноводство (89%), в первую очередь - внутренняя ферментация крупного рогатого скота (86%).

Основные источники закиси азота – прямые эмиссии от торфяных почв (36%) и использование азотных минеральных удобрений (32%), а также не прямые эмиссии закиси азота (24%), также, главным образом, вследствие использования азотных минеральных удобрений (рис. 4.1).

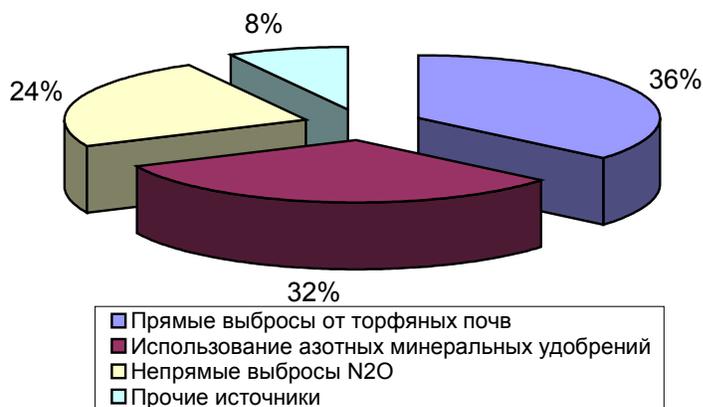


Рис. 4.1. Структура источников эмиссии закиси азота

В целом характерен нисходящий тренд эмиссии основных ПГ. В особенности это относится к метану: эмиссия сократилась с 529,7 тыс. т в 1990 г. до 334,1 тыс. т в 2000 г. (на 37%). Эмиссия закиси азота сократилась с 30,6 тыс. т в 1990 г. до 14,2 тыс.т. в 1995 г. (на 53,6%); в то же время к 2000 г. она возросла до 18,6 тыс.т. (на 31%) вследствие роста использования азотных минеральных удобрений, что видно из рис. 4.2.

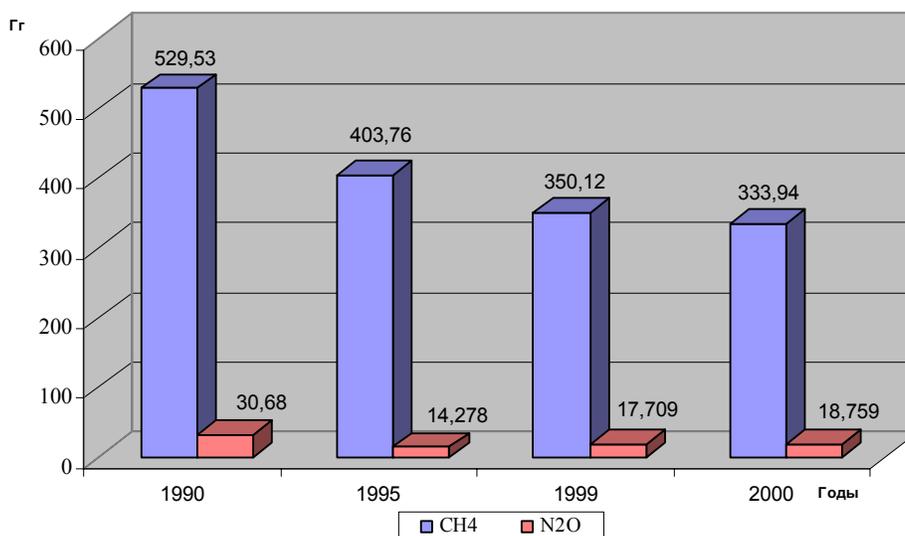


Рис. 4.2. Эмиссия парниковых газов в сельском хозяйстве

Неопределенность оценок эмиссии ПГ складывается, в первую очередь, из неопределенности исходной статистической информации и из неопределенности коэффициентов эмиссии. В большинстве случаев вторая неопределенность существенно превосходит первую. Поскольку коэффициенты эмиссии получены в основном из руководящих документов МГЭИК, их неопределенность принята согласно этим документам, и в большинстве случаев находится в пределах 20%. Неопределенность статистической информации, в большинстве случаев, в пределах 3-10%.

## 5. ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В глобальном аспекте к стокам и эмиссиям углекислого газа могут приводить три наиболее важных типа изменений в землепользовании и методах ведения хозяйства:

- изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы;
- конверсия лесных и луговых угодий;
- прекращение эксплуатации земель.

Таким образом, источниками и стоками парниковых газов являются процессы, трансформирующие биомассу и почву. При этом в некоторых ситуациях происходит выделение также малых газовых составляющих атмосферы  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}_x$ , причастных к формированию парникового эффекта.

Источниками информации для расчетов являются материалы государственной и ведомственной статистической отчетности, справочники, методические руководства, различные фондовые материалы, данные публикаций и т.д., а также результаты исследований исполнителей по этой проблематике: Биогеоэкологическое разнообразие Беларуси: Информационно-моделирующая система /Сачок Г.И., Татянок Д.В., Коляда В.В. и др. – Минск, 1996.- 240с., а также материалы и результаты исследований по территориально и типологически распределенной оценке продуктивности и параметров биогенного круговорота химических элементов в экосистемах Беларуси.

Состав информации и данных по модулю весьма обширный, разнообразный и многоплановый. При этом по многим вопросам статистические материалы неполные, разнородные и трудносопоставимые. По ряду частных вопросов получены лишь косвенные оценки показателей.

### 5.1. Расчет стока и эмиссии диоксида углерода в разных типах экосистем

Объектом исследования (оценки) являются: а) изменения землепользования и б) лесное хозяйство. Наиболее мощным агентом – резервуаром и стоком  $\text{CO}_2$  является лесная биомасса и ее продукция, в частности, прирост древесины, определяющий прирост биомассы в целом. Он зависит от породного состава древостоя, полноты, бонитета, развития нижних ярусов леса и других факторов.

В географическом отношении леса страны принадлежат к лесам умеренных широт. При этом имеют хорошо выраженную широтную зональность, где с севера на юг прослеживаются три подзоны: широколиственно-еловых, дубово-темнохвойных, елово-грабовых дубрав (грабово-дубово-темнохвойных) и широколиственно-сосновых (грабовых дубрав). На 01.01.2000 г. общая площадь лесного фонда составила 9007 тыс.га. Лесистость страны (36,3%) близка к оптимальной. В течение XX столетия она была несколько выше современного. Однако это было время стремительного снижения вплоть до 40-60-ых годов, когда ее значение упало ниже 20%. В послевоенный период лесистость страны постоянно увеличивается.

Землепользование включает такие крупные сектора как сельское хозяйство (9257,7 тыс. га), лесное хозяйство (8436,8 тыс. га), при общей площади земель – 20759,9 тыс.га. На болота приходится 964,3 тыс.га (на 01.02.2001г.). Структура земельного фонда довольно динамична. Так, за пять лет (1996-2000гг. ) существенно сократилась площадь земель сельскохозяйственных предприятий и граждан (на 1152,9 тыс.га). Часть этих земель и земель

других категорий перешло в категорию природоохранных территорий. Произошло также зарастание части площадей сенокосов и пастбищ на неудобьях и в поймах рек кустарником и мелколесьем. Так же значимы изменения площадей и в других направлениях землепользования.

Таким образом, в секторе «Землепользование и сельское хозяйство» в аспекте стоков и эмиссий CO<sub>2</sub> наиболее важным являются три типа изменений землепользования:

- изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы;
- конверсия лесных и луговых угодий;
- прекращение эксплуатации земель (полностью или частично).

Эти изменения связаны с биомассой и почвами. Их оценка осуществляется посредством выполнения 3 алгоритмов вычислений для каждого из четырех лет.

Основным стоком CO<sub>2</sub> является его депонирование в биомассе лесов.

Для получения точной оценки нами используется достаточно детальная структурная схема распределения лесных площадей. Различаются три типа древесных пород (хвойные, твердолиственные, мягколиственные)\* шесть возрастных групп (молодняки I класса, молодняки II класса, средневозрастные, приспевающие, спелые, перестойные), всего 18 категорий (рис. 5.1., 5.2.). Для них были определены площади (тыс.га), ежегодная скорость роста - среднегодовой прирост (в т. сухой массы/га), доля углерода в сухой биомассе (D принята равной 0,5 для всех категорий биомассы).

Общее поглощение углерода (E, тыс. т. C) рассчитывалось по формуле:

$$E = \sum_1^{18} A * B * D$$

Изменения в лесах, как резервуарах древесной биомассы, состоят в заготовках древесины и конверсии биомассы при сжигании и окислении. Различаются две категории заготовки древесины: рубки главного пользования и рубки ухода и санитарные. Часть древесины расходуется на дрова, соответственно: 12 и 10% от объема рубок по категориям. У нас принято значение конверсионного коэффициента ликвидной древесины (м<sup>3</sup> – сухой биомассы) равное 0,7 (рекомендованы в Руководстве МГЭИК значения 0,88; 0, 95; 1,0). Вычислительный алгоритм H=F\*G, где F – ликвидная древесина (тыс.м<sup>3</sup> круглого леса), G – конверсионный коэффициент, H – общая биомасса, вывезенная из леса, (тыс.т. сухой массы).

Расчищенная биомасса (E) при конверсии лесных и луговых угодий за 10 лет определяется по формуле:

$$E=A*D \text{ при } D=B-C,$$

где A - ежегодно конвертируемая площадь, тыс.га; D – нетто-изменение плотности биомассы, тыс.т сухой массы/га; B – биомасса до конверсии; C – биомасса после конверсии земель, т сухой массы/га.

Рассчитываются, как доли, количество биомассы, сжигаемой на месте, окисляющейся на месте, сжигаемой не на месте.

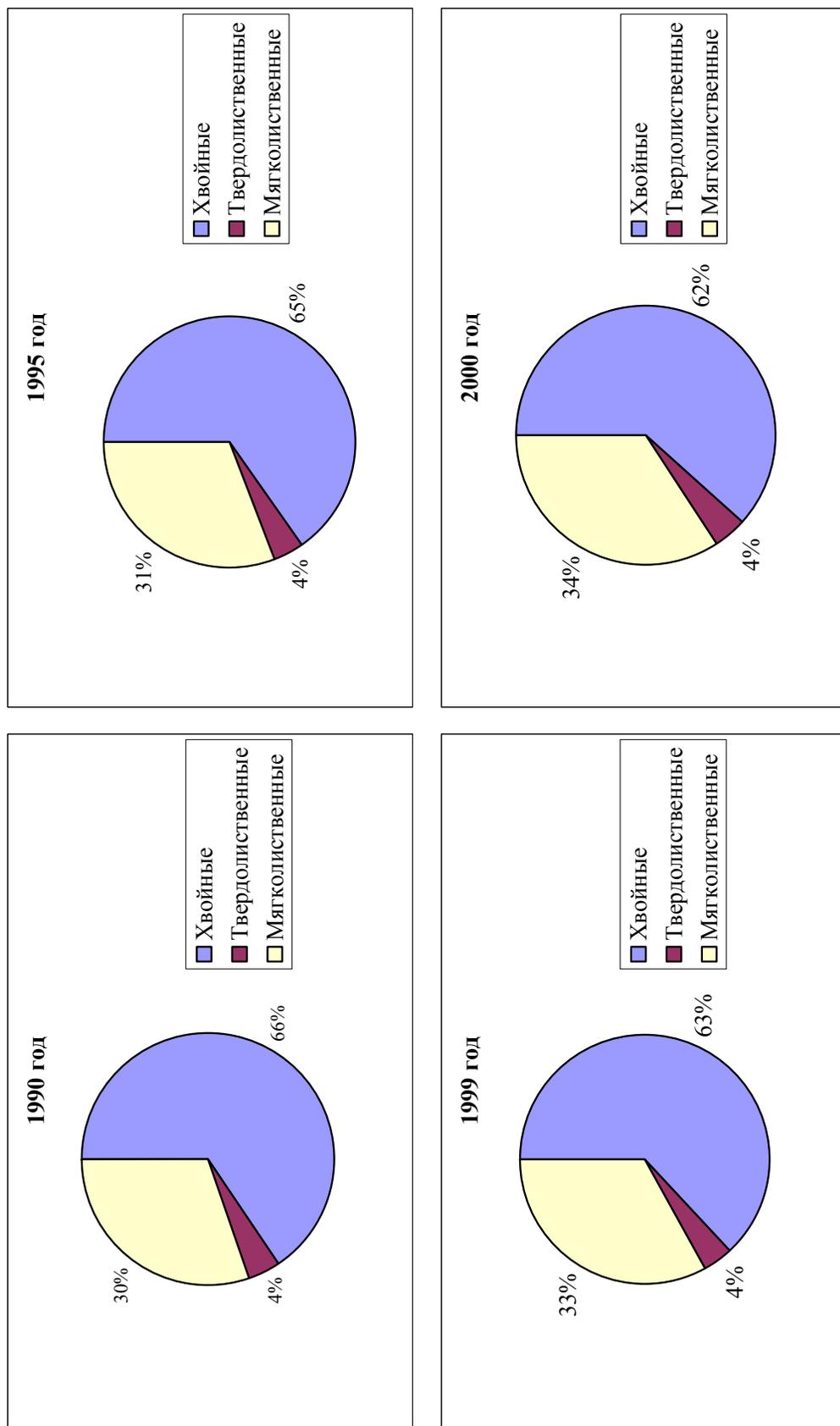


Рис. 5.1 . Изменение породного состава лесов

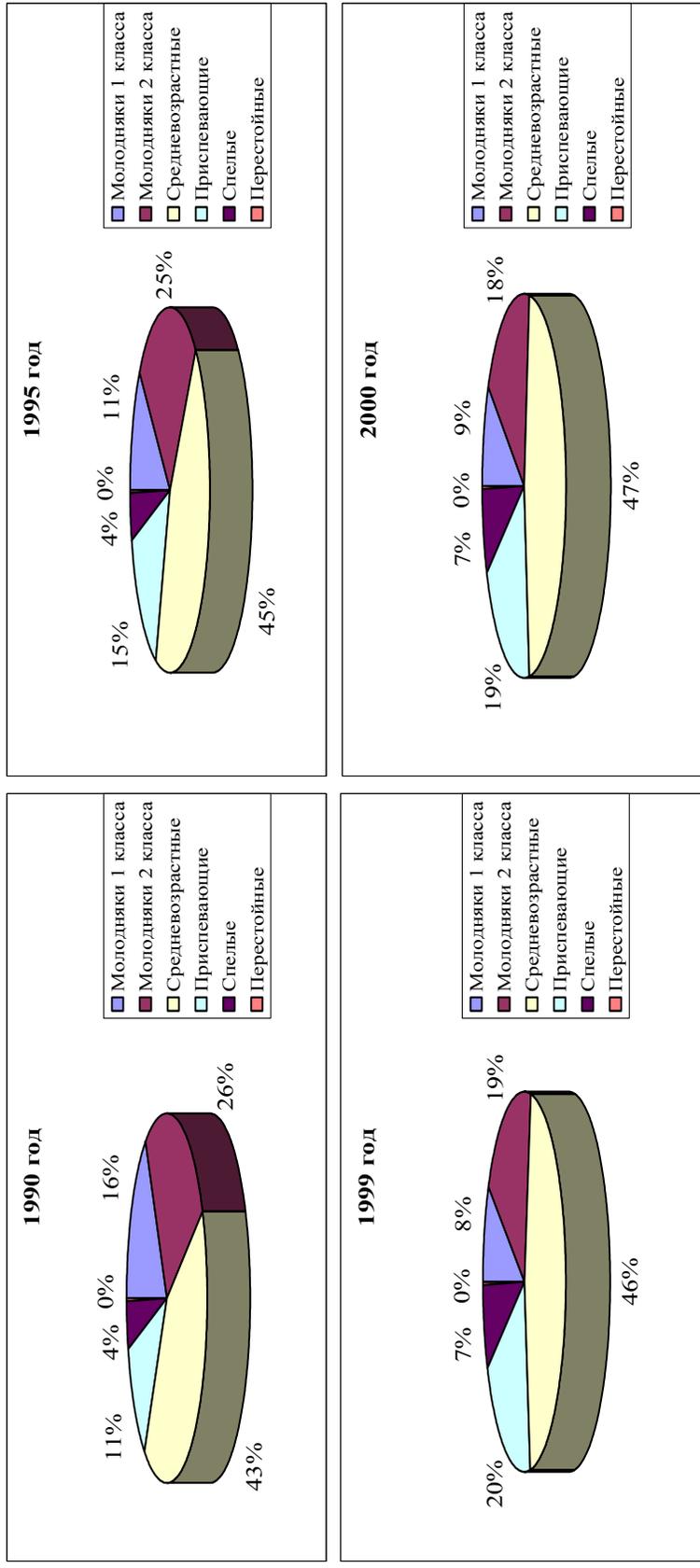


Рис. 5. 2. Возрастная структура лесов

Конверсия лесных и луговых угодий за 10 лет характеризуется средней конвертируемой площадью  $A$ , тыс. га, биомассой до конверсии ( $B$ ) и ( $C$ ) (т сухой массы/га) после конверсии для каждого типа угодий (лес, луг). Оцениваются нетто-изменение плотности биомассы  $D=B-C$ , среднегодовая потеря биомассы  $E=A*D$ , а также количество биомассы, оставленной разлагаться –  $G=F*i$ , где  $F$  – доля, оставленная разлагаться,  $i$  – количество освобожденного углерода, тыс.т  $C$ ;  $i = G*H$ , где  $H$  – доля углерода в биомассе. Далее определяются немедленное высвобождение при сжигании, отложенная эмиссия от разложения и рассчитывается общегодовое высвобождение углерода и его эквивалент в  $CO_2$ .

При сжигании лесной биомассы на месте произрастания происходит эмиссия малых газовых компонент –  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ . При этом эмиссии  $CH_4$  и  $CO_2$  оцениваются как доли потока углерода, высвобождаемого при горении. Азот оценивается по отношению  $N/C$  в сухой биомассе,  $NO_2$  и  $NO_x$  - как доли от оценки азота.

Вывод земель из эксплуатации может сопровождаться заметными стоками, эмиссиями или эти эффекты могут отсутствовать. В основе оценки лежит предположение, что почвы возвращаются к естественному состоянию. Рассчитываются две компоненты: годовая аккумуляция углерода надземной фитомассы на землях, заброшенных менее 20 лет назад, и то же на землях заброшенных в период более 20 и менее 100 лет. Эти показатели изменяются по годам. После 1990 г. идет восстановление лесов, сопровождающееся стоком  $CO_2$ , характеризующееся по годам возрастающим трендом.

Оценка изменения содержания углерода в минеральных почвах производится для двух групп почв: интенсивно эксплуатируемых и неинтенсивно эксплуатируемых.

В итоге получается нетто изменение – сток почвенного углерода за 20 лет.

При расчете величины эмиссии  $CO_2$  при известковании почв данные по типам материалов пересчитаны на  $CaCO_3$ . Величины эмиссии приводятся по отчетным годам.

## 5.2. Оценка эмиссии диоксида углерода с осушенных торфяных почв

В настоящее время в Республике Беларусь площади осушенных болот составляют около 1,4млн. га. Продолжая оставаться в осушенном состоянии, они не могут выполнять аккумулятивную функцию, так как вследствие интенсивной аэрации остаточного торфяного слоя и уничтожения болотных растений процессы аккумуляции торфа не идут, а процессы минерализации ведут к поставке дополнительных количеств углекислого газа в атмосферу за счет его высвобождения из органического вещества (ОВ) торфа, отложенного в древние эпохи.

Чем ниже уровень грунтовых вод (УГВ), тем в большей зоне идут процессы биохимической минерализации торфа с выделением в атмосферу углекислого газа. Образующиеся при этом водорастворимые соединения типа фульвокислот и другие выносятся водными потоками за пределы торфяной залежи. Часть органогенного слоя с осушенных торфяных почв выносятся ветром при развитии дефляционных процессов. Большая часть произведенного сельскохозяйственными растениями органического вещества отчуждается с полей в виде урожаев, а остающихся на полях послеуборочных растительных остатков недостаточно для восполнения минерализованного и вынесенного ветром органического вещества почвы. По этим причинам годовой баланс ОВ на таких угодьях отрицателен. Верхняя осушенная часть торфяной залежи уменьшается в среднем на 1-2 см в год [4], и все новые слои залежи выводятся из геологического круговорота в биогенный.

Здесь торф разрушается до диоксида углерода, аммиака, воды и других конечных продуктов минерализации. Это означает, что в процессе сельскохозяйственного использования мелиорированных торфяных почв и площадей выработанных торфяных месторождений углерод из геологического круговорота переходит в биогенный, поставляя в атмосферу дополнительные количества углекислого газа, выведенные из нее болотными растениями в древние эпохи.

Для определения среднестатистического процентного содержания углерода и азота в органической массе в различных группах и типах торфа Беларуси нами были проанализированы литературные источники за последние 50 лет [5-15]. Результаты представлены в табл. 5.1.

Из табл. 5.1. следует, что количественные показатели среднего содержания углерода и азота в торфе низинного и верхового типов Беларуси близки к данным по низинному и верховому типам торфа России, представленным в монографии И. И. Лиштвана, Н. Т. Короля [44]. Данные таблицы по переходному типу мы не анализировали из-за небольшого объема выборки, а пользовались данными, представленными в монографии [44].

Таблица 5.1

Среднестатистическое содержание углерода и азота по группам и типам торфа, % к ОВ

Группа торфа	Количество образцов	Среднее статистическое		Минимальное значение среднестатистического		Максимальное значение среднестатистического		Стандартная ошибка	
		С	N	С	N	С	N	С	N
<b>Низинный тип</b>									
Травяно-моховая	6	4	-	58	-	58,6	-	0,14	-
		58,3	3,1	-	2,6	-	3,9	-	0,19
Травяная	7	58,6	-	54,3	-	61,9	-	1,17	-
	45	-	3,1	-	1,9	-	4,6	-	0,08
Древесно-моховая	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Древесно-травяная	1	-	2,3	-	2,3	-	2,3	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	3,0	-	2,3	-	3,4	-	0,17
Древесная	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	3,1	-	2,3	-	3,7	-	0,16
Среднее по типу	11	58,5	-	54,5	-	61,9	-	6,68	-
	68	-	2,9	-	1,9	-	4,6	-	0,06
<b>Переходный тип</b>									
Моховая	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	1,7	-	1,7	-	1,7	-	-
Травяная	3	49	-	40,2	-	62,1	-	-	-
	1	-	2,0	-	2,0	-	2,0	-	6,68
Древесно-травяная	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	1,9	-	1,9	-	1,9	-	-

Продолжение таблицы 5.1

Группа торфа	Количество образцов	Среднее статистическое		Минимальное значение среднестатистического		Максимальное значение среднестатистического		Стандартная ошибка	
		С	N	С	N	С	N	С	N
Древесная	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	1,9	-	1,9	-	1,9	-	-
Среднее по типу	3	49	-	40,2	-	62,1	-	0,72	-
	4	-	1,9	-	1,7	-	2,0	-	0,06
Верховой тип									
Моховая	52	51,3	-	42,7	-	60,5	-	0,42	-
	39	-	0,9	-	0,4	-	1,6	-	0,04
Травяно-моховая	27	53,8	-	42,3	-	63,8	-	0,73	-
	10	-	1,2	-	0,9	-	1,7	-	0,08
Травяная	11	60,2	-	56,3	-	63,5	-	-	-
	6	-	1,2	-	0,9	-	1,5	-	-
Древесно-моховая	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	1,21	-	1,21	-	1,21	-	-
Древесно-травяная	1	60,4	-	60,4	-	60,4	-	-	-
	1	-	1,1	-	1,1	-	1,1	-	-
Древесная	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	1,2	-	1,2	-	1,2	-	-
Среднее по типу	91	56,4	-	42,3	-	63,8	-	0,45	-
	58	-	1,1	-	0,4	-	1,7	-	0,04

В Беларуси наблюдения за динамикой ОБ в мелиорированных торфяных почвах проводятся с 1913 г., и к настоящему времени опубликовано более 125 экспериментальных результатов. По обобщенным данным [4,16-43], достоверные среднестатистические потери ОБ составляют: 3,5-4,4 т/га в год при возделывании многолетних трав, зерновых культур - 6,0 т/га, пропашных - 9,8 т/га. Если торфяная залежь осушена, но на ней не возделываются сельскохозяйственные культуры, то потери органического вещества увеличиваются до 11,1 т/га, потому что в почву поступает мало корневых и надземных растительных остатков.

Ежегодные потери органического вещества, азота, углерода и эмиссия углекислого газа в атмосферу из осушенных торфяных почв при различных способах использования осушенных, в том числе и выработанных, торфяных месторождений представлены в табл.5.2.

Таким образом, максимальные потери органического вещества (10 – 11,1 т/га в год), углерода (5,8 – 6,4 т/га в год) и азота (0,3 т/га в год) дают осушенные, но не используемые в сельском хозяйстве торфяные месторождения, в первую очередь – выработанные в процессе добычи торфа и их крайки, а также торфяные почвы, занятые пропашными культурами ( $9,8 \pm 1,6$ ;  $5,7 \pm 0,9$ ;  $0,3 \pm 0,05$  соответственно). Минимальные потери органического вещества ( $3,6 \pm 1,0$ ), углерода ( $2,0 \pm 0,3$ ) и азота ( $0,1 \pm 0,02$ ) дают осушенные торфяные почвы, занятые посевами многолетних трав.

Структура посевных площадей на мелиорированных торфяных почвах зависит от мощности торфяного слоя. На почвах с мощностью торфяного слоя в осушенном состоянии более 1 м рекомендуются зерно-травяные севообороты с 40-50% зерновых культур и 50-60%

Таблица 5.2

**Потери органического вещества, азота, углерода и эмиссия углекислого газа в атмосферу  
из осушенных торфяных почв Беларуси при различных способах использования, т/га в год**

Возделываемые культуры	Количество опытов	Колебания	Потери органического вещества ( $X \pm m_{0,95}$ )	Потери углерода	Эмиссия CO <sub>2</sub> в атмосферу	Потери азота	Возможное количество NO <sub>3</sub>
Все виды культур в среднем по Беларуси	125	1,7-15,9	6,7±0,6	3,9±0,3	14,3±1,3	0,2±0,02	0,7±0,06
Многолетние травы:							
все результаты	36	1,7-11,1	4,4±1,0	2,6±0,6	9,4±2,1	0,1±0,03	0,4±0,1
разное осушение *	34	1,7-8,8	3,7±0,8	2,1±0,5	7,9±1,7	0,1±0,02	0,4±0,08
нормальное осушение **	31	1,7-6,8	3,5±0,6	2,0±0,3	7,5±1,3	0,1±0,02	0,4±0,06
Зерновые культуры	12	3,5-10,3	6,0±1,1	3,5±0,6	12,8±2,3	0,2±0,03	0,6±0,1
Пропашные культуры	16	5,5-15,9	9,8±1,6	5,7±0,9	20,9±3,4	0,3±0,05	1,0±0,2
Севообороты полевые:	66	3,5-15,3	7,0±0,8	4,0±0,5	14,9±1,7	0,2±0,02	0,7±0,08
Севообороты пропашные	87	3,5-15,9	7,7±0,8	4,5±0,5	16,4±1,7	0,2±0,02	0,8±0,08
Осушенная целина			10,0	5,8	21,3	0,3	1,0
(данные А.З. Барановского [19, 20])			11,1	6,4	23,6	0,3	1,1

\* Уровни грунтовых вод 0,5-2,5 м

\*\* Уровни грунтовых вод 0,5-1,5 м

\*\*\* Уровни грунтовых вод 0,5-0,9 м

многолетних трав; для расчета принято соответственно 40 и 60%. На почвах с мощностью торфяного слоя менее 1 м рекомендуется возделывание преимущественно многолетних трав с возделыванием зерновых культур в период между перезалужением, что соответствует севообороту с 80% многолетних трав и 20% зерновых и других однолетних культур.

При этих условиях ежегодный расход ОВ с 1 га севооборотной площади с мощностью торфяного слоя менее 1 м составит:

$$3,6 \times 0,8 + 7,0 \times 0,2 = 4,28 \approx 4,3 \text{ т/га};$$

а для почв с мощностью торфяного слоя более 1 м соответственно:

$$3,6 \times 0,6 + 7,0 \times 0,4 = 4,96 \approx 5,0 \text{ т/га}.$$

При расчете эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу с осушенных торфяных почв используются коэффициенты:

$K_{\text{CO}_2}$  - коэффициент перевода углерода в углекислый газ;

$K_c$  - коэффициент содержания углерода в органическом веществе.

Расчет общих потерь органического вещества торфа с осушенных торфяных почв определяется по формуле:

$$P_{\text{орг.}} = P \times S$$

где  $P$  – ежегодные потери органического вещества, т/га;  $S$  – площадь осушенных торфяных почв, га.

Расчет эмиссии углекислого газа с осушенных торфяных почв определяется по формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = P_{\text{орг.}} \times K_c \times K_{\text{CO}_2}$$

где:  $K_c$  – коэффициент содержания углерода в органическом веществе;  $K_{\text{CO}_2}$  – коэффициент перевода углерода в углекислый газ ( $\approx 3,67$ ).

Основной вывод из представленных материалов состоит в следующем: за последние 10 лет не было осушено ни одного гектара новых торфяных почв. Однако, за этот период около 33 тыс. га подверглось вторичному заболачиванию из-за выхода из строя мелиоративных систем и по другим причинам. В связи с этим эмиссия диоксида углерода с мелиорированных торфяных почв за последние 10 лет уменьшилась на 286,1 тыс. т по отношению к 1990 г. В последующие годы ожидается постепенное уменьшение эмиссии  $\text{CO}_2$  с мелиорированных торфяных почв за счет полного разрушения торфяного слоя и последующего повторного заболачивания деградированных земель. В настоящее время точных данных о площадях полностью деградированных торфяных почв не имеется, однако во многих местах обнаружены выходы на поверхность песков, подстилавших ранее торф.

### **5.3. Оценка эмиссии диоксида углерода с выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений**

Данный подмодуль рассматривает вынос углекислого газа с выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений. Под выработанным торфяным месторождением (или участком) понимается площадь, на которой прекращена добыча торфа вследствие исчерпания промышленных запасов торфа или по технологической и экономической нецелесообразности дальнейшей добычи торфа, связанной с рельефом дна месторождения, наличием высокозольных слоев торфа, трудно осушаемых участков и т.д.

В настоящее время площади выработанных торфяных месторождений и отдельных участков передаются в основном сельскому или лесному хозяйствам.

Для расчета эмиссии  $\text{CO}_2$  с выработанных торфяных месторождений необходимо иметь следующие данные:

- площадь выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений, га;
- потери органического вещества, т/га в год;
- потери углерода, т/га.

Специальных источников данных, которые давали бы всю информацию, необходимую для оценки эмиссии углекислого газа с выработанных торфяных месторождений нет. Имеются опубликованные научные данные по содержанию углерода в органическом веществе и эмиссии углекислого газа в атмосферу получены в результате обобщения ранее выполненных исследований. Необходимые данные по площадям выработанных торфяных месторождений и зольности представлены в кадастровом справочнике «Торфяной фонд Белорусской ССР» за 1979 г.; «Схеме рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь до 2010 года»; материалах Комитета лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь.

При расчете эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу с выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений используются коэффициенты:

$K_{\text{CO}_2}$  - коэффициент перевода углерода в углекислый газ;

$K_c$  - коэффициент содержания углерода в органическом веществе.

Расчет общих потерь органического вещества торфа на выработанных и разрабатываемых торфяных месторождениях определяется по формуле:

$$P_{\text{орг.}} = P \times S$$

где  $P$  – ежегодные потери органического вещества, т/га;  $S$  – площадь выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений, га.

Расчет эмиссии углекислого газа с выработанных торфяных месторождений определяется по формуле:

$$E_{\text{CO}_2} = P_{\text{орг.}} \times K_c \times K_{\text{CO}_2}$$

где:  $K_c$  – коэффициент содержания углерода в органическом веществе;  $K_{\text{CO}_2}$  – коэффициент перевода углерода в углекислый газ ( $\approx 3,67$ ).

#### **5.4. Оценка поглощения диоксида углерода из атмосферы и эмиссии метана естественными болотами**

Данный подмодуль рассматривает сток углекислого газа в естественные болотные экосистемы.

Суть механизмов поглощения или выделения  $\text{CO}_2$  состоит в следующем. Из углекислого газа и воды зеленые растения синтезируют органические вещества, используя энергию света, которая превращается в энергию химических связей. В общем виде процесс фотосинтеза может быть выражен уравнением:



В ходе этого процесса вода окисляется до кислорода, а углекислый газ восстанавливается водородом воды и превращается в углеводы [45]. Для синтеза одной грамм-молекулы глюкозы растения используют 674 ккал космической энергии. Таким путем из углекислого газа и воды в зеленых растениях создаются высокоэнергетические

органические соединения, а в атмосферу вместо потребленного углекислого газа выделяется кислород.

Преобразованная растениями энергия космоса в энергию химических связей используется в биологических процессах, прежде всего на дыхание растений, остаток же ее аккумулируется на Земле в виде гумуса, торфа, бурых и каменных углей.

В общем виде уравнение реакции разложения углеводов выглядит так:



Выделяющаяся при этом энергия есть не что иное, как ранее накопленная растениями энергия Солнца. При разложении одной грамм-молекулы глюкозы выделяется 674 ккал энергии, которую микроорганизмы используют для своих жизненных процессов. Углекислый газ поступает в атмосферу, а кислород изымается из нее и расходуется на окисление углерода.

После отмирания растений происходит минерализация их органического вещества, осуществляемая аэробными микроорганизмами с использованием кислорода воздуха. Конечными продуктами минерализации органических соединений является углекислый газ и вода, а в случае разложения азот- и серосодержащих органических соединений дополнительно образуются соответствующие оксиды.

В летнее время выделение в атмосферу углекислого газа за счет дыхания живых организмов и минерализации ОВ протекает круглосуточно, а выведение его из атмосферы в процессе фотосинтеза - только в дневное время.

Разница между поглощением и выделением углерода в этих двух противоположных процессах идет на прирост органического вещества, которое после отмирания растений трансформируется в торф, способный при наличии благоприятных геологических условий превращаться в бурый и каменный уголь. Болота выводят из атмосферы углекислый газ и, по крайней мере, частично не возвращают его обратно в течение многих тысячелетий. В отличие от этого леса и луга возвращают углекислый газ в атмосферу полностью после минерализации органического вещества отмерших растений, т.е. в течение примерно 5-500 лет. По данным [51], полученным путем постановки балансовых опытов, в белорусских болотах ежегодно превращается в торф от 5 до 15% биомассы, произведенной болотными растениями, в то время как в разных регионах Европы эта величина варьирует от 6 до 52% [52, 53]. Это означает, что не весь углерод, выведенный болотными растениями из атмосферы в процессе фотосинтеза, возвращается обратно в атмосферу. Оставшийся углерод в результате неполной минерализации аккумулируется в виде торфа.

Для оценки стока углекислого газа в болота Беларуси необходимо знать площадь болот (S) по типам залежи и количество углекислого газа ( $P_{CO_2}$ ), ежегодно выводимое из атмосферы одним гектаром болота. Площадь болот получена по данным кадастрового справочника «Торфяной фонд Белорусской ССР» за 1979 г., «Схемы рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь до 2010 года» и материалов Минприроды.

Для определения  $P_{CO_2}$  необходимо знать годовой прирост торфа. При этом использованы данные по приросту только последнего субатлантического периода, который продолжается и поныне (примерно последние 2500 лет). Эти данные получены путем обобщения собственных и литературных результатов изучения прироста торфяной залежи на разных болотах Беларуси. Для перевода линейных величин прироста торфа в весовые

необходимо знать объемный вес ( $\gamma$ ), влажность и зольность торфа и процентное содержание углерода в торфе.

Определение стока углекислого газа из атмосферы в болота, находящиеся в естественном состоянии, вычисляется по формуле, приведенной ниже.

Расчет ежегодного стока углекислого газа из атмосферы в 1 га естественного торфяного болота вычисляется по формуле:

$$P_{CO_2} = 10000 \times h \times \gamma \times K_W \times K_A \times K_C \times K_{CO_2}$$

где: 10000- переводной коэффициент с  $m^2$  в га,  $h$  – ежегодный прирост торфяного слоя, м;  $W$  – средняя влажность торфа, %;  $A$  - средняя зольность торфа, %;  $\gamma$  - плотность торфа в залежи,  $t/m^3$ ;  $K_C$  – коэффициент содержания углерода в органическом веществе;  $K_{CO_2}$  – коэффициент перевода углерода в углекислый газ ( $\approx 3,67$ ).

Коэффициент влажности вычисляется по формуле:

$$K_W = (100 - W) / 100$$

$W$  – средняя влажность по типам торфа, %;

Коэффициент зольности вычисляется по формуле:

$$K_A = (100 - A) / 100$$

$A$  - средняя зольность по типам торфа, %.

В табл. 5.3 приведены значения вышеупомянутых коэффициентов для различных типов торфа, полученные расчетным путем из источников [44, 54].

Таблица 5.3

Значения коэффициентов влажности  $K_W$ , зольности  $K_A$ , содержания углерода в органическом веществе  $K_C$  в зависимости от типов торфа

Типы торфа	$K_W$	$K_A$	$K_C$
Низинный	0,106	0,924	0,585
Переходный	0,095	0,953	0,586
Верховой	0,088	0,976	0,564

Расчет ежегодного стока углекислого газа из атмосферы в естественные торфяные болота вычисляется по формуле:

$$P_{\Sigma CO_2} = P_{CO_2} \times S$$

$S$  – площадь болот, га.

Кроме  $CO_2$  в атмосфере в небольших количествах присутствует и метан ( $CH_4$ ). Он образуется в болотах при неполном или анаэробном (без доступа воздуха) разложении органического вещества, в атмосфере метан окисляется до диоксида углерода. Метан, как полагают, имеет полезную функцию: он поддерживает стабильность озонового слоя в верхней атмосфере, который блокирует смертельно опасное ультрафиолетовое излучение Солнца [46]. Производство метана – одна из важных функций водно-болотных угодий и мелководных морей мира. Специальные работы по оценке эмиссии метана из болот в атмосферу в Беларуси не проводились. При оценке эмиссии метана в атмосферу использованы опубликованные данные зарубежных ученых [47-50]. Большой интервал значений эмиссии  $CH_4$  (0,05 – 16,61  $г/м^2$  за сезон) показывает слабую его изученность [50]. Из торфяных болот возможен залповый выброс метана, достигающий 65% от суммы всей эмиссии за вегетационный период. Поэтому для годичных региональных оценок необходимы исследования эмиссии метана в динамике и за длительный период.

Таким образом, годовая эмиссия диоксида углерода с осушенных торфяных болот на порядок больше чем сток  $\text{CO}_2$  в естественные болотные экосистемы, поэтому применительно к разработке торфяных месторождений обязательным принципом биосферно совместимого природопользования должно быть восстановление всех биосферных функций болот после завершения добычи торфа путем реабилитации торфяников (повторного заболачивания).

Результирующие значения показателей стока и эмиссий  $\text{CO}_2$  приводятся в табл. 5.4 и на рис. 5.3., 5.4. Следует отметить, что показатель общей эмиссии характеризуется нерегулярной изменчивостью, общий сток имеет возрастающий тренд.

Таблица 5.4

#### Динамика стока и эмиссии $\text{CO}_2$ , Гг

Год	Общая эмиссия	Общий сток
1990	23676,9	-36397,4
1995	18344,2	-36501,8
1999	20247	-39545,4
2000	20583,6	-39565

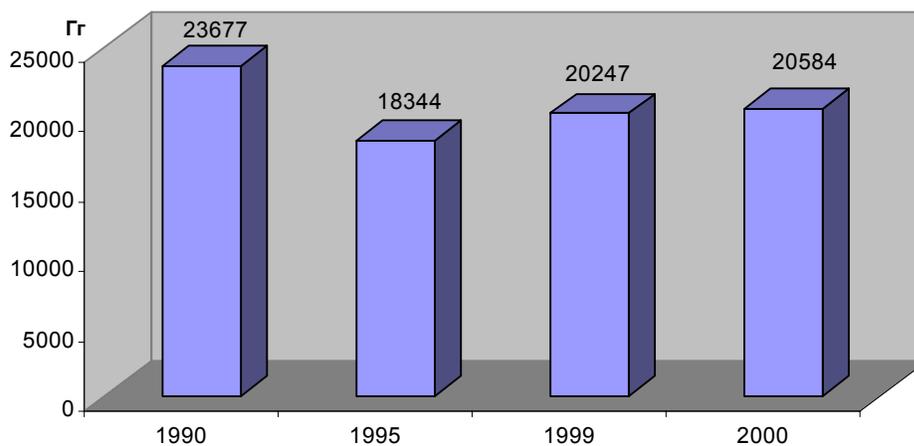


Рис. 5.3. Динамика эмиссии диоксида углерода

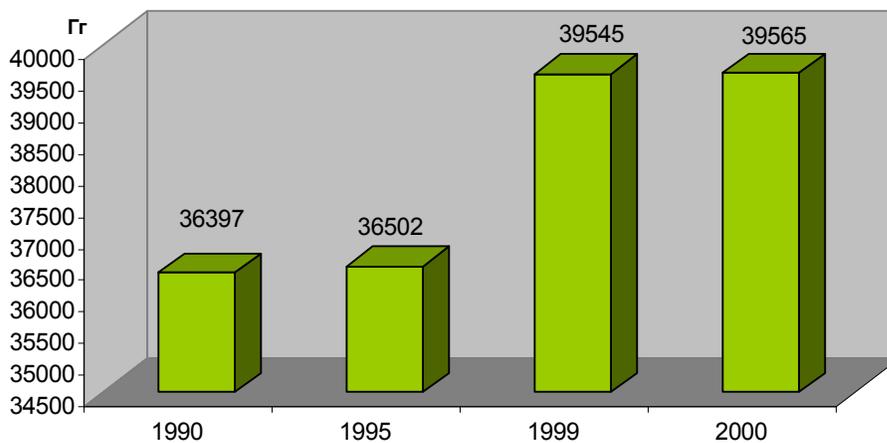


Рис. 5.4. Динамика стока диоксида углерода

Состав информации и данных по модулю характеризуется высокой транспарентностью, так как оговорены все принятые допущения по исходным данным, использованным для получения оценок, принятым допущениям об уровне агрегирования исходных данных, используемых в качестве входных в схему расчетов, различным коэффициентам, отвечающих региональной специфике, а также опыту научных исследований исполнителей в этом направлении. Фактически безоговорочно реализована методология, изложенная в рекомендованных документах и руководствах.

Согласованность результатов по годам высокая. Она обеспечивается:

- использованием единой стратегии формирования базы данных по базовому году (1990 г.) и остальным годам (1995, 1999 и 2000 гг.);
- опорой на единые основные источники данных – материалы статистической отчетности, кадастры, сборники, каталоги и т.д.;
- применением единой схемы и алгоритмов анализа данных, в частности, модельных расчетов продуктивности и запасов органического вещества с учетом его структурно-фракционного состава средствами информационно-моделирующей системы «Биогеоэкологическое разнообразие Беларуси», использованием единой системы рабочих таблиц Руководства МГЭИК в формате EXCEL.

Полнота данных недостаточна по нескольким аспектам и причинам. Так, вследствие отсутствия репрезентативных данных в лесном кадастре (и вообще) для оценки лесных экосистем использованы для 1990 г. данные по 1988 г., для 1995 – 1993 гг. данные по площадной структуре лесов 1999 г. получены интерполяцией между 1993 и 2000 гг. Возникают сложности при рассмотрении т.н. «дачного строительства», которое осуществлялось на различных категориях земель – лесных, кустарниковых, в т.ч. заболоченных неудобьях, пахотных землях колхозов и совхозов и др. Динамика  $\text{CO}_2$  в этом секторе неоднозначна: на стадии освоения превалировала эмиссия  $\text{CO}_2$ , заметную роль мог играть также сток древесной и кустарниковой растительностью (фактические данные не доступны).

В целом, нашим исследованием охвачено 90% территории страны (без городских территорий, сельских населенных пунктов, водных, транспортных и некоторых других объектов).

Полученные данные являются достаточно точной оценкой стоков и эмиссий в данном модуле. Выполненный анализ использованных материалов позволяет считать полученную оценку стоков и эмиссий достаточно репрезентативной, с неопределенностью, не превышающей 10% по эмиссии  $\text{CO}_2$  и около 7% по стоку  $\text{CO}_2$ .

## 6. ОТХОДЫ

Основными источниками эмиссии парниковых газов, связанными с отходами являются захоронение и сжигание твердых отходов, а также очистка сточных вод.

В Беларуси захоронение твердых отходов осуществляется, как в большинстве стран, на объектах размещения отходов. В настоящее время отходы не сжигаются, т. к. единственный мусороперерабатывающий завод в Республике Беларусь прекратил сжигание твердых коммунальных отходов в 1990 г. Очистка сточных вод производится на очистных сооружениях биологическим методом в аэробных условиях.

В качестве источников эмиссии парниковых газов в данном модуле рассматриваются:

объекты размещения коммунальных отходов -	CH <sub>4</sub>
сточные воды:	
промышленные –	CH <sub>4</sub>
бытовые –	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O

Источники информации:

- владельцы объектов размещения коммунальных отходов и очистных сооружений – предприятия жилищно-коммунального хозяйства и водоканалы, спецавтохозяйства, предприятия и др. Информация запрашивалась либо непосредственно у владельцев объектов, либо через горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды;

- Государственный водный кадастр за 1996 – 2000 гг.;

- отчеты НИР «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ» о результатах проведенных работ в области обращения с отходами [16];

- данные Министерства статистики и анализа Республики Беларусь.

Исходная информация приведена в таблицах 6.1. – 6.2.

### 6.1 Захоронение твердых отходов на объектах размещения коммунальных отходов

Материалы исследований объектов размещения коммунальных отходов показали, что в республике большинство из них по расположению, обустройству, условиям эксплуатации не в полной мере отвечают нормативным экологическим и санитарным требованиям.

В соответствии с рекомендациями Руководства МГЭИК 1996 г. по степени метанообразования объекты размещения коммунальных отходов подразделяются на управляемые и неуправляемые, причем последние – на глубокие (>5м) и неглубокие (<5м).

Согласно определению управляемости объектов размещения коммунальных отходов, в республике все объекты размещения коммунальных отходов относятся к неуправляемым из-за неполной обустроенности (главным образом из-за отсутствия «продувки» – вентиляции). Поэтому собранная информация представлена о двух источниках выделения метана: от объектов размещения коммунальных отходов глубоких - с высотой отвала > 5м и объектов размещения коммунальных отходов мелких - < 5м.

На объектах размещения коммунальных отходов захораниваются не только коммунальные отходы, но и отходы промышленных предприятий, причем объем последних может достигать 50-70% от общего объема отходов.

В числе отходов производства есть органосодержащие отходы: отходы производства пищевых продуктов; древесные отходы; кожевенные и др.

Согласно рекомендациям МГЭИК учитываться должны твердые коммунальные отходы, в состав которых включаются: бытовые (от населения); отходы, образующиеся в садах, парках и тому подобных местах; отходы торговой и иной коммерческой деятельности.

Типовая (используемая «по умолчанию») методика позволяет рассчитать эмиссии  $\text{CH}_4$  на основании трех основных параметров:

А - количества твердых коммунальных отходов, захораниваемых на объектах размещения коммунальных отходов различных категорий;

В - доли органического углерода, подверженного разложению, и его фактически разложившегося количества;

С - доли  $\text{CH}_4$  в образующемся на объектах размещения коммунальных отходов газе.

#### *6.1.1. Оценка общего объема захоронения на объектах размещения коммунальных отходов*

Исходные данные, необходимые для оценки эмиссий метана от объектов размещения коммунальных отходов за 1990 г. скомпонованы нами из двух источников: инвентаризаций объектов размещения отходов, проведенных в 1989 г. Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь (Минжилкомхоз) и в 1992 г. – Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии НАНБ (ИПИПРЭ НАНБ).

В материалах инвентаризации Минжилкомхоза приведены данные о занимаемой площади, сроках эксплуатации объектов размещения коммунальных отходов и объемах накопившихся отходов. В этих материалах отсутствует информация о ежегодном количестве поступления отходов на объекты размещения коммунальных отходов и соотношении коммунальных и промышленных отходов, захораниваемых на объектах размещения коммунальных отходов. Эти сведения содержатся в материалах инвентаризации объектов размещения отходов, проводившейся в 1992 г. ИПИПРЭ НАНБ.

Знание объемов накопившихся отходов на определенной территории к 1989 г. позволили с некоторой долей условности вычислить высоту отходов и по этому критерию разделить объекты размещения коммунальных отходов на глубокие (высота > 5м) и мелкие (высота < 5м). При этом учитывались возможные объемы накопления за 1989 и 1990 гг. В результате установлено, что в республике функционировало 39 объектов размещения коммунальных отходов глубоких и 115 - мелких. На глубоких объектах размещения коммунальных отходов в 1990 г. ежегодное захоронение отходов составляло 1250,8 Гг (таблица 6.1), на мелких объектах размещения коммунальных отходов - 507,150 Гг (таблица 6.2); общее количество захороненных отходов – 1757,95 Гг.

Исходной и достаточно полной информацией об ежегодном захоронении отходов на объектах размещения коммунальных отходов за 1995 г. послужили материалы инвентаризации, проведенной в 1995 г. Белорусским научно-исследовательским центром «Экология» («БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ»). В 1995 г. насчитывалось 27 глубоких объектов размещения коммунальных отходов, на которых захоранивалось 1250,72 Гг коммунальных отходов и 135 мелких объектов размещения коммунальных отходов, на которых захоранивалось 580,398 Гг коммунальных отходов; общее количество захораниваемых отходов составило 1831,118 Гг.

Сокращение числа глубоких объектов размещения коммунальных отходов в 1995 г. по сравнению с 1990 г. при общем увеличении их численности связано с тем, что некоторые

крупные объекты размещения коммунальных отходов (в гг. Бресте, Каменце) исчерпали резерв вместимости и были закрыты для захоронения отходов. Вместо них для обслуживания этих городов начали эксплуатироваться объекты размещения коммунальных отходов на новых территориях, где при значительном годовом поступлении отходов высота их еще не достигла 5 м и эти объекты размещения коммунальных отходов отнесены в категорию неглубоких (менее 5 м).

Таблица 6.1

Накопление коммунальных отходов на объектах размещения коммунальных отходов с высотой отвала более 5 метров

Количество отходов в год, Гг				
область	1990	1995	1999	2000
Брестская	189,195	143,970	218,175	194,950
Витебская	156,605	232,200	176,850	199,900
Гомельская	160,460	157,610	208,775	186,181
Гродненская	125,320	183,860	135,475	141,775
Минская	467,535	388,840	854,592	906,995
Могилевская	151,710	144,240	242,850	214,025
Всего по республике	1250,825	1250,720	1836,717	1843,826

Таблица 6.2

Накопление коммунальных отходов на объектах размещения коммунальных отходов с высотой отвала менее 5 метров

Количество отходов в год, Гг				
область	1990	1995	1999	2000
Брестская	87,884	185,035	120,967	173,783
Витебская	72,235	96,621	57,886	57,297
Гомельская	102,885	56,550	84,665	78,730
Гродненская	67,620	60,220	82,162	87,861
Минская	123,166	109,992	134,154	139,924
Могилевская	53,360	71,980	72,170	71,786
Всего по республике	507,150	580,398	552,004	609,381

Исходной информацией о ежегодном захоронении коммунальных отходов на обоих типах объектов размещения коммунальных отходов за 1999 и 2000 гг. служили, главным образом, данные Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, дополненные и откорректированные по материалам, полученным на запросы по объектам. При этом, следует отметить, что Министерством статистики и анализа Республики Беларусь ведется учет отходов от населения и отходов от организаций и промышленных предприятий. Во вторую группу попадают отходы от объектов общественного назначения, культурно-бытовых и торговых, в т.ч. коммерческих учреждений, а также отходы промышленных предприятий. При отсутствии информации об объемах захоронения на объектах размещения коммунальных отходов специфических отходов промышленного производства в состав

коммунальных отходов для подсчета эмиссий  $\text{CH}_4$  включены отходы от населения и 50% отходов от организаций и предприятий.

По данным инвентаризации в 1999 г. функционировало 25 глубоких и 112 мелких объекта размещения коммунальных отходов; в 2000 г. – 25 глубоких и 154 мелких объекта размещения коммунальных отходов. С 1995 г. по 1999-2000 гг. наблюдается тенденция роста количества захораниваемых отходов - общее количество отходов в 2000 г. составило 2453,207 Гг. (рис.6.1).

Увеличение захораниваемых отходов в 1999 и 2000 гг. по сравнению с 1990 и 1995 гг. объясняется ужесточением контроля за вывозом отходов на объекты размещения коммунальных отходов в населенных пунктах и взятием на учет ранее неучтенных объектов размещения коммунальных отходов – в основном это небольшие объекты размещения коммунальных отходов районных центров и поселков городского типа.

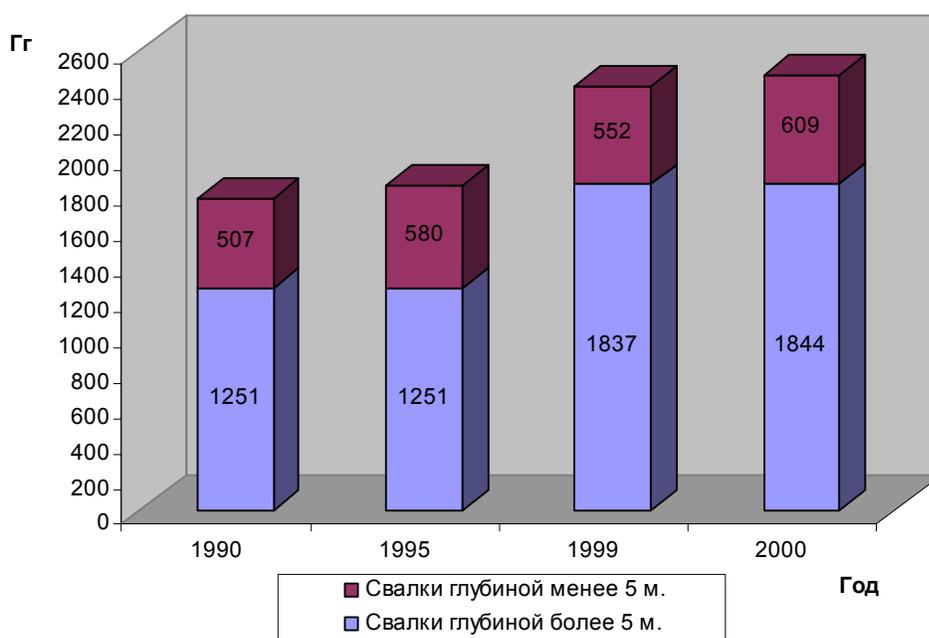


Рис. 6.1. Динамика накопления коммунальных отходов

### 6.1.2. Определение коэффициента коррекции эмиссии метана

Согласно Руководству МГЭИК типичные значения коэффициентов коррекции потоков метана (MCF) для глубоких и неглубоких объектов размещения коммунальных отходов составляют 0,8 и 0,4 соответственно.

Полученные нами сведения о доле отходов, приходящихся на каждый тип объектов размещения коммунальных отходов по годам, позволяют рассчитать средневзвешенный коэффициент коррекции потока метана для каждого типа объектов размещения коммунальных отходов и коэффициент коррекции потока метана за каждый год. В Республике Беларусь по годам коэффициент коррекции потока метана колеблется от 0,67 до 0,71, самый низкий отмечен в 1995 г., что обусловлено относительно высокими долями отходов, захораниваемых на мелких объектах размещения коммунальных отходов.

### 6.1.3. Оценка удельной скорости образования метана

Удельная скорость образования метана зависит от доли способного разлагаться органического вещества (ДОВ) в твердых коммунальных отходах, захораниваемых на объектах размещения коммунальных отходов. В Руководстве МГЭИК приведены типичные значения ДОВ для основных видов отходов процент DOC (по весу):

- бумага и тканевые материалы – 40;
- отходы образующиеся в садах и парках (не пищевые) – 17;
- пищевые отходы – 15;
- древесные отходы и солома (исключая углерод лигнина) – 30.

В составе твердых бытовых отходов по данным Минжилкомхоза и нашим исследованиям из перечисленных выше видов отходов, захораниваемых на объектах размещения коммунальных отходов, присутствовали в 1991 и 1995 гг. следующие виды отходов соответственно:

бумага и картон	27%	и	15%;
ткани	5%	и	15% ;
отходы садов и парков	~3%	и	~3%;
пищевые отходы	26%	и	20%.

Исходя из этих данных процент ДОВ (по весу) для Республики Беларусь определяется по формуле 2 (Руководство МГЭИК) по годам:

$$1991 \text{ г.} - (27 + 5) \times 0,4 + 3 \times 0,17 + 26 \times 0,15 + 2,5 \times 0,3 = 17,96\%$$

$$1995 \text{ г.} - (15 + 10) \times 0,4 + 3 \times 0,17 + 20 \times 0,15 + 4 \times 0,3 = 14,71\%$$

Значения ДОВ для – 1999 - 2000 гг., ввиду отсутствия инвентаризаций морфологического состава отходов, «по умолчанию» приняты по данным определений 1995 г.

При получении скорости образования метана на единицу отходов ( $\text{ГгCH}_4/\text{Гг MSW}$ ) учитывались следующие величины:

- 1 - коэффициент коррекции потока метана MSF (от 0,67 до 0,71) по годам;
- 2 - доля MSW органического углерода, способного разлагаться ДОС (0,1796 и 0,1471);
- 3 - доля, которая фактически разлагается (типичная величина, равная 0,77);
- 4 - доля углерода, высвобождаемого в виде метана (типичная величина равная 0,5);
- 5 - конверсионный коэффициент пересчета углерода метана в собственно метан (16/12).

### 6.1.4. Оценка общей годовой нетто-эмиссии метана

Зная общее количество твердых коммунальных отходов, захораниваемых на объектах размещения коммунальных отходов (MSW) и фактическую скорость образования метана на единицу отходов, рассчитывается годовое брутто образование метана. Так как, в Беларуси метан с объектов размещения коммунальных отходов не утилизируется, а корректирующий коэффициент окисления метана принимается равным 1, то годовая нетто эмиссия метана равна брутто эмиссии метана.

По годам нетто эмиссии метана от объектов размещения коммунальных отходов выглядели следующим образом,  $\text{Гг CH}_4$ :

1990 г. – 111,83

1999 г. – 128,07

1995 г. – 92,64

2000 г. – 129,67

что отражено на блок-диаграмме (рис. 6.2).

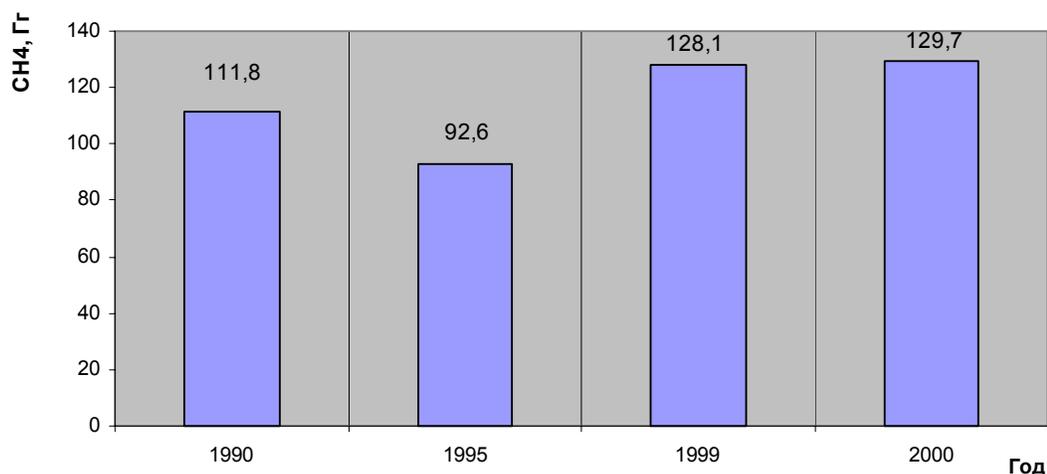


Рис. 6.2. Эмиссия метана по годам

Снижение эмиссии метана в 1995 г. по сравнению с 1990 г. обусловлено, прежде всего, сокращением доли способного разлагаться органического вещества (ДОВ) в твердых коммунальных отходах. Рост эмиссий метана в 1999 - 2000 гг. объясняется увеличением объемов захораниваемых отходов и, главным образом, на глубоких объектах размещения коммунальных отходов, характеризующихся более высоким коэффициентом коррекции потока метана.

### 6.2. Эмиссия метана при очистке сточных вод

Очистка сточных вод, содержащих большое количество органического вещества, включая бытовые, коммерческие (непромышленные) и часть промышленных сточных вод, приводит к эмиссии значительного количества метана. Эмиссии от промышленных вод оцениваются от 26 до 40 Гг, коммунальные дают примерно 2 Гг/год.

В связи с этим Руководство МГЭИК предлагает рассматривать эмиссии непромышленных и промышленных сточных вод отдельно.

Эмиссия метана от сточных вод связана с анаэробной технологией, применяемой для обработки части городских стоков в коммунальных системах водоочистки. В коммунальные системы попадает также часть промышленных сточных вод и, наоборот, очистные сооружения, как правило, крупных (градообразующих) промышленных предприятий принимают для очистки городские стоки. Для индустриальных городов – в основном это областные центры и некоторые промышленно развитые районные центры – доля промышленных стоков в общем объеме городских сточных вод составляет 25-35%, а в некоторых городах (Мозырь, Полоцк – Новополоцк, Осиповичи и др.) достигает 50% и более. В целом по республике в настоящее время промышленные стоки не превышают 34,5%, в 1990 г. они составляли 40,5% (таблица 6.3.).

Исходная информация для расчета выбросов  $\text{CH}_4$  от промышленных сточных вод собрана, проанализирована, обобщена.

Однако, как отмечалось выше, основной способ очистки как промышленных так и коммунальных сточных вод в Республике Беларусь – биологический, в аэробных условиях. Разложение органики, следовательно, происходит в аэробных условиях, исключающих образование метана. Имеющиеся на некоторых очистных сооружениях метантенки не работают и очистка накопленного ила не производится. Накопившийся осадок сточных вод регулярно вывозится и захоранивается на объектах размещения коммунальных отходов совместно с твердыми отходами.

Таким образом, эмиссии метана при очистке сточных вод ничтожно малы и практически равны нулю. Эмиссии метана от илового осадка сточных вод учтены нами при подсчете эмиссий метана от твердых отходов на объектах размещения коммунальных отходов.

### **6.3. Эмиссия закиси азота связанная с отходами человеческой жизнедеятельности**

Руководство МГЭИК предлагает способ подсчета эмиссии закиси азота от жизнедеятельности человека. Под жизнедеятельностью человека в данном разделе понимаются продукты прямой биологической жизнедеятельности человека, выделение которых непосредственно связано с питанием и потреблением белка.

Основные параметры при подсчете эмиссии закиси азота:

- потребление белка на душу населения (кг/чел.год);
- численность населения;
- доля азота в белке («по умолчанию» – 0,61 кг N/кг белка);
- коэффициент эмиссии,  $EF_6$  (типичное значение «по умолчанию» 0,01 кг  $\text{N}_2\text{O-N/kg}$ );
- конверсионное отношение 44/28.

Потребление белка на душу населения и численность населения приведены по данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь. Подсчеты показали, что наибольшая эмиссия закиси азота (0,77 Гг) наблюдалась в 1990 г. В 1995 г. из-за резкого снижения потребления белка населением эмиссия  $\text{N}_2\text{O}$  снизилась до 0,63 Гг. В 1999-2000 гг. потребление белка на душу населения увеличилось и достигло уровня 1990 г., однако из-за сокращения численности населения эмиссии закиси азота не превысили 0,75 Гг.

Неопределенность оценок эмиссии ПГ складывается, в первую очередь, из неопределенности коэффициентов эмиссии и неопределенности исходной информации, в т.ч. статистической. Коэффициенты эмиссии взяты из Руководства МГЭИК и пересчитаны средневзвешенным способом в соответствии с собственными данными. Неопределенность коэффициента эмиссии можно оценить в 10%.

Основой используемой информации по модулю «Отходы» служат сведения Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, дополненные и скорректированные собранными данными непосредственно на объектах. Неопределенность статистической информации в большинстве случаев находится в пределах 3-10%, в среднем принята 6%.

Таблица 6.3

## Объёмы очищенных сточных вод по годам

Область	Объем поступивших сточных вод на очистные сооружения, тыс.м <sup>3</sup>						Объем нормативно-очищенных сточных вод, тыс. м <sup>3</sup>											
	от промышленных предприятий			от коммунальных объектов и населения			1990 г.			1995 г.			1999 г.			2000 г.		
	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.		
Брестская	33853	21773	25064	24381,1	67592	68488	75586,9	75758,4	101445	90261	100650,9	100139,5						
Витебская	50798,9	42392,4	40153,4	37913,1	64676,9	71562,9	73861,5	75217	115475,8	113955,3	114014,9	113130,1						
Гомельская	96283,1	56327,8	65562,6	65962,4	80917,7	71115,9	77623,4	83250,2	177200,8	127443,7	143186	149212,6						
Гродненская	42878,5	36475,3	35402,8	33162,9	79376	76340,9	75436,3	78110,5	122254,5	112816,2	110839,1	111273,4						
Минская	9771	10209	13562,329	13562,851	31012	27800	29610,7	31081,801	40783	38009	43173,029	44644,652						
Могилевская	54842	52069,5	48713,6	46761	99477	95719	77933	77164,1	154319	147788,5	126646,6	123925,1						
Итого: тыс.м <sup>3</sup>	288426,5	219247	228458,729	221743,351	423051,6	411026,7	410051,8	420582,001	711478,1	630273,7	638510,529	642325,352						
%	40,5	34,8	35,8	34,5	59,5	65,2	64,2	65,5	100	100	100	100						

## 7. РЕЗЮМЕ

Как видно из проведенных исследований, на эффект глобального потепления влияют выбросы парниковых газов в различных отраслях народного хозяйства.

Наибольшее влияние оказывает эмиссия диоксида углерода, общие выбросы которого в 2000 г. составили 72888,15 Гг или 58% от уровня базового 1990 г. и 91% от уровня 1995 г. – года наибольшего снижения ВВП и выбросов (таб.7.1- 7.5).

Таблица 7.1

Динамика эмиссии и стоков CO<sub>2</sub>, Гг

Наименование	1990 г.	1995 г.	1999 г.	2000 г.
Эмиссия	126148,44	79799,08	76838,05	72888,15
Стоки	-36397,4	-36501,84	-39545,39	-39565,02
Всего	89751,04	43297,24	37292,66	33323,13

Эмиссия CO<sub>2</sub> составила примерно 63% в 2000 г. от общего эффекта глобального потепления. Динамика изменений стоков CO<sub>2</sub> в период 1990-2000 гг. не столь существенна, как эмиссии. В 2000 г. они составили 39565,02 млн.т. или 108,7% по отношению к 1990 и 1995 гг.

Основная эмиссия CO<sub>2</sub> идет за счет модуля «Энергетика» - 51026,74 Гг или 70%, а стоков CO<sub>2</sub> в модуле «Изменение землепользования и лесное хозяйство» – 39565 млн.т. или 100%.

Эмиссия метана составляет в эквиваленте CO<sub>2</sub> 12839,19 Гг или 24,27% от общего ЭГП. Доля энергетики при этом 20%, сельского хозяйства – 34,6% и отходов – 21% по уровню 2000 г. По сравнению с 1990 и 1995 гг. изменения наиболее существенны в энергетике и сельском хозяйстве.

Эмиссия N<sub>2</sub>O в 2000г. составила 6748,8 Гг в эквиваленте CO<sub>2</sub> или 12,75% от общего ЭГП.

В целом эффект глобального потепления в 2000 г. с учетом стоков составил 52911,13 Гг. Стоки уменьшили выбросы CO<sub>2</sub> на 54,3%, а ЭГП на 35%. В 1990 г. стоки уменьшили ЭГП на 10%, а в 1995 г. на 27,1%.

Темпы изменения ЭГП по сравнению с темпами изменения ВВП в период 1990 – 2000 гг. существенно выше, при этом ЭГП постоянно уменьшается. Снижение происходит, в основном, за счет эмиссии парниковых газов в модуле «Энергетика» (рис. 7.1 – 7.3).

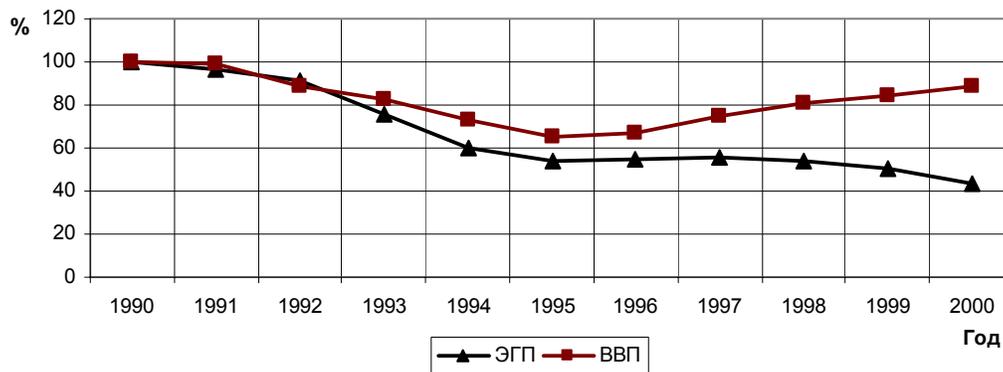
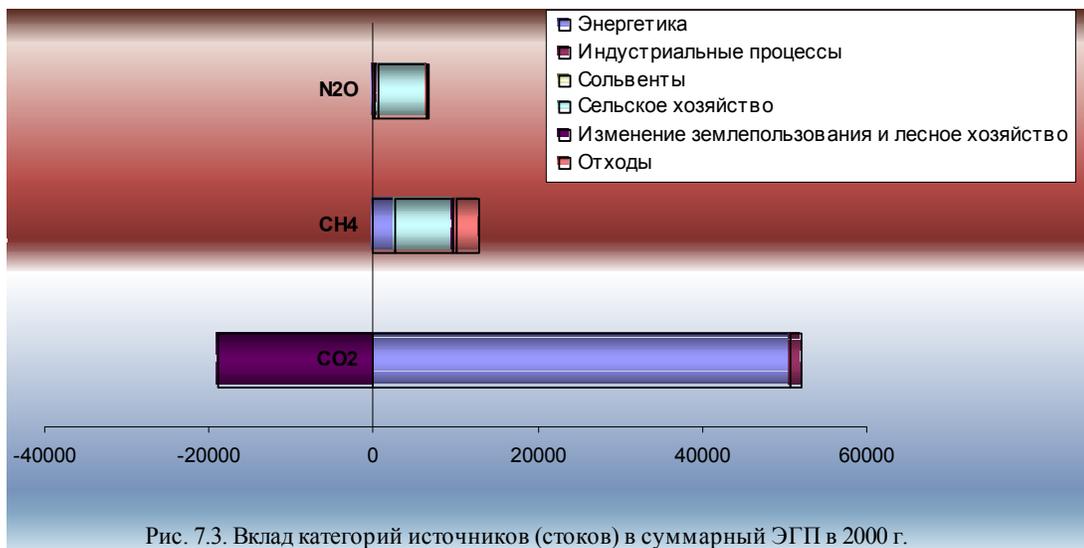
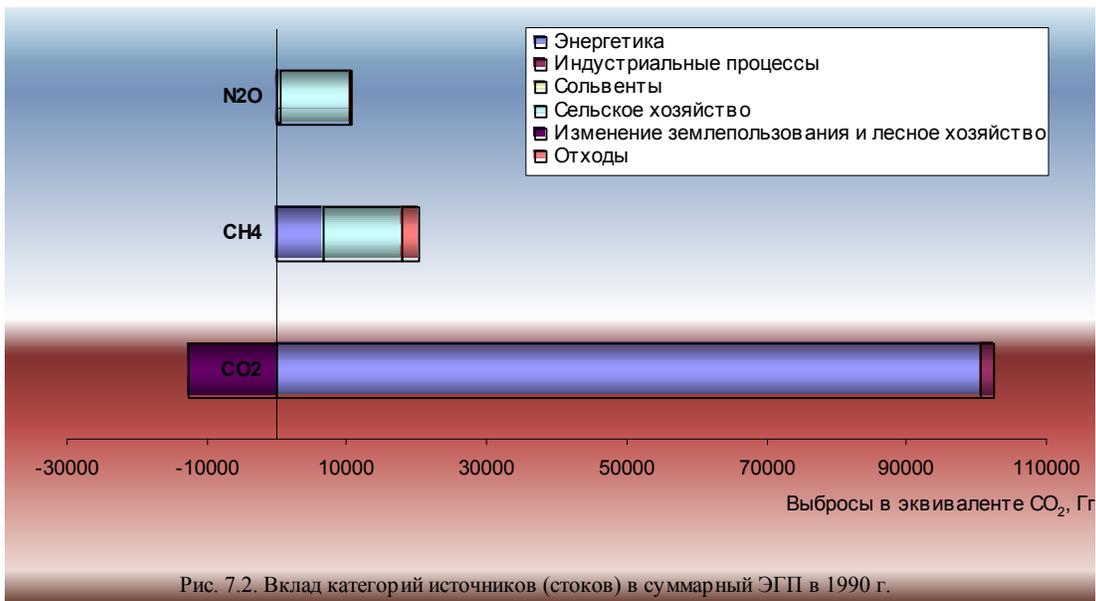


Рис. 7.1 Динамика ЭГП и ВВП



Динамика изменения парниковых газов, не входящих в состав ЭГП представлена на рис.7.4.

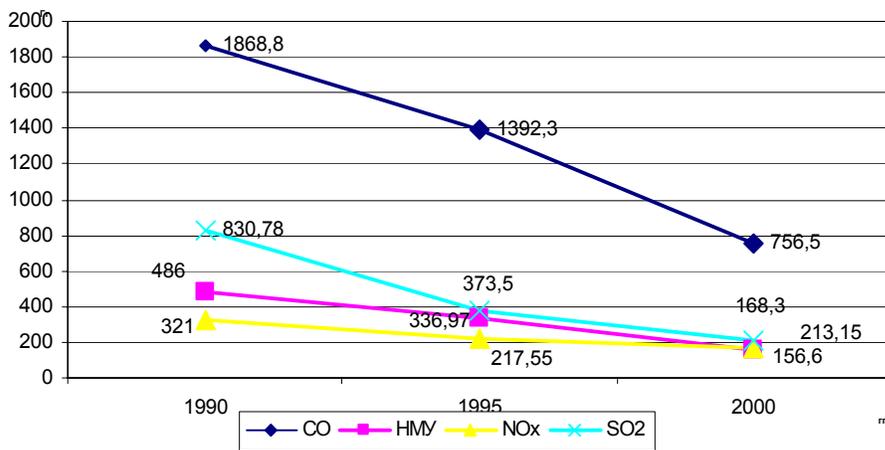


Рис. 7.4 Динамика эмиссий CO, HMY, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>

Эмиссия оксида углерода определяется эмиссией от транспорта в модуле «Энергетика».

Эмиссия CO в 2000 г. уменьшилась до 756,5 тыс. т и составила 40% от уровня базового 1990 г. и 54% к уровню 1995 г. Сокращение эмиссии CO произошло в основном за счет сокращения грузоперевозок и перевозок людей грузовым и легковым транспортом.

Эмиссия неметановых органических соединений, определяется в основном эмиссией в модуле «Энергетика» на транспорте и частично в модуле «Сольвенты». Снижение произошло в основном за счет уменьшения эмиссий от транспорта по указанным выше причинам.

Произошло также снижение эмиссии оксидов азота, которая определяется преимущественно энергетическими процессами.

Эмиссия диоксида серы определяется в основном эмиссией в модуле «Энергетика» и снизилась с 1990 г. к 1995 г. на 55%, а к 2000 г.- на 74% по отношению 1990 г. и составила 213,15 тыс.т.

Снижение произошло за счет уменьшения потребления топлива и за счет снижения доли мазута и увеличения доли газа.

Неопределенность данных о деятельности и коэффициента эмиссии в основном определялась экспертным путем и в различных позициях изменялась от 1 до 35%. Наибольшей неопределенностью характеризуются данные о деятельности в модуле «Сольвенты», в сельском хозяйстве она составила 20%. В тоже время в основном модуле – «Энергетика» неопределенность о деятельности и коэффициентах эмиссии не столь существенна. Это и определило общую комбинированную неопределенность данных для инвентаризации в 3,056 %.

В дальнейших работах необходимо уделить особое внимание сбору информации о деятельности, т.к. она в основном определяет точность последующих расчетов выбросов парниковых газов. В тоже время требуют уточнения и отдельные коэффициенты эмиссии и стоков.

Таблица 7.2

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 1990 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	100615,2	321,04	0,77	100615,2	6741,84	238,7	107595,74	89,08
Индустриальные процессы	1856,35	1,15	1,12	1856,35	24,15	347,2	2227,7	1,85
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	529,53	30,68	0	11120,13	9510,8	20630,93	17,33
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-12720,51*	6,09	0,04	-12720,51	127,89	12,4	-12580,22	- 10,41
Отходы	0	111,83	0,77	0	2348,43	238,7	2587,13	2,15
<b>ВСЕГО</b>	<b>89751,04</b>	<b>969,64</b>	<b>33,38</b>	<b>89751,04</b>	<b>20362,44</b>	<b>10347,8</b>	<b>120461,28</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП, %			74,51	16,90	8,59	100	

\* эмиссия 23676,89  
поглощение - 36397,40  
Итого: - 12720,51

Таблица 7.3

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 1995 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	60552,2	288,05	0,43	60552,2	6049,05	133,3	66734,55	102,05
Индустриальные процессы	902,65	0,78	0,84	902,65	16,38	260,4	1179,43	1,82
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	403,76	14,28	0	8478,96	4426,8	12905,76	19,95
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-18157,62*	20,42	0,02	-18157,62	428,82	6,2	-17722,6	-27,10
Отходы		92,64	0,63		1945,44	195,3	2140,74	3,28
ВСЕГО	43297,23	805,65	16,20	43297,23	16918,65	5022,0	65237,88	100
	Доля суммарного ЭГП, %			66,37	25,93	7,7	100	

\* эмиссия 18344,22  
 поглощение - 36501,84  
 Итого: - 18157,62

Таблица 7.4

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2000 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	50741,57	123,27	0,36	50741,57	2588,67	111,6	53441,84	102,05
Индустриальные процессы	1277,78	1,61	1,01	1277,78	33,81	313,1	1624,64	3,10
Сольвенты								
Сельское хозяйство		333,94	18,76		7012,74	5815,6	12828,34	24,50
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-18981,38*	22,90	0,04	-18981,38	480,9	12,4	-18488,08	-35,30
Отходы		129,67	0,76		2723,07	235,6	2958,67	5,65
ВСЕГО	33037,97	611,39	20,93	33037,97	12839,19	6488,3	52365,86	100
	Доля суммарного ЭГП, %			63,09	24,52	12,39	100	

\* эмиссия 20583,64  
 поглощение - 39565,02  
 Итого: - 18981,38

## **ЧАСТЬ III. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

### ***I. СТРАТЕГИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПОЛИТИКА И МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ***

#### **1. ПОЛИТИКА И МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

Для сохранения и рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды Республики Беларусь должны быть предусмотрены комплексные меры по защите атмосферы, охране и рациональному использованию земельных, лесных и водных ресурсов, рациональному ведению сельского хозяйства, экологически безопасному использованию биотехнологий и токсичных химических веществ, по экологически безопасному удалению всех видов отходов.

Принятые в республике законы «Об охране окружающей среды» (№126-3 от 17.07.2002г), «Об охране атмосферного воздуха» (№29-3 от 15.04.1997г), «Об отходах» (№444-3 от 26.10.2000г) и др. направлены на приоритет экологических интересов и сбалансированного природопользования перед экономикой производства и экономикой природопользования.

В настоящее время разрабатывается Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. (НСУР-2020) в соответствии с Концепцией Национальной стратегии устойчивого социально – экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г., одобренной постановлением Минэкономики Республики Беларусь (протокол №29 от 1.11.2002 г.), важнейшими принципами экологической политики должны быть:

- поддержка целостности экосистем посредством эффективного управления природными ресурсами;
- снижение давления на окружающую среду со стороны экономики (в процессе ее роста);
- защита окружающей среды как неотъемлемая часть процесса развития;
- социальное и экологическое взаимодействие для повышения качества жизни;
- расширение сотрудничества с учетом глобальной экологической взаимозависимости.

На основе этих принципов в НСУР-2020 должна быть разработана система направлений и мер по реализации экологической политики. Важнейшей задачей остается минимизация последствий чернобыльской катастрофы с позиций обеспечения максимально возможных безопасных условий проживания граждан и реабилитации природных комплексов. Необходимо обеспечить безопасные экологические условия проживания граждан в городах и районах с опасными уровнями загрязнения атмосферного воздуха, водных источников и др.

Для реализации экологической политики одобрен Постановлением Совета Министров Республики Беларусь «Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2001 – 2005 гг.» (21.06.2001г №12).

Национальный план действий, базируясь на природоохранном законодательстве Республики Беларусь, международных договорах и соглашениях, определяет комплекс мероприятий по решению задач в области рационального природопользования и охраны окружающей среды. Основными задачами Национального плана по защите атмосферного воздуха являются:

- снижение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников в крупных городах и промышленных центрах;
- совершенствование системы стандартов качества атмосферного воздуха с учетом международных требований и принятых Республикой Беларусь обязательств по международным конвенциям и соглашениям;
- совершенствование методов по оценке выбросов и содержания в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, в том числе парниковых газов;
- развитие системы мониторинга загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах.

### **1.1. Основные направления (стратегия) социально-экономического развития**

Основным средством и индикатором развития национальной экономики и решения социальных проблем является рост внутреннего валового продукта (ВВП), в котором должны учитываться объемы потребления благ и услуг, имеющиеся ресурсы, эффективность их использования с обязательным обеспечением благоприятной экологической обстановки.

По программным и прогнозным разработкам социально-экономического развития для решения этих проблем и требований необходимо увеличить объем производства ВВП за 2001 – 2020 гг. в 2,7-3,0 раза при среднегодовых темпах прироста 5,0-5,6%. В структуре экономики предусматривается последовательное снижение доли производства товаров (с 45,6% в 2000 г. до 40-41% в 2020 г.) и возрастание доли услуг с 39,9 до 45-46% соответственно. В структуре же ВВП к 2020 г. ставится задача увеличить удельный вес накопления до 30-31% против 25,7% в 2000 г. и долю инвестиций с 19,8 до 24-26%.

Предусматривается, что динамика уровня эффективности и конкурентоспособности производства, снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду должны формироваться на основе сокращения расходов сырья и энергии, трудовых затрат, более рациональной структуры, совершенствования технологий, внедрения достижений НТП и приоритетности экологически безопасных и безотходных технологий. За счет реализации этих условий и требований в перспективе возможно снижение материалоемкости товаров и услуг за 2001 – 2020 гг. на 18-19%, энергоемкости ВВП – на 45-60%. Это вполне может обеспечить уменьшение объемов выбросов парниковых газов примерно на половину.

Основные макроэкономические показатели социально-экономического развития Республики Беларусь за базисный (1990, 1995, 2000, 2001, 2002 гг.) и прогнозный периоды (2003, 2005, 2010, 2020 гг.) приводятся в табл. 1.1.

Кратко комментируя данные этой таблицы и других источников, следует отметить следующие самые характерные направления и тенденции общего социально-экономического и экологического развития (состояния) страны с 1990 по 2002 гг., которые фактически и определяют его прогноз.

Основные макроэкономические показатели<sup>1)</sup>

Показатель	Единица измерения	отчет					прогноз				
		1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г. <sup>4)</sup>	2003 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.	
Среднегодовая численность населения – всего	тыс. чел.	10189,3	10193,8	10005,0	9970,7	9924,8	9880,8	9787,2	9549,1	9027,1	
индексы изменения	% к 1990 г	100,0	100,0	98,2	97,9	97,4	96,9	96,1	93,7	88,6	
Соотношение численности городского и сельского населения	%	66,4:33,6	68,0:32,0	70,0:30,0	70,4:29,6	70,9:29,1	71,4:28,6	72,3:27,7	74,8:25,2	78,8:21,2	
Валовой внутренний продукт (производство)	млрд. руб.	26310,7	17154,6	23278,8	24372,9	25518,4	27050-	31607-	41405-	64150-	
индексы изменения	% к предыдущему году	–	65,2	135,7	104,7	104,7	27177	32380	43065	69700	
индексы изменения	% к 1990 г	100,0	65,2	88,6	92,8	97,2	102,3-	119,5-	156,6-	242,6-	
							102,8	122,5	162,9	263,6	
Отраслевая структура ВВП (в действующих ценах*):											
сфера производства товаров – всего	%	68,9	49,2	45,6	42,8	41,3	43,0	42,3	41,7	41,0	
в том числе: промышленность	%	37,9	27,6	26,5	26,1	26,0	27,1	27,1	26,8	26,4	
сельское хозяйство	%	22,7	15,1	11,6	9,7	9,0	9,4	8,7	8,4	8,0	
строительство	%	7,7	5,4	6,4	5,9	5,3	5,6	5,6	5,7	5,9	
3											
Снижение (-) энергоемкости ВВП	%	–	-14,1	-28,1	-4,0	-4,7	-4,5-	-8,4(-11)	-16(-20)	-10(-15)	
							(-5,5)				
Рост производительности общественного труда	%	–	76,3	134,9	104,6	105,4	107,3	142,8	136,0	133,0	
Продукция промышленности	млрд. руб.	22301,1	13692,9	22511,2	23839,4	24912,2	21520-	23980-	27817-	35520-	
индексы изменения	% к предыдущему году		63,5	164,4	105,9	104,5	21624	24729	29180	38575	
	% к 1990 г	100,0	63,5	100,7	106,6	111,4	104-	128-132	116-118	127,7-	
							104,5			132,2	
							111,5-	124,3-	144,2-	184,1-	
							112,1	128,2	151,2	200,0	
Продукция сельского хозяйства (все категории хозяйств)	млрд. руб.	7777,4	5724,2	6256,5	6369,1	6413,7	6831-	7650-	8874-	11330-	
							6863	7824	9154	12300	
индексы изменения	% к предыдущему году		95,3	109,3	101,8	100,7	106,5-	112-114	116-117	127,7-	
	% к 1990 г	100,0	73,6	71,4	72,7	73,2	107,0	88,0-90,0	102,1-	134,5	
Производство потребительских товаров	млрд. руб.	5915,5	3543,0	6512,3	6955,1	7219,4	7652,6	9443,0	11995,0	17560,0	
индексы изменения	% к предыдущему году	107,6	59,9	183,9	106,8	103,8	106,0	145,0	127,0	146,4	

Показатель	Единица измерения	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г. <sup>4)</sup>	2003 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.
		отчет						прогноз		
душему году										
(периоду)										
% к 1990 г										
		100,0	59,9	110,1	117,6	122,1	129,4	159,6	202,8	296,9

\* – расчет структуры ВВП произведен в сопоставимых ценах 2002 г.

1) Показатели даны преимущественно в относительных величинах: конечные года пятилетий – темпы роста за 5 лет, промежуточные годы – за год. Стоимостные показатели – в сопоставимых ценах 2002 г.

2) Промышленность, сельское и лесное хозяйство, строительство.

3) Транспорт и связь, торговое и общественное питание, МТС и сбыт, заготовки, ЖКХ и бытовое обслуживание населения, здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение, образование, культура и искусство, наука и научное обслуживание, финансы, кредит, страхование, управление, общественные объединения.

4) Данные за 2002 г. предварительные

В соответствии с демографическим прогнозом, численность и доля населения в трудоспособном возрасте будет возрастать еще 5-6 лет, достигнув к 2008-2010 гг. самого высокого уровня – 63%. После этого прогнозируется плавное снижение его доли, но и в течение предстоящих минимум 15 лет недостатка в трудовых ресурсах Беларусь испытывать не будет. Прогнозируется высокая доля в составе трудовых ресурсов молодежи, что создает благоприятные предпосылки для обеспечения потребностей экономики в мобильных, высокопрофессиональных специалистах.

Основными целями государственной демографической политики являются снижение смертности и повышение продолжительности жизни населения, стабилизация рождаемости, оптимизация миграционных процессов. Этому будет способствовать реализация мер социальной политики, направленных на повышение уровня жизни населения, развитие социальной сферы и охраны окружающей среды, а также разработка и реализация Национальной программы демографической безопасности Республики Беларусь.

Основными задачами политики в области занятости населения являются формирование ее рациональной структуры в соответствии с потребностями реформируемой экономики, повышение эффективности использования трудовых ресурсов.

Для ее реализации потребуются проведение сбалансированной инвестиционной политики по созданию новых рабочих мест, активизации межотраслевого перераспределения работников в социальные сферы экономики, разработке действенных налоговых стимулов для развития индивидуального предпринимательства. Необходимо выработать эффективные механизмы по усилению социальной защиты населения от безработицы.

#### ***Основные макроэкономические параметры социально-экономического развития***

Как указывалось, основополагающим средством обеспечения и индикатором устойчивого развития национальной экономики, решения социальных и экологических задач является "состояние" ВВП. Пятилетие 1996-2000 гг. в социально-экономическом развитии Беларуси явилось переломным этапом в преодолении глубоких кризисных явлений, происходивших в стране после распада СССР и проводимых с 1991 по 1994 г. не совсем адекватных либеральных экономических реформ. В частности, либерализация цен в 1992 г. обусловила острый финансовый кризис и галопирующую инфляцию. В 1994 г. ВВП составил только 72,8% уровня 1990 г., объем промышленного производства – 69 %, инвестиции в основной капитал – 56,5 %.

Возвращаясь к табл. 1.1, следует, к сожалению, констатировать, что в сопоставимых ценах 2002 г. объем ВВП даже в 2002 г. не достиг уровня 1990 г. и составил только 97,2%. И только в прогнозном периоде ставится задача его превышения – с выходом в 2003 г. на 102,3-102,8%, в 2005 г. – на 119,5-122,5%.

В последующем объем ВВП (производство) с учетом других факторов прогнозируется более оптимистично: к 2010 г. – 156,6-162,9, а к 2020 г. – до 242,6-263,6% к уровню 1990 г.

В отраслевой структуре ВВП и в базисном периоде, и на перспективу также обозначились явно позитивные сдвиги: с 1990 по 2002 г. удельный вес сферы производства товаров фактически уменьшился с 68,9 до 41,4%, то есть на 27,5 процентных пункта (в перспективе до 2020 г. это снижение предполагается до 41,0%). Наоборот, доля производства услуг за базисный период увеличилась с 28,5 до 45,0% (16,5 процентных пункта), и до 2020 г. ее увеличение предусматривается до 45,6%.

Эти структурные сдвиги (соотношение объемов производства товаров и сферы услуг) свидетельствуют о фактическом «повороте» экономики страны в сторону интересов

человека, общества, то есть в реализацию принципов социально ориентированной рыночной экономики.

При снижении энергоемкости ВВП на 14,1% в 1995 г. по сравнению с 1990 г., в следующей пятилетке достигнуто ее снижение на 28,1, в 2001 г. к уровню предшествующего года – на 4,0, в 2002 г. – на 4,7%; прогнозируется ее дальнейшее снижение на 4,5-5,5% в 2003 г., на 8,4 – 11,0 к 2005 г., на 16 – 20% за период 2006 – 2010 гг. и на 10-15% за 2011-2020 гг. Рост производительности труда в 1995 г. составил 76,2% к уровню 1990 г., впоследствии и в базисном и в прогнозном периодах проявляется устойчивая тенденция его возрастания.

Объемные показатели и индексы изменения промышленного производства в целом в базисном и прогнозном периодах приведены в табл. 1.1. Здесь более подробно рассмотрим сложившуюся и перспективную (прогнозируемую) отраслевую структуру промышленности:

- в 1990 г. в отраслевой структуре явно преобладало машиностроение и металлообработка (34,2%), в последующем их удельный вес и в базисном и в прогнозном периодах снизился и стабилизировался на уровне 22-25%, то есть в среднем на 9-12 процентных пункта;
- тенденция снижения удельного веса, хотя и в меньшей мере характерна и для легкой промышленности (с 17,2% в 1990 г. до 7,1% в 2002 г. и по прогнозу до 8,4% в 2020 г.);
- явно проявляется тенденция возрастания доли пищевой промышленности (с 14,9% в 1990 г. до 21,6% в 2002 г. и по прогнозу – до 22,8% в 2020 г.) и в меньшей мере – химической и нефтехимической (соответственно: 9,0-14,8-13,8%); лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной (4,4-5,4-6,7%); черной металлургии (0,9-3,3-3,2%);
- с незначительными колебаниями от периода (года) к периоду более-менее стабильный удельный вес занимает промышленность строительных материалов (1990 г. – 3,7%; 2002 г. – 3,9, прогноз 2020 г. – 3,5%);
- удельный вес основных "продуцентов" парниковых газов имеет выраженную тенденцию к росту (правда, тоже со значительными колебаниями от периода (года) к периоду): удельный вес электроэнергетики от 2,6% в 1990 г. в 1995 г. возрос на 13,8%, но и в 2000-2002 гг. превышал уровень 1990 г. на 5,8-6,8 процентных пункта, оставаясь по прогнозу достаточно высоким вплоть до 2020 г.; аналогичная тенденция характерна и для топливной промышленности.

Исходя из общей стратегии долгосрочного развития промышленности, ориентированной на ресурсосберегающий наукоемкий тип воспроизводства, приоритетными отраслями и производствами определены:

- информационные технологии;
- микроэлектроника и оборудование для ее производства;
- приборостроение, точное машиностроение;
- новые материалы различного назначения;
- техника для быта и здравоохранения;
- биологические и тонкие химические технологии;
- машины, оборудование и продукты для сельского хозяйства;
- высокоточная техника и технологии для обороны.

Важнейшими направлениями промышленной политики на перспективу являются стимулирование и государственная поддержка наиболее передовых отраслей конкретных предприятий и производств, определяющих "точки роста", концентрация сил и средств на реализацию наиболее эффективных мер, обеспечивающих возможно быстрые результаты по производству конкурентоспособной, импортозамещающей и экспортноориентированной продукции.

В целом развитие промышленности и ее отраслей предусматривается осуществлять в соответствии с Концепцией и Программой развития промышленного комплекса Республики Беларусь на 1998-2015 гг. (утв. Указом Президента Республики Беларусь от 14 мая 1998 г. № 246).

Объемные показатели развития отраслей промышленности (состояние и целевой вариант) приведены в табл. 1.2.

В перспективе целевым вариантом предусматривается опережающее развитие черной металлургии (объем ее производства в 2020 г. в сравнении с 1990 г. намечается увеличить до 650-700%), электроэнергетики (до 490-530%), химической и нефтехимической промышленности (282-307%), пищевой промышленности (282-306%), лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности (280-304%). Несколько более медленными темпами предусмотрено развитие топливной промышленности (208-226%), промышленности строительных материалов (194-211%), в значительно меньшей мере – машиностроения и металлообработки (119-129%), а объем производства легкой промышленности в 2020 г. может составить только 90-98% уровня 1990 г.

Основные тенденции и направления перспектив развития отраслей промышленности Республики Беларусь характеризуются следующим образом.

*Топливо-энергетический комплекс* (ТЭК) Республики Беларусь включает системы добычи, транспорта, хранения, производства и распределения всех видов энергоносителей: газа, нефти и продуктов ее переработки, твердых видов топлива, электрической и тепловой энергии. На их долю приходится 25,6% капитальных вложений в промышленность, 20% – основных производственных фондов и 13,8% продукции промышленности.

Основой (ядром) ТЭК Беларуси является *электроэнергетика*, производственный потенциал которой представлен 23 крупными электростанциями суммарной мощностью 7,6 млн. кВт (всего в республике 7,8 млн. кВт), а также районными котельными производительностью до 10 тыс. Гкал./ч., около 7 тыс. км системообразующих линий электропередачи (ЛЭП) высокого напряжения и более 10 тыс. км тепловых сетей.

Предусматривается, что за счет реконструкции нефтеперерабатывающих предприятий (Мозырьский НПЗ и "Нафтан") глубина переработки нефти должна увеличиться до 85%, то есть вплотную приблизиться к мировым аналогам, а это будет способствовать и наращиванию экспорта продукции при одновременном повышении качества и расширении номенклатуры производимых нефтепродуктов и, главное, – снижению выбросов парниковых газов (в первую очередь оксидов углерода) не только на стадии первичной переработки нефти, но и на всех этапах (цепочках) использования конечной продукции.

Важной составляющей ТЭК является *топливная промышленность*. В Беларуси она представлена предприятиями по добыче и переработке нефти и торфа, среди которых доминируют крупнейшие нефтеперерабатывающие заводы мощностью около 40 млн. т нефти ежегодно. Из-за дефицита сырья производственные мощности используются только примерно на 25%.

Одним из приоритетных направлений развития *торфяной промышленности* определено освоение производства торфолигниновых брикетов за счет полной утилизации лигнина – отхода производства Речицкого и Бобруйского гидролизных заводов. За счет реконструкции брикетных производств (цехов) и сокращения отводов новых земель под новые свалки предприятий вполне реально увеличить к 2005 г. выпуск топливных брикетов почти на 30%.

В перспективе развитие *топливно-энергетического комплекса* (ТЭК) предусматривается направить на решение следующих задач:

- максимально возможное удовлетворение потребностей отечественных потребителей в топливно-энергетических ресурсах, преимущественно за счет местных ресурсов;
- обеспечение энергетической безопасности страны и повышение ее энергетической независимости на основе оптимизации структуры топливно-энергетического баланса (увеличение доли вторичных энергетических ресурсов, местных видов топлива, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии – ветро, – гелио, – биоэнергетика, малая гидроэнергетика), широкого внедрения новых эффективных технологий производства электроэнергии, реализации мер по энергосбережению во всех секторах экономики, включая социальную сферу;
- развитие прогрессивных технологий переработки нефти, повышающих уровень ее извлечения, использования и качество продуктов ее переработки;
- совершенствование форм взаимодействия (влияния) ТЭК с окружающей средой в целях снижения негативного влияния на природу.

Оптимизация структуры генерирующих источников электроэнергетической отрасли предусматривается за счет внедрения парогазовых и турбинных технологий, увеличения выработки электрической энергии по теплофикационному циклу, преобразование котельных в мини-ТЭЦ – все это позволит в максимальной степени удовлетворить возрастающий спрос на электроэнергию и повысить эффективность теплоснабжения населенных пунктов страны.

Отрасль *черной металлургии* включает 16 предприятий, находящихся на самостоятельном балансе, и подразделяется на подотрасли: добыча и обогащение нерудного сырья для черной металлургии, производство черных металлов, производство труб, вторичная обработка черных металлов, производство метизов производственного назначения.

В *химической и нефтехимической промышленности* объем производства за 1996-2000 гг. возрос на 51,6%. Продукция отрасли пользуется неизменным спросом на внутреннем и мировых рынках, на последнем ведущие позиции занимают калийные удобрения, экспорт которых в страны дальнего зарубежья в этот период неизменно возрастает.

К числу приоритетных направлений относятся:

- создание новых поколений химических изделий, прежде всего, современных химических волокон и нитей, пластических масс, эластомеров, прогрессивных видов минеральных удобрений и химических ингредиентов кормовых смесей, продукции основной и малотоннажной химии, а также потребительских товаров;

Таблица 1.2

## Объемы производства продукции промышленности в отраслевом разрезе – целевой вариант (вилка)

Отрасль промышленности	Единица измерения	(млрд. руб. в сопоставимых ценах 2002 г.)									
		1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.	
Электроэнергетика	млрд. руб.	501,6	1573,5	1573,7	1864,9	1800,2	1807,7-	1990,3-	2169,7-	2450,9-	
	% к 1990 г	100,0	313,7	313,7	371,8	358,9	360,4-	396,8-	432,6-	488,6-	
						362,1	409,2	453,7	530,6	530,6	
Топливная	млрд. руб.	887,6	490,3	1086,6	1349,1	1241,6	1226,6-	1366,9-	1502,2-	1847,0-	
	% к 1990 г	100,0	55,2	122,4	152,0	139,9	138,3-	154,0-	169,2-	208,1-	
						138,9	158,8	177,5	226,0	226,0	
Черная металлургия	млрд. руб.	173,6	273,7	637,0	694,4	682,9	688,6-	767,4-	862,3-	1136,6-	
	% к 1990 г	100,0	157,7	366,9	400,0	393,4	692,0	791,3	904,6	1234,4	
							396,7-	442,1-	496,7-	654,7-	
							398,5	455,8	521,1	711,1	
Химическая и нефтехимическая	млрд. руб.	1736,3	1630,5	2660,2	2678,3	3062,5	3185,0-	3453,0-	3950,0-	4901,8-	
	% к 1990 г	100,0	93,9	153,2	154,3	176,4	3200,4	3561,0	4143,6	5323,3	
							183,4-	198,2-	227,5-	282,3-	
							184,3	205,1	238,6	306,6	
Машиностроение и металлообработка	млрд. руб.	6598,4	2656,8	4477,5	4920,2	5069,7	5186,3-	5803,2-	6531,0-	7849,3-	
	% к 1990 г	100,0	40,3	67,9	74,6	76,8	5211,4	5984,3	6857,3	8525,1	
							78,6-79,0	87,9-90,7	99,0-	119,0-	
									103,9	129,2	
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	млрд. руб.	848,9	604,3	1086,6	1111,0	1117,4	1140,6-	1294,9-	1613,4-	2379,8-	
	% к 1990 г	100,0	71,2	128,0	130,7	131,6	1146,1	1335,4	1692,4	2584,5	
							134,4-	152,5-	190,1-	280,3-	
							135,0	157,3	199,4	304,5	
Промышленность строительных материалов	млрд. руб.	713,9	581,5	768,1	813,4	807,0	817,8-	887,3-	1029,2-	1385,3-	
	% к 1990 г	100,0	81,5	107,6	113,9	113,0	821,7	915,0	1079,7	1504,4	
							114,6-	124,3-	144,0-	194,0-	
							115,1	128,2	151,2	210,7	
Легкая	млрд. руб.	3318,5	912,2	1611,1	1468,1	1469,2	1527,9-	1678,6-	1975,0-	2987,7-	
	% к 1990 г	100,0	27,5	48,5	44,2	44,3	1535,2	1731,0	2071,8	3240,3	
							40,0-46,3	50,6-52,2	59,5-62,7	89,9-97,6	
Пищевая	млрд. руб.	2874,7	1938,4	3615,7	3987,8	4469,6	4626,8-	5251,6-	6286,6-	8098,6-	
							4649,2	5415,7	6594,7	8795,1	

Отрасль промышленности	Единица измерения	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.
	% к 1990 г	100,0	67,4	125,8	138,7	155,5	160,9- 161,7	182,7- 188,4	218,7- 229,4	281,7- 305,9
Прочие	млрд. руб.	1639,9	741,2	1217,7	952,3	972,5	1312,7- 1319,0	1486,8- 1533,2	1891,6- 1984,2	2486,4- 2700,3
	% к 1990 г	100,0	45,2	74,3	58,1	59,3	80,0-80,4	90,7-93,8	115,3- 121,0	151,6- 164,7
Всего	млрд. руб.	19293,4	11402,4	18734,2	19839,5	20692,6	21520- 21624	23980- 24729	27817- 29180	35520- 38575
	% к 1990 г	100,0	59,1	97,3	102,8	107,3	111,5- 112,1	124,3- 128,2	144,2- 151,2	184,1- 200,0

- учитывая современные мировые тенденции в области инноваций и нынешние проблемы, стоящие перед химической промышленностью Республики Беларусь, предусматривается производить продукцию на основе передовых технологий, обеспечивающих использование экологически чистых материалов, а также направленных на улучшение потребительских свойств товаров, расширение их ассортимента, снижение издержек производства, в первую очередь это относится к производству экологически чистых (безопасных) полимеров, химических волокон и нитей, синтетических каучуков, катализаторов и другой продукции;
- предусматривается модернизация и ввод в действие новых мощностей и производств по выпуску эмалей, лаков, красок, стекловолокна, стеклообоев, тонких тканей для печатных плат, полиэфирных термоэластопластов, пластификаторов, полимерных материалов, клеев, полиэтилена низкого давления различной плотности, азотосодержащих удобрений, кордной ткани, капролактама и другой продукции;
- начиная с 2006 г. (после коренной модернизации предприятий) основным направлением развития отрасли определено систематическое внедрение новых технологий, ориентированных на ресурсосбережение и экологизацию производства, рациональное природопользование;
- особое внимание предусматривается уделить комплексной переработке сырья, использованию отходов производства. Это потребует создания принципиально нового ассортимента средств очистки газообразных, жидких и твердых веществ, способных уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду; расширения ассортимента катализаторов и инициаторов реакций новых поколений и технологических процессов на их основе, что обеспечит увеличение производства полиолефинов, продукции органического синтеза и других экологически чистых продуктов.

В *машиностроительном комплексе* рост производства сопровождался прогрессивными структурными внутриотраслевыми сдвигами за счет преимущественного развития наукоемких и высокотехнологичных, экспортоориентированных и импортозамещающих отраслей. Этому способствует селективная поддержка государством предприятий и производств, выбранных в качестве "точек роста", а также активное развитие менеджмента на предприятиях. Несмотря на общее кризисное состояние экономики, осуществлялась разработка, создание и освоение принципиально новых, пользующихся спросом на внешнем и внутреннем рынках изделий промышленного и потребительского назначения. Доля сертифицированной продукции в 2000 г. достигла 58 %, что способствовало росту ее конкурентоспособности и увеличению продаж на внутреннем и внешнем рынках.

Главными задачами *строительного комплекса* являются: наиболее полное обеспечение потребностей народного хозяйства в высокоэффективной строительной продукции; создание новых и модернизация действующих основных производственных фондов; обеспечение роста экспорта строительных материалов, конструкций и услуг; обновление производственного потенциала.

Для повышения эффективности строительного комплекса предусмотрена реализация следующих долгосрочных отраслевых программ:

- Основные направления развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998-2015 гг.;
- Программа по снижению к 2003 г. в строительстве и промышленности строительных материалов затрат производственных ресурсов в среднем на 25-30%;
- Программа создания национальной нормативной базы в строительстве;
- Программа действий Минстройархитектуры по реализации долгосрочной инвестиционной политики до 2015 г.;
- Программа обновления и переоснащения активной части основных фондов строительных и специализированных организаций Минстройархитектуры до 2005 г.;
- Государственная научно-техническая программа "Создать и внедрить новые материалы, энергосберегающие технологии и ресурсоэкономичные конструктивные системы жилых домов, снижающих ресурсо- и энергопотребление при строительстве и эксплуатации жилья".

*Агропромышленный комплекс* – главная его задача: более полно и надежно обеспечивать население продуктами питания, а перерабатывающую промышленность – сырьем; активизировать экспорт сельскохозяйственной продукции и на этой основе укрепить продовольственную безопасность страны.

Для преодоления негативного положения, сложившегося в АПК, разработана Программа совершенствования агропромышленного комплекса Республики Беларусь на 2001 – 2005 гг., реализация основных направлений которой позволит сформировать микро- и макроэкономическую систему хозяйствования, обеспечивающую устойчивое развитие, последовательное повышение агропромышленного производства.

По основным параметрам приоритетными направлениями развития *транспорта* должны стать:

- реконструкция и модернизация важнейших коммуникаций, объектов и систем, приведение их в соответствие с мировыми стандартами;
- обновление и восстановление производственного потенциала, замена физически и морально изношенного оборудования, транспортной техники;
- создание необходимых условий для привлечения транзитных потоков;
- совершенствование и ужесточение экологического контроля за работой транспортных средств.

Комплексная система мер экологической ориентации должна обеспечить в обозримой перспективе ограничение (снижение) негативного влияния эксплуатации транспортных средств на человека и окружающую среду.

В целом следует отметить, что для Республики Беларусь последние два года явились переломным этапом в преодолении высоких темпов инфляции, нестабильности курса национальной валюты, снижению объемов перекрестного субсидирования, зарегулированности цен. Современный этап развития характеризуется сравнительной устойчивостью в денежной сфере, сокращением перераспределительных процессов через ценовой механизм и, как следствие, достижением большей определенности экономического развития, возможностью объективного анализа состояния реального сектора экономики и прогнозов его развития.

## 1.2. Основные направления национальной климатической программы

Эффективное планирование и управление народным хозяйством республики требует анализа и учёта большого числа экономических, социальных и природных показателей.

Для этого необходимо создание обширной информационной базы и системы ее эффективного использования в интересах планирования и управления различными сторонами хозяйственной деятельности. Важнейшим элементом информационной базы является климатическая информация.

Климат всегда оказывал существенное воздействие на человеческое общество. История цивилизации знает немало примеров в прошлом, когда меняющиеся климатические условия катастрофически сказывались на судьбе многих стран и народов. Несмотря на возросшую независимость человека от стихии, влияние изменений климата и погоды на человеческую деятельность остается существенным. В целом зависимость основных отраслей хозяйства и экономики стран от климата в абсолютном выражении даже возросла. В периоды неблагоприятных климатических условий мировые запасы зерна сокращались с 20 до 5-10%, а стоимость зерна возрастала в несколько раз. Если в 60-е годы XX столетия потери мирового сообщества от неблагоприятных климатических условий составляли несколько десятков миллиардов долларов США, то в настоящее время они составляют около 100 млрд. долларов. Только летнее наводнение 2002 г. в Европе нанесло ущерб европейским странам в сумме около 20 млрд. долларов США.

В 1978 г. Конгресс США принял законопроект, согласно которому климатические исследования законодательно становятся долговременной национальной политикой правительства, контролируемой лично президентом. Подавляющее число стран мира в 1980-х и особенно в 1990-х годах приняло национальные климатические программы. Республика Беларусь одна из немногих стран мира, которая не имеет собственной климатической программы.

Интенсивное современное потепление климата привлекло к себе внимание мирового сообщества и побудило ученых, практиков и политиков рассматривать климат как важнейший природный ресурс, перераспределение которого между государствами имеет серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира.

Эффект глобального потепления может быть существенным во многих странах. Опасность крупномасштабных засух и наводнений, подъем уровня Мирового океана остро ставят вопросы, связанные с продовольствием, питьевой водой, здоровьем населения. Уже в настоящее время многие государства мира из-за непрекращающихся экстремальных климатических явлений (засух, наводнений) поставлены на грань выживания.

Растущее осознание ограниченности природных ресурсов и необходимости их сохранения делает проблему изменения климата первостепенной. Подтверждением тому является обсуждение этой проблемы в парламентах разных стран и на межпарламентских ассамблеях.

Это связано в первую очередь с тем обстоятельством, что зависимость ряда отраслей хозяйственной деятельности от изменяющихся климатических условий в абсолютном выражении не падает, а растет вместе с ростом производства. Практически вся хозяйственная деятельность и ежедневная жизнь людей, жизнь растительного и животного мира связаны с погодными и климатическими условиями. Они могут быть благоприятными,

но могут и создавать значительные сложности для жизни, вызывать разрушения, наносить ущерб и создавать угрозу здоровью и даже жизни. По оценке экспертов, максимальные потери приходится на следующие три группы экстремальных климатических событий: наводнения, засухи, тропические ураганы.

В условиях изменяющегося климата климатические ресурсы могут перераспределяться и приносить выгоды странам с улучшающимся и убытки странам с ухудшающимся климатом.

Хозяйство нашей республики, как и других стран, ежегодно несет значительный ущерб из-за стихийных гидрометеорологических явлений. Примерами могут служить засухи 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2001 и 2002 гг. и сильные наводнения и паводки на юге республики в 1974, 1979, 1993 и 1999 гг. Из-за неполного учета климатической информации велики потери в сельском хозяйстве, энергетике, строительстве. Учет климатологии стихийных явлений (повторяемости, распределения, интенсивности, продолжительности, площади распространения и т.д.) совершенно необходим для разработки обоснованных мер защиты, создания сельскохозяйственных и энергетических резервов.

Усиление влияния нового мощного климатообразующего фактора, каковым является антропогенная деятельность, наметившаяся тенденция к изменению климата и усиление его экстремальности дало определенный толчок развитию климатических исследований во многих странах мира, включая Беларусь. Антропогенное влияние на климат уже не ограничивается изменением климата крупных городов республики. Большой вклад в его изменение внесли широкомасштабные работы по мелиорации.

Развитие самостоятельной экономики требует детального изучения климатических ресурсов с целью оптимизации сельскохозяйственного производства, расширения возможностей учета и использования климата в энергетике, строительстве и, в конечном счете, разработки соответствующей стратегии реагирования промышленного и сельскохозяйственного производства на изменение климата.

Распространение коммерческой деятельности на область прикладной климатологии приводит к появлению недостаточно квалифицированно подготовленных климатических материалов. Это может быть причиной ошибочных решений, связанных с большим ущербом, а возможно, и трагическими последствиями.

Исторически сложилось, что в республике отсутствовали научно исследовательские учреждения, занимающиеся климатическими исследованиями, тогда как большинство республик бывшего СССР имеет институты гидрометеорологического профиля либо отделы климатологии в институтах географии, а также осуществляют подготовку кадров высшей и средней квалификации. Ранее в Беларуси использовались научные разработки союзных НИИ, хотя в них далеко не всегда учитывались особенности и потребности республики. Учитывая это обстоятельство, в Республике Беларусь необходимо создать систему подготовки специалистов-климатологов и метеорологов, что в последующем даст возможность организовать соответствующие научно-исследовательские структуры.

Ратификация, одобрение и присоединение к Рамочной Конвенции ООН об изменении климата 186 стран свидетельствует о признании мировым сообществом того факта, что климатические изменения представляют собой серьезную угрозу социально-экономическому развитию стран мира.

В соответствии с "Национальной стратегией устойчивого развития Республики Беларусь валовой внутренний продукт (ВВП) к 2010 г. превысит на 20-30% уровень 1990 г., что потребует проведения соответствующих мер по уменьшению выбросов парниковых газов и их прекурсоров, увеличению поглощения углекислого газа лесными системами и естественными болотами, а также проведения мер по адаптации экономики к изменяющемуся климату. Решить эти вопросы можно в рамках Национальной климатической программы, проект которой был разработан в 1999 г., но уже требует введения ряда уточнений и дополнений.

#### **Основные цели и задачи Национальной климатической программы.**

Основные цели программы заключаются в следующем:

- создать эффективную систему обеспечения органов государственной власти, министерств и ведомств, населения республики надежной гидрометеорологической информацией и прогнозами возможных изменений климата для предотвращения отрицательных и учета положительных последствий изменений климата для экономики и здоровья населения;
- уменьшить ущерб от опасных изменений климата;
- обеспечить выполнение международных обязательств Республики Беларусь в соответствии с Рамочной Конвенцией ООН об изменении климата и Киотским Протоколом по уменьшению антропогенных изменений климата путем стабилизации (уменьшения) концентраций парниковых газов.

Эти цели могут быть реализованы посредством решения следующих задач:

- развитие сети гидрометеорологических наблюдений, усовершенствование системы сбора, анализа, контроля, хранения и распространения климатической информации в целях наиболее полного и своевременного обеспечения государственных и других органов, а также отдельных граждан климатической информацией;
- проведение инвентаризации источников и стоков парниковых газов;
- проведение национальной политики и принятие соответствующих мер по ограничению антропогенных выбросов и увеличению стоков парниковых газов;
- обеспечение эффективного использования климатических ресурсов всеми отраслями экономики, здравоохранения и др.;
- улучшение применения климатической информации в интересах различных отраслей хозяйственной деятельности;
- улучшение понимания процессов и факторов, оказывающих влияние на климат;
- получение более полных оценок воздействия естественных и антропогенных факторов на региональный и местный климат,
- разработка прогнозов (сценариев) изменения климата и экстремальных климатических явлений (засух, наводнений, суровых и теплых зим);
- разработка рекомендаций по оценке возможных социально экономических и экологических последствий изменения климата в Беларуси в целях адаптации экономики страны к новым климатическим условиям. Совершенствование использования и охраны природных ресурсов, зависящих от климатических условий,
- создание научно-технической и нормативно-правовой базы по предотвращению опасных изменений климата и адаптации развития экономики Республики Беларусь к изменениям климата.

Программа должна быть долговременной и состоять из нескольких этапов. Первый пятилетний этап (2004-2008 гг.) выполнения программы будет включать проведение научных исследований, направленных на решение первоочередных задач по созданию системы управления климатическими данными, включая инвентаризацию источников и стоков парниковых газов, разработку научных основ прогнозирования изменения климата, разработку национальной стратегии по уменьшению воздействия на климат. На втором этапе выполнения Национальной климатической программы (2009-2020 гг.) акцент будет сделан на разработку системы комплексных, взаимоувязанных технико-экономических и организационно-технических мероприятий по снижению антропогенного воздействия на климат и адаптации экономики к изменяющемуся климату. Этот этап потребует больших финансовых вложений, поскольку связан с разработкой и внедрением новых технологий производства, снижающих выбросы парниковых газов, широкомасштабным проведением энергосберегающей политики и переходом на новые источники энергосбережения, лесовосстановления и т.д.

Национальная климатическая программа должна быть интегрирована во Всемирную климатическую программу с целью кооперации климатических исследований и осуществления общепринятой стратегии по уменьшению негативных воздействий изменения климата на экономику.

#### **Структура Национальной климатической программы.**

Национальная климатическая программа состоит из четырех основных подпрограмм:

1. Подпрограмма климатических данных, включающая вопросы оптимизации сети наблюдений, создания системы наблюдений и оценки источников и стоков парниковых газов, аэрозолей естественного и антропогенного происхождения; создания системы управления данными.

2. Подпрограмма исследований изменения климата, включающая вопросы влияния антропогенной деятельности на климат, разработки физических основ предсказания изменений климата и экстремальных климатических явлений и др.

3. Подпрограмма применения знаний о климате в народном хозяйстве и адаптация экономики к изменениям климата, включающая такие главные вопросы, как:

- разработка методов оценки влияния климата на различные отрасли хозяйственной деятельности;
- оценка экономической эффективности использования климатической информации;
- предупреждение отрицательных последствий изменения климата для экономики Беларуси посредством своевременной и наиболее полной адаптации различных отраслей хозяйственной деятельности к изменяющемуся климату.

К этой подпрограмме нами отнесены вопросы социально-экономических последствий изменения климата, хотя структурно они могут составить и самостоятельную подпрограмму.

4. Подпрограмма разработки Национальной стратегии и системы мер по уменьшению антропогенного воздействия на климат.

## 2. ЭНЕРГЕТИКА

На долю энергетики, включающей все процессы энергетической деятельности, связанные с добычей, хранением, транспортировкой и использованием (сжиганием) органического топлива, в структуре выбросов газов с прямым парниковым эффектом по категориям источников (без учёта поглощения  $\text{CO}_2$ ) приходится:

диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) – ~70%

метана ( $\text{CH}_4$ ) – 38,6%

заиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – 2,4%

Структура источников выбросов от энергетики основного антропогенного парникового газа ( $\text{CO}_2$ ) по уровню 2000 г. такова: энергетика – переработка топлива, производство и передача энергии (64,3%), транспорт (~11%), промышленность (~7%), коммунально-бытовой сектор (~10%).

В связи с определяющей ролью эмиссии  $\text{CO}_2$  от энергетического использования (сжигания) топлива в общей национальной эмиссии парниковых газов, основные положения стратегии ограничения эмиссии парниковых газов будут также связаны, в первую очередь, с проблемами ограничения эмиссии  $\text{CO}_2$  в энергетической системе страны.

В экономике Беларуси, при дефиците собственных энергоресурсов, топливно-энергетический комплекс (ТЭК) является важнейшей составляющей в обеспечении функционирования и развития производительных сил, в повышении жизненного уровня населения.

### 2.1. Прогноз развития энергетического комплекса

Главной проблемой развития и функционирования топливно-энергетического комплекса Беларуси является высокая зависимость от импорта.

Потребность республики в энергоносителях на 15-18% обеспечивается за счёт собственных ресурсов, добываемых на территории Беларуси (нефть, попутный газ, топливный торф, дрова и прочие) остальная – за счёт импорта, при этом в 2002 году в общем импорте доля России составляет 97,1%.

Соотношение доли местных и импортируемых ТЭР постоянно изменяется в сторону увеличения доли местных ТЭР (прежде всего дров и древесных отходов).

В соответствии с Концепцией Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2020 г. развитие топливно-энергетического комплекса будет направлено на устойчивое обеспечение потребностей страны в ТЭР с учётом их рационального использования.

Приоритетными направлениями должны стать:

- обеспечение энергетической безопасности республики и повышение её энергетической независимости на основе оптимизации структуры топливно-энергетического баланса (увеличение доли вторичных энергетических ресурсов, местных видов топлива, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии – ветро-, гелио-, биоэнергетики, малой гидроэнергетики), широкого внедрения новых эффективных технологий производства электроэнергии, дальнейшего развития электроэнергетической системы, реализации мер по энергосбережению во всех секторах экономики, включая социальную сферу;
- развитие прогрессивных технологий переработки нефти, повышающих уровень её использования и качество нефтепродуктов;

- совершенствование форм взаимодействия ТЭК с окружающей средой в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду;
- диверсификация поставок ТЭР по видам энергоносителей и поставщикам.

Концепция Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2020 г. предусматривает структурную перестройку промышленности, которая должна быть направлена на дальнейшее укрепление и развитие перспективных подотраслей и производств на основе внедрения новой техники и прогрессивных ресурсо-, энергосберегающих экологически чистых технологий; замедлении темпов развития традиционных, в основном металло- и энергоёмких подотраслей и производств; некоторого снижения доли машиностроения и металлообработки.

Проведение мероприятий по снижению эмиссии парниковых газов в Беларуси основывается на положениях общей национальной стратегии наиболее эффективного реагирования на ожидаемые климатические изменения с целью предотвращения их отрицательных последствий.

Главными требованиями к проведению мероприятий в этой области являются следующие:

1. Национальные мероприятия по реагированию на изменения климата должны быть скоординированы с общим комплексом мер Концепции Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2020 г. с тем, чтобы не допустить неблагоприятного воздействия этих мероприятий на условия жизни общества.

2. Приоритетные мероприятия в рассматриваемой области должны обеспечить (при минимальных затратах) выполнение обязательств Беларуси по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата.

Как и другие сектора экономики, ТЭК страны в 90-х годах испытал кризис. Валовое потребление топливно-энергетических ресурсов до 1995 г. имело устойчивую тенденцию к сокращению, после чего стабилизировалось на уровне 35-37 млн. т у. т.

Экономика Беларуси характеризуется высоким уровнем энергоёмкости ВВП. В соответствии с мировой практикой, для оценки эффективности потребления ТЭР используется показатель энергоёмкости ВВП, величина которого в республике (по паритету покупательской способности) на 01.01.2000 г. составила 0,503 кг у.т./US\$@ppp (для сравнения в 1996 г. США – 0,404; Финляндия – 0,420; Великобритания – 0,284). В тот же период энергопотребление на душу населения в республике составило 3430 кг у.т./чел. (в 1996 г. США – 11284; Финляндия – 8016; Великобритания – 5416).

За период 1990-1995 гг. при снижении объёма ВВП на 34,8%, энергоёмкость ВВП упала на 14,1% – что вызвано в основном снижением потребления ТЭР в результате спада производства. Принятый комплекс мер по реформированию и либерализации экономики, государственной поддержки приоритетных отраслей и производств создали условия, при которых впервые после 1992 г. прекратился спад и, начиная с 1996 г., обеспечен ежегодный прирост валового внутреннего продукта. При росте ВВП в 1999 г. относительно 1995г. на 28,3%, валовое потребление ТЭР (без учёта сырья) в республике в 1999 и 2000 гг. практически остаётся на уровне 1995 г. При росте ВВП (1995-2000 гг.) на 37%, энергоёмкость ВВП снизилась на 28%, что связано с подъёмом экономики и проведением активной энергосберегающей политики.

Наряду с положительной тенденцией снижения энергоёмкости ВВП (кг у. т./\$ США) прослеживается негативная тенденция увеличения затрат на энергоносители для получения единицы ВВП (\$ США/\$ США). В 1998 г. по сравнению с 1996 г. энергоёмкость ВВП снизилась на 14,7%, а затраты на энергоносители в расчёте на единицу ВВП возросли на 6,3% и следовательно, усилия по экономии энергоносителей недостаточны для компенсации роста затрат на ТЭР. Такое положение обусловлено не столько ростом цен на импорт энергоносителей, сколько значительным ростом затрат по их транспортировке и преобразованию внутри республики.

Суммарная экономия ТЭР в республике в сопоставимых условиях с 1996 по 2000г. оценивалась специалистами на уровне 6,8 млн. т. у. т., в том числе более 4 млн. т.у.т.– за счет проведения энергосберегающих мероприятий и более 2 млн. т.у.т. – за счет дополнительных мер.

В течение 1996 – 1998 гг. в Беларуси создана правовая основа эффективного использования топливно-энергетических ресурсов: в июле 1998 г. вступил в силу закон «Об энергосбережении»; в 2000 г. разработана Республиканская программа по энергосбережению (Программа) на период до 2005 г.; принят ряд постановлений Совета Министров республики, скорректированы и разработаны строительные нормы и правила, стандарты Республики Беларусь; подготовлен ряд документов методического плана; разработаны долгосрочные отраслевые и региональные программы энергосбережения; с учётом достигнутых показателей уточняются прогнозные.

В решении концептуальных задач важная роль отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления ТЭР посредством создания и использования законодательной, нормативной базы и экономических стимулов рационального использования ТЭР.

Финансирование наиболее значимых мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов в рамках программы по энергосбережению осуществляется за счёт средств инновационного фонда «Минэнерго», отраслевых инновационных фондов, государственного бюджета, республиканского фонда «Энергосбережение», собственных средств предприятий, льготных кредитов.

В целях создания условий для реализации энергосберегающей политики разработаны экономические механизмы – тарифные, штрафные и поощрительные.

Реализация потенциала энергосбережения в республике в период 1996-2000 гг. проводилась в соответствии с приоритетными направлениями, указанными в Программе, такими как:

- модернизация и повышение эффективности котельных;
- внедрение парогазовых и газотурбинных установок;
- оптимизация режимов и схем теплоснабжения;
- перевод паровых котлов в водогрейный режим;
- замена электродкотельных на более экономичные теплоисточники;
- внедрение систем учета и регулирования энергии;
- использование вторичных энергоресурсов;
- уменьшение потерь при передаче энергии;
- внедрение частотно-регулируемых приводов;
- установка энергоэкономичных осветительных устройств;

- внедрение новых энергосберегающих технологий, оборудования, материалов;
- внедрение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- реализация экономического механизма стимулирования работ по энергосбережению и другими направлениями.

Разработанные и внедренные в этот период организационно-экономические механизмы стимулирования энергосбережения позволили во многом устранить бесхозяйственность в использовании ТЭР и стимулировать внедрение быстрокупаемых технических и технологических мероприятий.

За весь истекший период реализации Основных направлений энергетической политики (с 1996 г.) из-за систематической задержки платежей многих потребителей ТЭР финансовое состояние отраслей ТЭК постоянно ухудшалось. В результате не реализованы запланированные темпы обновления и модернизации основных фондов, т.е. кризис морального и физического старения оборудования продолжает усугубляться.

Сохраняется огромный нереализованный потенциал энергосбережения в коммунально-бытовой сфере, энергетике, промышленности, сельском хозяйстве.

С учётом реализации потенциала в 1996 – 2000 гг. и вариантов развития экономики республики на период 2001-2005 гг. потенциал энергосбережения к 2005 г. оценивается на уровне 5575-7234 тыс. т.у.т. (~50% – в коммунально-бытовом секторе, ~13,5% – в энергетике).

По итогам достигнутых показателей 2000 -2002 гг. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №1820 от 27.12.2002 г. были определены дополнительные меры по экономному и эффективному использованию ТЭР на 2003-2005 гг. республиканским органам государственного управления, иным государственными организациями, подчинённым Правительству Республики Беларусь:

- установлены на 2003-2005 гг. задания по ежегодному снижению энергоёмкости ВВП не менее чем на 4,5%;
- определено ежегодное снижение потребления ТЭР в реальном секторе экономики на 7% с доведением конкретных заданий по Министерствам и ведомствам;
- определены объёмы замещениякупаемых за пределами Беларуси топливно-энергетических ресурсов местными видами топлива (торф, биомасса) и нетрадиционными источниками энергии не менее , чем на 600 тыс. т у.т. в 2005 году относительно 2002 г. в том числе на 200 тыс. т у.т. - в 2003 г.

Организационно-экономической основой политики энергосбережения в перспективе должно стать развитие необходимой законодательно-правовой и нормативно-технической базы, в состав которой войдут ГОСТЫ, СНИПы, отраслевые нормы технологического проектирования и ряд других документов нормативного характера, определяющих требования в области энергосбережения.

К основным техническим приоритетам деятельности в области энергосбережения в период до 2005 г. относятся:

- повышение эффективности работы генерирующих источников за счет изменения структуры генерирующих мощностей в сторону расширения внедрения парогазовых и газотурбинных технологий, увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении, преобразования котельных в мини-ТЭЦ, оптимизации режимов работы энергоисточников и оптимального распределения нагрузок энергосистемы;

- модернизация и повышение эффективности работы котельных за счет перевода паровых котлов в водогрейный режим, тепловых сетей; отбора дутьевого воздуха с верхней части здания котельных; установки экономайзеров и других теплообменников для утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР); оснащения котлов автоматикой контроля процессов сжигания и регулирования, либо производственного контроля (мониторинга) топочного режима котлов на базе портативных измерителей тепловых потерь в увязке с режимами потребления тепловой энергии, установки аккумуляторов теплоты и др.;

- внедрение котельного оборудования, работающего на горючих отходах производства, сельского и лесного хозяйства, деревообработки;

- снижение потерь и технологического расхода энергоресурсов при транспортировке тепловой и электрической энергии, природного газа, нефти и нефтепродуктов за счет снижения расходов на собственные нужды обслуживаемых подразделений, технического перевооружения и оптимизации режимов загрузки электрических сетей и трансформаторных подстанций, тепловых сетей и тепловых пунктов, компрессорных станций на газопроводах, насосных в тепловых сетях, на нефте- и продуктопроводах с внедрением регулируемого электропривода;

- создание мини-ТЭЦ на базе ПГУ и ГТУ на компрессорных станциях газопроводов;

- создание технических условий (объединение тепловых сетей, строительство перемычек, аккумуляторов теплоты и т.п.) для максимальной передачи нагрузок от котельных любых ведомств на ТЭЦ со стоимостью тепловой энергии для владельцев котельных на уровне ее себестоимости на ТЭЦ;

- наладка и автоматическое регулирование гидравлических и тепловых режимов тепловых сетей (перерасчет и шайбирование, замена сетевых насосов, регулировка и т.п.);

- замена отопительных электродкотельных на топливные котлы (преимущественно на местных видах топлива, горючих отходах), а также перевод всевозможных электросушильных установок и нагревательных печей (где это целесообразно) на топливоиспользующие установки;

- внедрение автоматических систем регулирования потребления энергоносителей в системах отопления, освещения, горячего и холодного водоснабжения и вентиляции жилых, общественных и производственных помещений, в технологических установках всех типов;

- разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий при нагреве, термообработке, сушке изделий, новых строительных и изоляционных материалов с улучшенными теплофизическими характеристиками и, в частности, спецдобавок при производстве железобетонных изделий; энерготехнологических комплексов при производстве цемента, стекла, кирпича, переработке нефти, на предприятиях химической и пищевой промышленности и т.п.;

- дальнейшее развитие системы учета всех видов энергоносителей, включая учет их расхода на отопление жилых помещений, а также внедрение многотарифных счетчиков энергии;

- максимальная утилизация тепловых вторичных энергоресурсов (горячей воды, конденсата, дымовых газов, вентвыбросов, канализационных стоков) в технологических процессах, системах отопления и горячего водоснабжения промышленных узлов и отдельных городов и населенных пунктов;

- разработка и внедрение эффективных биогазовых установок для производства горючих газов и удобрений из отходов животноводства, растениеводства, специально выращиваемой биомассы;
- разработка и внедрение технологии использования бытовых отходов для топливных целей;
- внедрение теплонасосных установок на промышленных предприятиях в централизованных и индивидуальных системах отопления;
- экономически целесообразное внедрение ветро-, гелио- и других нетрадиционных источников энергии;
- техническое перевооружение автомобильного транспорта и тракторов, включая перевод на дизельное топливо, сжиженный и сжатый природный газ, разработка и внедрение экономичных двигателей, совершенной системы диагностики и регулирования, оптимальных режимов эксплуатации;
- разработка и внедрение технологии получения топлива для дизельных установок из метанола и рапсового технического масла;
- разработка, организация производства и внедрение энергосберегающего оборудования, приборов, материалов;
- децентрализация систем энергообеспечения потребителей теплом, топливом, сжатым воздухом с малыми нагрузками и резкопеременными режимами работы;
- максимальное снижение энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве путем внедрения регулируемых систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, освещения и утилизации тепла вентвыбросов, сточных вод, использования энергоэффективных строительных материалов, конструкций, гелиоподогревателей.

Стратегической целью деятельности в области энергосбережения в период до 2015 г. должно стать снижение энергоёмкости ВВП в сравнении с 1999 г. на 40-45% и в результате этого – снижение зависимости республики от импорта ТЭР, что может быть достигнуто за счёт:

- структурной перестройки отраслей экономики и промышленности, повышения коэффициента полезного использования энергоносителей в результате внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования, приборов и материалов, утилизации ВЭР;
- увеличения в топливном балансе республики удельного веса местных видов топлива и отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- внедрение котельного оборудования, работающего на горючих отходах производства, сельского и лесного хозяйства, деревообработки, бытовых отходах.

В соответствии с Основными направлениям энергетической политики Республики Беларусь на 2001-2005 гг. и на период до 2015 года – основной целью Энергетической политики Республики Беларусь является поиск путей и формирование механизмов оптимального развития и функционирования отраслей ТЭК, а также техническая реализация надежного и эффективного энергообеспечения всех отраслей экономики и населения, обеспечивающих производство конкурентоспособной продукции и достижение стандартов уровня и качества жизни населения высокоразвитых европейских государств при сохранении экологически безопасной среды.

Достижение поставленной цели должно базироваться на:

- определении влияния уровня развития производительных сил и социальных условий жизни населения на потребление энергоносителей;
- определении оптимального соотношения импорта и собственного производства энергоносителей, включая максимальное использование нетрадиционных и возобновляемых источников;
- выборе надежных и экономически выгодных поставщиков ТЭР из-за пределов республики;
- сохранении единства технологического управления в масштабах ТЭК;
- рациональной структуре энергетических мощностей и систем транспорта энергоносителей;
- надежном и экономичном энергообеспечении потребителей с максимально эффективным использованием энергоносителей за счет внедрения энергосберегающих организационно-технических мероприятий;
- использовании геополитического положения республики для транзита всех видов энергоносителей, а также экспорта электроэнергии собственного производства;
- удовлетворении интересов областей и отдельных городов в обеспечении энергоносителями путем расширения их доли собственности в основных фондах энергетических объектов, включая создание собственных муниципальных объектов, что предполагает и расширение прав в управлении и получении доходов, однако требует сохранения единства технологического управления в масштабах ТЭКа;
- учете принципиальных особенностей энергообеспечения районов, загрязненных радионуклидами;
- технической политике, ориентированной на коренное повышение экономичности производства, распределения и использования ТЭР, экологической безопасности объектов ТЭКа;
- приоритетах глубокой переработки нефти на НПЗ и комплексного использования углеводородного сырья;
- замещении светлых нефтепродуктов в двигателях внутреннего сгорания.

Цели энергетической политики достигаются с помощью:

- ценовой и налоговой политики, обеспечивающей ликвидацию диспропорций в ценах (тарифах) на энергоносители и другие товары либо услуги при постепенном переходе к ценам и тарифам, которым соответствуют мировые цены в качестве верхнего предела и цены самофинансирования в качестве нижнего;
- формирования конкурентной среды во всех отраслях ТЭКа путем создания полноценных хозяйственных субъектов рынка и рыночной инфраструктуры;
- создания нормативной правовой базы и разработки системы нормативных актов, регулирующих взаимоотношения субъектов энергетического рынка между собой, с органами государственного управления и общественностью;
- совершенствования механизмов стимулирования широкого экономически целесообразного вовлечения в топливный баланс местных топливных ресурсов, возобновляемых источников энергии, бытовых и производственных отходов;
- проведения активной инвестиционной политики.

*Основные программные документы развития ТЭК:* Основные направления энергетической политики Республики Беларусь на 2001-2005гг. и на период до 2015г.,

утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.10.2000 г. № 567, Республиканская программа энергосбережения на 2001–2005 годы одобрена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16.01.2001 г. № 56, Отраслевая программа по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды на 2003-2005гг. концерна «БЕЛЭНЕРГО».

#### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА 2001-2005 гг. И НА ПЕРИОД ДО 2015 г.

##### *Экологические аспекты развития ТЭК.*

За последний период воздействие ТЭК на окружающую среду продолжало снижаться вследствие суммарного сокращения потребления котельно-печного топлива, увеличения потребления природного газа за счет сокращения мазута, внедрения экологически чистых технологий и оборудования.

Постоянное сокращение выбросов оксидов азота, углерода и серы позволяет Беларуси выполнять обязательства Конвенции о трансграничных переносах, хотя для республики экологический результат достаточно скромный, т.к. выпадение оксидов более чем на 70% обусловлено переносом из западных стран. При этом вклад всех источников Республики Беларусь в общем выпадении составляет 10,4%, а от предприятий ТЭК – лишь 2,5%. В результате эффект от сокращения выбросов объектов ТЭК практически не просматривается, однако это не снижает ответственности объектов ТЭК по сокращению вредных выбросов в окружающую среду.

Экологическая часть Энергетической политики включает:

1. Сокращение выбросов вредных веществ энергетическими объектами за счет относительно недорогих мероприятий – внедрение многоканальных горелочных устройств, организации многоступенчатого сжигания топлива путем рециркуляции дымовых газов, замещение мазута природным газом, создание систем непрерывного контроля и регулирования выбросов по объектам.
2. Распределение инвестиций для внедрения экологически прогрессивных мероприятий должно осуществляться на базе комплексных эколого-экономических расчетов с ранжированием приоритетов по минимизационным затратам на единицу сокращения выбросов.
3. Формирование тарифной и ценовой политик, стимулирующих все хозяйствующие субъекты к разработке и внедрению экологически чистых технологий и оборудования
4. Продолжение внедрения на НПЗ технологии глубокой переработки нефти, которая обеспечивает производство мазута любой сернистости.
5. Совершенствование системы мониторинга состояния атмосферы и системы оперативного управления, включающей экономическое и административное воздействие и охватывающей все источники выбросов.
6. Совершенствование законодательной базы в соответствии с экономическими возможностями республики и мировыми стандартами.

#### РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ПРОГРАММА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДО 2005 г.

##### *1. Основные положения республиканской программы энергосбережения до 2005 г.*

Высшим приоритетом энергетической политики Республики Беларусь наряду с устойчивым обеспечением страны энергоносителями является создание условий для

функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов.

Целью Республиканской программы энергосбережения до 2005 г. является определение приоритетов деятельности органов управления различных уровней и хозяйствующих субъектов по вопросам рационального использования ТЭР, разработка проектов и мероприятий по отраслям с оценкой требуемых объемов инвестиций, их эффективности и сроков реализации.

Основные концептуальные задачи Республиканской программы:

1. Достижение к 2015 году энергоемкости ВВП уровня промышленно развитых стран.
2. До 2005 г. обеспечение планируемого прироста ВВП без увеличения потребления ТЭР.

### ***2. Общие направления и приоритеты энергосберегающей политики.***

Стратегической целью деятельности в области энергосбережения на период до 2005 г. должно стать снижение энергоемкости ВВП и, в результате этого, снижение зависимости республики от импорта ТЭР, что может быть достигнуто за счет:

- структурной перестройки отраслей экономики и промышленности;
- повышения коэффициента полезного использования энергоносителей в результате внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования, приборов и материалов, утилизации вторичных энергоресурсов;
- увеличения в топливном балансе республики доли менее дорогих видов топлива, а также местных видов топлива и отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

С точки зрения снижения выбросов парниковых газов Республиканская программа выглядит двояко: с одной стороны, снижение потребление топлива объективно вызывает снижение эмиссий парниковых газов, с другой стороны, увеличение доли местного топлива с более высокими коэффициентами эмиссии повлияет на фактическую эмиссию парниковых газов.

Поэтому в этом разделе подробнее рассматриваются меры по снижению потребления топлива и, как следствие, уменьшение эмиссии парниковых газов.

Организационно-экономические направления:

- разработка новых и совершенствование существующих экономических механизмов, стимулирующих повышение энергоэффективности производства продукции и оказания услуг;
- осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений и проведение регулярных энергетических обследований хозяйствующих субъектов;
- пересмотр тарифной политики на тепловую, электрическую энергию и топливо.

Технико-технологические направления:

1. Повышение эффективности работы генерирующих источников за счет изменения структуры генерирующих мощностей в сторону расширения внедрения парогазовых и газотурбинных технологий.
2. Модернизация и повышение эффективности работы котельных за счет перевода паровых котлов в водогрейный режим.
3. Модернизация тепловой изоляции на всех элементах и оборудовании котельных и тепловых сетей.

4. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий при нагреве, термообработке, сушке изделий, новых строительных и изоляционных материалов с улучшенными теплофизическими характеристиками.
5. Максимальная утилизация тепловых вторичных энергоресурсов в технологических процессах, системах отопления и горячего водоснабжения промышленных узлов и населенных пунктов.
6. Оснащение котлов автоматическими системами контроля процессов сжигания и регулирования, автоматическое регулирование гидравлических и тепловых режимов тепловых сетей, потребления энергоносителей в системах отопления, освещения, горячего и холодного водоснабжения и вентиляции жилых, общественных и производственных помещений.
7. Дальнейшее развитие системы учета всех видов энергоносителей.
8. Экономически целесообразное внедрение нетрадиционных источников энергии.

Реализация вышеуказанных мероприятий позволит обеспечить прогнозные макроэкономические показатели, представленные в таблице 2.1, где первый вариант развития экономики республики базируется на данных проекта Концепции программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001-2005 гг., прогнозирующей рост ВВП на 23,1% по сравнению с 2000г. (абсолютные значения ВВП по паритету покупательной способности рассчитаны на основании данных Европейской программы сопоставлений), а второй – по прогнозу Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь

Таблица 2.1.

**Динамика основных фактических макроэкономических  
и энергетических показателей Республики Беларусь**

Сценарии развития	ВВП в 2000 г., млн. US\$@ppp	ВВП в 2005 г., млн. US\$@ppp	Среднегодо- вой рост ВВП, %	Экономия ТЭР в 2005 г. к 2000 г.		Среднегод- овая экономия ТЭР, %	Энергоем- кость ВВП в 2005 г., кг у.т./ US\$@ppp
				тыс.тут	%		
Вариант 1	67 400	82 948	4,24	7234	23	4,6	0,379
Вариант 2	67 400	79 351	3,32	5575	17,7	3,54	0,396

### ***3. Инвестиционная и тарифная политики***

Основным источником финансирования энергосберегающих проектов являются и очевидно в ближайшее время останутся собственные и привлеченные средства предприятий.

Для реализации крупных инвестиционных проектов наиболее приемлемым источником финансовых ресурсов являются зарубежные банки. Однако это возможно при условии, если предложенная схема финансирования будет предусмотрена международными программами.

Помимо вышеуказанных источников финансирования систему финансового обеспечения государственной энергосберегающей политики должны составить следующие формы и источники финансирования:

- акционерные инвестиции;
- лизинговое финансирование;
- фонды «Энергосбережение» в бюджетной сфере.

В республике продолжает действовать практика, когда электрическая энергия реализуется потребителям по регулируемым Минэкономики тарифам.

Существующая система тарифообразования на тепловую и электрическую энергию, с применением перекрестного субсидирования, отрицательно сказывается на функционировании отраслей экономики.

Суть основных принципов тарифной политики с точки зрения энергосбережения формулируется следующим образом:

1. Тарифы на все виды энергоносителей должны обеспечивать сбалансированность социально-экономических интересов производителей и общества, имея в виду, в первую очередь, сведения к минимуму перекрестного субсидирования льготированных групп потребителей с принятием адекватных мер по защите малоимущих слоев населения.
2. Уровень тарифов на электро- и теплоэнергию, а также цен на топливо должен создать экономические условия, обеспечивающие развитие энергосберегающих технологий в производственных процессах производителей и потребителей ТЭР.
3. Своевременность и обоснованность корректировки тарифов.

В развитие Основных направлений, Республиканской программы энергосбережения были приняты Отраслевые программы и Постановление Совета Министров РБ №1820 от 27.12.02 «О дополнительных мерах по экономному и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов».

Так, в частности, Программа по энергосбережению Министерства жилищно-коммунального хозяйства на 2003-2005гг. наметила 20%-сокращение потребления ТЭР за счет следующих основных направлений: снижение потерь теплоэнергии в сетях за счет оптимизации протяженности теплотрасс, прокладки предизоляционных труб, улучшения теплоизоляции, снижение расхода топлива за счет внедрения индивидуальных тепловых пунктов, пластинчатых подогревателей и др. оборудования, реконструкция котельных с переводом на газ, снижение расхода электроэнергии на перекачку и очистку канализационных стоков за счет внедрения новых технологий, оптимизация работы насосного и воздухоудвигного оборудования, снижение отпуска тепла с горячей водой за счет использования комплексной работы приборов автоматического регулирования на системах горячего водоснабжения и отопления, снижение расхода топлива за счет установки высокоэффективных пластинчатых подогревателей, частотно-регулирующих электроприводов и др.

В результате, потребление ТЭР в жилищно-коммунальном хозяйстве сократится к 2005г. с 2414,4 до 1931,6 тыс. т.у.т.

**ОТРАСЛЕВАЯ ПРОГРАММА ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА 2003-2005 гг.  
КОНЦЕРНА «БЕЛЭНЕРГО»**

Разработка Программы обусловлена необходимостью определения основных направлений природоохранной деятельности в области энергетики, нацеленных на обеспечение рационального использования природных ресурсов и дальнейшее оздоровление окружающей среды в ближайшей перспективе (2003-2005гг.)

Программа представляет комплекс мероприятий по решению ближайших задач в энергетике по снижению воздействия на окружающую среду наиболее эффективными способами и методами в условиях дефицита финансовых ресурсов.

*Цели Программы:*

1. Определение основных направлений природоохранной деятельности в области энергетики на 2003-2005гг.
2. Дальнейшее снижение вредного воздействия объектов энергетики на окружающую среду.

*Задачи Программы:*

1. Обеспечение комплексного подхода к рациональному использованию и сбережению топливно-энергетических и водных ресурсов.
2. Дальнейшее снижение выбросов вредных веществ за счет совершенствования технологических процессов.
3. Совершенствование системы локального мониторинга за состоянием окружающей среды.
4. Разработка предложений пообъектно по снижению нагрузки на окружающую среду с учетом дефицита финансовых ресурсов.

В Отраслевой Программе отмечены два важных момента:

1. При сохранении существующих пропорций топливного баланса строительство сероулавливающих установок маловероятно да и нецелесообразно, т.к. это требует огромных инвестиций (соизмеримых со стоимостью станций), которые вследствие большой доли времени простоя (70-90% в течение года) будут омертвлены.
2. Строительство азотоулавливающих установок в рассматриваемый период также маловероятно из-за весьма больших затрат и, вследствие этого, высокой стоимости пресеченного выброса. Эффективность этого метода (затраты на единицу пресеченного выброса) на 1-2 порядка ниже режимно-технологических мероприятий.

Основными решениями по уменьшению выбросов окислов азота остаются технологические (топочные) мероприятия, обеспечивающие снижение эмиссии окислов азота. Не менее важным является предложение по внедрению производственного контроля топочного режима котлов с помощью переносных или стационарных приборов, что позволяет уменьшить расход топлива, эмиссию окислов азота и климатообразующего диоксида углерода.

Мероприятия, связанные с использованием газоанализаторов, были описаны в предыдущей отраслевой программе, имеющийся опыт подтверждает высокую экологическую и экономическую эффективность этих мероприятий.

Одной из актуальных работ, включенных в программу является – «Исследования по выявлению резервов экономии топлива на энергетических котлах ведением контроля по СО». Цель этой работы – определить экологические резервы, которые могут быть сравнительно легко (практически без дополнительных капитальных вложений) выявлены и устранены за счет перехода на режим работы при критических избытках воздуха при содержании СО в дымовых газах до 10-20 ppm.

Дальнейшая модернизация и техперевооружение объектов энергетики с применением современных энергетических установок, использование комбинированных схем выработки тепловой и электрической энергии, освоение передовых технологий сжигания топлива позволят получить как энергосберегающий, так и природоохранный эффект.

#### ТРАНСПОРТ

Поскольку, в соответствии с методологией МГЭИК, сжигание топлива на транспорте входит в модуль «Энергетика», то политика и меры по снижению эмиссий парниковых газов

в транспортном комплексе Республики Беларусь рассмотрены в настоящем разделе.

По данным инвентаризации выбросов парниковых газов основным источником выбросов в транспортном комплексе является автотранспорт, на его долю приходится около 75% выбросов CO<sub>2</sub>, и поэтому основное внимание сконцентрировано именно на автотранспорте.

Особенности автотранспортного комплекса Республики Беларусь:

- снижение объема грузоперевозок;
- наблюдается тенденция к значительному сокращению транспортных средств общего пользования. Одновременно отмечается тенденция роста количества автомобилей в личной собственности граждан и организаций негосударственной собственности;
- остается высокой степень износа основных производственных фондов, транспортных средств и сооружений;
- существующая система государственной статистики создает искаженные представления об использовании нефтемоторных, газомоторных топлив и, следовательно, о загрязнении окружающей среды отработавшими газами пассажирским транспортом, т.к. учитывают только влияние пассажирских автобусов, а также легковых служебных автомобилей и такси, которые не принадлежат индивидуальным владельцам и не учитывают легковые автомобили личного пользования и пассажирские автобусы, принадлежащие индивидуальным владельцам. Отсутствие статистических данных о влиянии на окружающую среду транзитного транспорта.

Необходимо отметить, что в условиях ожидаемого в перспективе подъема экономики и при сохранении существующих тенденций в развитии транспортного комплекса, республика столкнется с целым рядом трудностей и проблем, связанных с увеличением объемов дорожного движения, численности и структуры парка транспортных средств в условиях значительного отставания от потребности, в протяженности транспортных коммуникаций и низкого их качества, невысокого изначального технического уровня транспортных средств, их эксплуатационного состояния.

Это повлечет за собой резкое ухудшение таких показателей работы транспорта, как безопасность движения и воздействие на окружающую среду.

С целью обеспечения экологической безопасности эксплуатации, ремонта и обслуживания автомобилей необходимо пересмотреть действующую нормативно-методическую базу с учетом структурных преобразований в отрасли и изменений в нормативных и законодательных актах, касающихся вопросов охраны окружающей среды.

Развитие автотранспортной системы Республики Беларусь на период 2005-2015гг. основано на основных направлениях совершенствования автотранспортной системы, которые отражены в «Концепции развития транспортного комплекса Республики Беларусь», «Государственной Программе развития транспортного комплекса Республики Беларусь», «Концепции социально-экономического развития системы Минтранса Республики Беларусь до 2015г.».

Основные программные документы по охране окружающей среды в автотранспортном комплексе – Программа по экологии на 2002-2005гг. и Концепция снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду (проект).

Целью программы по экологии на 2003-2005гг. является комплексное решение проблем, связанных с улучшением экологических показателей транспортной отрасли:

повышение экологической безопасности транспорта, снижение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, создание условий, обеспечивающих снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду в условиях дефицита финансовых средств, поддержание благоприятной экологической среды.

Накопленный опыт по борьбе с негативным влиянием автомобильного транспорта на окружающую среду определил комплекс мероприятий, представленных в программе:

*1. Нормативно-правовое обеспечение:*

- разработка Концепции по решению экологических проблем на транспорте до 2010 г.;
- разработка системы экологического аудирования в организациях отрасли;
- разработка системы отраслевого мониторинга окружающей среды.

*2. Организационное обеспечение:*

- разработка принципов комплексного управления природоохранной деятельностью в организациях отрасли;
- обеспечение постоянного контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу от транспортных средств;
- снижение порожних пробегов и повышение использования грузоподъемности подвижного состава;
- снижение расхода автомобильного топлива за счет совершенствования структуры автомобильного парка.

*3. Техническое обеспечение и модернизация оборудования:*

- организация постов контроля токсичности и дымности отработавших газов, оснащение предприятий диагностическим и газоаналитическим оборудованием;
- переоборудование автомобилей отдельных предприятий в газобаллонные, работающие на сжатом природном и сжиженном углеводородном газе;
- пополнение парка автомобилями, соответствующими нормам ЕВРО-2 и ЕВРО-3;
- оснащение автомобилей нейтрализаторами отработавших газов.

*4. Научное обеспечение:*

- разработка комплексной системы сбора и анализа статистической отчетности по охране окружающей среды;
- разработка базы данных научно-технических документов по экологическим проблемам автотранспорта.

*5. Обучение, подготовка, повышение квалификации кадров:*

- подготовка и повышение квалификации специалистов в области охраны окружающей среды;
- проведение семинаров-совещаний по проблемам охраны окружающей среды.

*6. Информационное обеспечение:*

- обмен информацией в области охраны окружающей среды между министерствами транспорта стран СНГ;
- обеспечение предприятий действующей нормативной и другой документацией в области охраны окружающей среды.

### 3. ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Основными отраслями промышленности – источниками парниковых газов являются металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, промышленность строительных материалов. В производствах данных отраслей промышленности образуются и выбрасываются практически все парниковые газы, однако вклад различных отраслей в общую эмиссию варьирует в широких пределах (табл.3.1.).

Таблица 3.1.

Вклад отраслей промышленности и отдельных производств  
в выбросы парниковых газов по уровню 2000г., %

	Доля отраслей и производств в общей эмиссии парниковых газов, %						
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	НМУ
Всего, в том числе:	100	100	100	100	100	100	100
<b>Металлургия, из нее:</b>			<b>62,4</b>	<b>78,6</b>		<b>90,1</b>	
- производство электростали			28,3	38,5		90,1	
- прокат черных металлов			27,9	35,9			
- литье чугунное			3,5				
<b>Химическая и нефтехимическая промышленность, из нее:</b>		<b>94,9</b>	<b>37,6</b>	<b>21,4</b>	<b>100</b>	<b>9,9</b>	<b>97,2</b>
- производство капролактама			31,0	4,3			
- производство серной кислоты		94,6					
- производство азотной кислоты				13,7	100		
- производство аммиака		0,3	5,2				82,9
- прочие химические вещества			1,4	3,4		9,9	14,3
<b>Промышленность строительных материалов, из нее:</b>	<b>100</b>	<b>5,1</b>					<b>2,8</b>
- производство цемента	64	5,1					
- производство извести	36						
- производство асфальта							2,2

Также различна величина эмиссий парниковых газов в производствах одной отрасли. Наиболее значительными источниками выбросов парниковых газов в отраслях промышленности являются производство цемента (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) и извести (CO<sub>2</sub>); производство электростали (CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>) и проката черных металлов (CO, NO<sub>x</sub>); литье чугунное (CO); производство капролактама (CO, NO<sub>3</sub>), аммиака (SO<sub>2</sub>, CO, НМУ), азотной кислоты (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>) и серной кислоты (SO<sub>2</sub>).

За период с 1990 г. по 2000 г. общий объем эмиссий парниковых газов в промышленности снизился в 1,4 раза, что связано с экономическим спадом в Беларуси, вызвавшим сокращение производства продукции.

#### 3.1. Прогноз развития отраслей промышленности

Концепция Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г., Концепция и Программа развития

промышленного комплекса Республики Беларусь на 1998 – 2015 гг. предусматривают серьезную структурную перестройку отраслей промышленности.

Структурная перестройка должна быть направлена на развитие перспективных подотраслей и производств на основе внедрения новой техники и прогрессивных энерго- и ресурсосберегающих экологически чистых технологий.

Намечается замедление темпов развития традиционных, в основном металло- и энергоемких подотраслей и производств, и ускоренное развитие наукоемких экспортоориентированных производств. Наиболее высокими темпами будет осуществляться развитие таких отраслей, как пищевая, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность.

Промышленность строительных материалов должна развиваться преимущественно в направлении создания и организации производства новых эффективных материалов, конструкций и изделий. Только по нескольким видам традиционных строительных материалов, в том числе извести, существующие мощности не обеспечивают потребность в них для планируемых на перспективу объемов строительства. Поэтому в республике предполагается введение дополнительных мощностей по производству извести – 200 тыс.т в год. [Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2001-2020годы, Том 2,Мн., 2000г.].

Рассматривая перспективы развития металлургической промышленности, можно отметить, что на РУП «Белорусский металлургический завод» («БМЗ») – основном производителе стали – намечается ввод в эксплуатацию современного высокопроизводительного оборудования по производству стали, что позволит увеличить мощности с 1500 тыс.т литой заготовки до 1700 тыс.т в год. Одновременно с реконструкцией сталеплавильных печей на них предусматривается установка дополнительного газоотсоса через зонд, что обеспечит снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Производство проката черных металлов в рассматриваемой перспективе значительно расширяться не будет.

Суммарная производственная мощность литейных производств такова, что почти вдвое превышает потребности республиканской промышленности. Фактический объем литья чугуна в настоящее время составляет около 35% от производственных мощностей. В перспективе намечается некоторое увеличение производства литья чугуна. Однако этот процесс будет сопровождаться техническим перевооружением литейных цехов и освоением новых технологий (например, выпуск отливок из высокопрочного чугуна), обеспечивающих повышение экологической безопасности производства.

В химической и нефтехимической промышленности приоритетными направлениями развития будут создание и освоение новых поколений химических изделий, продукции основной и малотоннажной химии, потребительских товаров.

Производство капролактама, действующее на одном предприятии республики, к 2010 г. должно быть реконструировано. Его мощность при этом практически не увеличится и останется на уровне 110-120 тыс.т в год. Однако реконструкция обеспечит повышение конкурентоспособности продукта на мировом рынке, в том числе за счет улучшения экологических характеристик. Так, эмиссия СО от производства капролактама сократится на 104 т в год.

Основным направлением развития производства аммиака будет его реконструкция, обеспечивающая снижение энергопотребления и повышение производительности на 50 тыс.т в год.

Производство азотной кислоты, введенное в эксплуатацию в 1963 г., морально устарело, установленное оборудование физически изношено, вследствие чего существуют серьезные экологические проблемы. Для решения указанных проблем требуется строительство современного агрегата производства азотной кислоты в ближайшие 10 лет.

Производство серной кислоты, необходимой для получения фосфорных удобрений, предполагается увеличить к 2005 г. примерно в 1,5 раза. Для этого начата реконструкция существующего производства, которая предусматривает также установку свечных фильтров новой конструкции (типа «Monsanto») в абсорбционном отделении сернокислотного цеха. Данное мероприятие позволит сократить выброс серной кислоты на 70,6 т в год.

Экологизации промышленных производств содействуют также Программы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, которые согласно действующему в республике законодательству, разрабатываются не только в целом по республике (сейчас действует Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2001-2005 годы), и в пределах административно-территориальных единиц (План действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Гомельской области на 2001-2005 годы, План действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Витебской области на 2001-2005 гг. и т.д.), но и по отраслям экономики. Такие отраслевые программы в настоящее время разработаны на 2002 – 2005 гг. (Отраслевая Программа по охране окружающей среды на 2002-2005 годы Министерства промышленности Республики Беларусь, отраслевая Программа охраны окружающей среды в организациях концерна «Белнефтехим» на 2002-2005 гг. и т.д.).

Одним из важнейших направлений работ по обеспечению экологически безопасного осуществления хозяйственной деятельности в республике в последние несколько лет стала экологическая сертификация, которая является составной частью государственной политики в области охраны окружающей среды. В Беларуси создана Подсистема экологической сертификации в рамках Национальной системы сертификации. На основании принятых в Республике Беларусь 10 международных стандартов серии ИСО 14000 разработан пакет руководящих и методических документов Подсистемы экологической сертификации.

На ряде предприятий республики уже внедрен стандарт ИСО 14001-2000. Среди них РУП «БМЗ». В настоящее время данная работа продолжается. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь разработан График внедрения и сертификации систем управления окружающей среды в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО серии 14000 на 2003-2005 годы. Международный стандарт серии ИСО 14001-2000 предполагается внедрить на ~ 90 предприятиях, в том числе в отраслях, основных источниках парниковых газов. Создание на предприятиях систем управления окружающей средой (СУОС) во многом способствует сокращению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивает экономический эффект.

## 4. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сельское хозяйство является важным источником эмиссии метана и основным – закиси азота. Подавляющая часть метана (>99%) обусловлена эмиссией от сельскохозяйственных животных; закись азота поступает в атмосферу в основном вследствие применения азотных удобрений и использования торфяных почв. Вклад прочих источников данного сектора (сжигание сельскохозяйственных отходов на полях, растительных остатков и др.) незначителен. В связи с этим при построении прогноза эмиссий основное внимание уделялось указанным выше категориям, опираясь на прогноз изменений в агропромышленном комплексе.

### 4.1. Прогноз развития сельского хозяйства

Для количественного прогноза выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве по методологии МГЭИК необходимы прогнозные величины показателей, позволяющих непосредственно оценить будущие выбросы. В то же время руководящие документы, определяющие стратегию развития агропромышленного комплекса (Программа повышения эффективности агропромышленного комплекса на 2000-2005 годы; Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001-2005 годы и другие) содержат прогноз производства продукции агропромышленного комплекса в виде величин товарной продукции, на основании которых весьма сложно непосредственно оценить будущие выбросы. В связи с этим базовые прогнозные показатели развития агропромышленного комплекса, согласно указанным документам, были трансформированы (пересчитаны) в величины, входящие в расчетные модули.

Для животноводства базовыми величинами являются прогнозные показатели поголовья скота. При этом в отношении развития животноводства рассмотрены два сценария. В качестве первого (основного) сценария было принято, что поголовье скота стабилизируется на современном уровне; указанные выше документы предусматривают рост его продуктивности без роста поголовья.

В качестве второго возможного сценария развития для оценки диапазона изменения выбросов приняты показатели, заложенные в «Прогнозе социально-экономического развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь до 2015 г.», и предполагающие некоторый рост поголовья скота. На рисунках 4.1 и 4.2 приведены использованные нами прогнозные величины поголовья скота и птицы по двум рассмотренным сценариям развития.

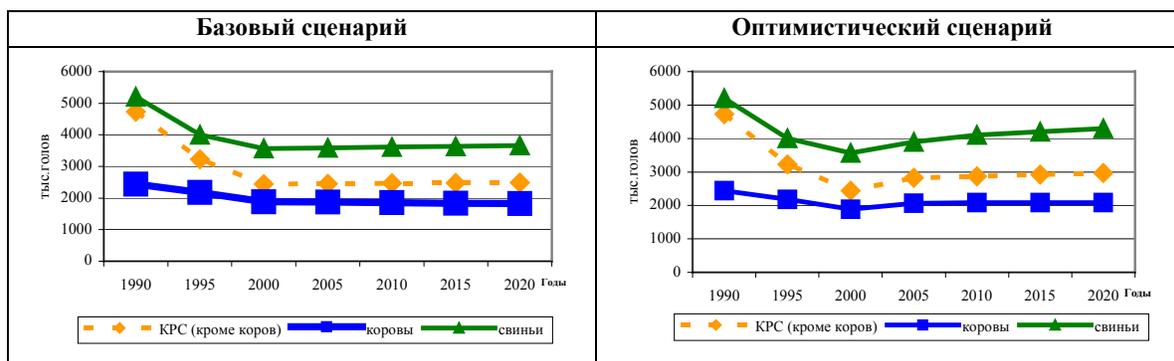


Рис. 4.1. Прогноз динамики поголовья скота по двум сценариям развития животноводства

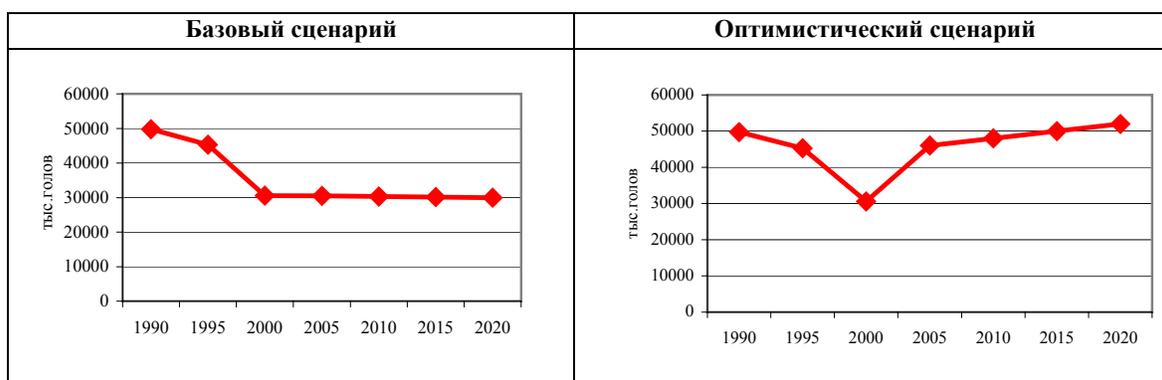


Рис. 4.2. Прогноз поголовья птицы по двум сценариям развития животноводства

Растениеводство является источником выбросов некоторого количества парниковых газов вследствие главным образом утилизации растительных остатков. Имеющиеся прогнозы производства продукции растениеводства предусматривают рост производства валового сбора зерна, картофеля, сахарной свеклы, льна, других культур. Однако, учитывая, что рост продукции растениеводства планируется за счет повышения урожайности, следует ожидать, что количество растительных остатков увеличится менее существенно, поэтому нами приняты прогнозные значения эмиссий до 2020 года от данной категории источников на уровне эмиссий в 2000 г.

#### *Прогноз использования азотных минеральных удобрений*

Годовая потребность в азотных минеральных удобрениях, по данным Белорусского НИИ Почвоведения и агрохимии определена в 600 тыс. т.; предполагается, что этого уровня потребление азотных удобрений может достичь уже в 2005 году. Поэтому для периода до 2020 года принят стабильный уровень использования азотных удобрений на этом уровне.

#### *Прогноз использования торфяно-болотных почв*

Согласно разработанному Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси в конце 90х прогнозу, площади используемых в сельском хозяйстве торфяных почв будут постепенно сокращаться вследствие деградации мелиорированных торфяников. Освоение для сельскохозяйственных целей новых торфяных массивов не предполагается, поэтому принято, что, с учетом современных темпов деградации площадь используемых в сельском хозяйстве торфяно-болотных почв может составить в 2020 году около 780 тыс.га

## 5. ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Земельный фонд страны характеризуется существенной динамикой. На начало периода его параметры представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Структура земель Беларуси, начало столетия, тыс. га

Виды земель	На 01.01.2001 г.	На 01.01.2002 г.	На 01.01.2003 г.
Всего сельскохозяйственных земель	9257,7	9204,7	9156,3
в т.ч. пахотных	6133,2	5761,1	5616,2
лесных и прочих лесопокрытых	8436,8	8571,1	8677,8
болот	964,3	934,0	931,4
под водой	475,2	475,6	477,1
под дорогами, прогонами, просеками, трубопроводами	358,1	358,4	360,3
под улицами, площадями и др. системами общего пользования	154,7	153,0	152,1
под стройками и дворами	328,7	329,8	329,4
нарушенных	24,1	19,6	13,2
других	760,3	713,8	662,2

За 20 последних лет площадь сельскохозяйственных земель уменьшилась на 717,7 тыс. га (на 7,4 %), площадь пахотных земель уменьшилась на 640,1 тыс. га (на 10,3 %).

За последние 5 лет сокращение земель составило: сельскохозяйственных – на 306,7, пахотных – на 586,0 тыс. га. Тем не менее, после спада прогнозируется небольшой рост площадей сельскохозяйственных земель (тыс. га): 2005 г. – 9250; 2010 г. – 9500; 2015 – 2020 гг. – 9500.

Общая площадь земель лесного фонда на 01.01.2003 г. составляет 9,3 млн. га, в т.ч. лесопокрытой – 7,9 млн. га. 85,6 % лесной площади находится в ведении Комлесхоза.

Леса Гослесфонда характеризуются следующими параметрами: общая площадь земель составляет 9310,5 тыс. га с общим запасом корневой древесины 1370 млн. м<sup>3</sup>. Общее изменение запаса в год – более 27 млн. м<sup>3</sup>, среднее изменение запаса на гектар покрытых лесом земель – 3,6 м<sup>3</sup>/год, запас на 1 га покрытых лесом земель – 173 м<sup>3</sup>, для спелых и перестойных – 231 м<sup>3</sup>. На высокобонитетные насаждения (Ia – II) приходится 83,3% площади. Гибель лесов без учета факторов пожаров от различных причин составляла: 8435 га (2000 г.), 10974 га (2001 г.). Пройдено пожарами: в 2000 г. 1760 га (2569 возгораний, погибло 290 га лесов). В 2001 г. пройдено пожарами 359 га (1111 возгораний, погибло 22 га).

### 5.1. Прогноз развития землепользования и лесного хозяйства

Согласно Стратегического плана развития лесного хозяйства Беларуси, к 2005 г. предполагается переход на непрерывное лесоустройство во всех лесхозах Комитета лесного хозяйства и внедрение информационной системы управления лесным хозяйством, к 2015 г. – увеличить общий объем лесопользования до 18 млн. м<sup>3</sup>.

Прогноз статей баланса CO<sub>2</sub> в секторе «Изменение землепользования и лесное хозяйство» выполнен в соответствии с методикой, использованной ранее для оценки динамики CO<sub>2</sub> на период 1990 – 2000 гг.

В этом секторе к эмиссиям CO<sub>2</sub> и малых газовых составляющих приводят три группы процессов и явлений:

- изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы;

- конверсия лесных и луговых угодий;
- прекращение эксплуатации земель.

Нами учитывались наиболее значимые процессы, генерирующие эмиссии и стоки.

Детальные оценки эмиссий этих газов были выполнены ранее для периода 1990 – 2000 гг. Здесь продолжены вычисления по той же методике по наблюдаемым данным для 2001 г. и далее по материалам прогнозов хозяйственной деятельности для 2005, 2010, 2015 и 2020 годов. При этом прогнозируется рост лесопокрытой площади на весь период прогноза. Исходные данные о видовом составе, возрастной структуре, запасах и приростах древостоев приведены в табл. 5.2.

Как видно из табл. 5.2, по типологическим свойствам леса сведены в три группы (хвойные, твердолиственные и мягколиственные). В каждой группе выделяются 6 возрастных классов, для каждого из классов определены средний возраст, средний запас древостоя, средняя продуктивность, средний отпад. Для пяти ключевых лет (начальный известен, 4 последующих – прогнозные) дана развернутая структура лесных площадей. Изменение лесопокрытых площадей соответствует статистическим (2001 г.) и прогнозируемым показателям лесистости страны от 37,6 до 39 %. Запасы, прирост (удельная продуктивность) и отпад даются по классам возраста в соответствии с данными для всего периода эксперимента.

Удельная продуктивность по классам возраста принимается неизменной по годам. Предполагается, что рубки леса при изменяющейся лесной площади не изменяют его породный состав и возрастную структуру, поэтому предполагаемый ежегодный прирост лесопокрытой площади распределяется пропорционально по всем классам формаций и возрастов. Однако достаточно обоснованным является также вариант, когда вследствие повышения интенсивности рубок будет увеличиваться доля молодняков и приспевающих лесонасаждений.

По этим данным были рассчитаны запасы надземной фитомассы древесной растительности (табл. 5.3), а также эквивалентные им количества  $\text{CO}_2$ . По данным (табл. 5.3), прослеживается типологическая и возрастная структура запасов древостоя и межгодовая их изменчивость, соответственно прогнозируемому увеличению лесистости страны. По расчетам, начальное значение запасов древостоя за 20 лет возрастет на 34,5 млн. т, что эквивалентно  $\approx 69$  млн.  $\text{m}^3$  фитомассы и изменению запасов  $\text{CO}_2$  на  $\approx 63$  млн. т.

По исходным данным (табл. 5.2) рассчитаны величины отпада древостоя и эквивалентные им значения  $\text{CO}_2$ . Их значения, приведенные в табл. 5.4, характеризуют величину «отложенной» эмиссии  $\text{CO}_2$ , связанной с годовым значением образования мортмассы (ветоши) и ее накопления, не полностью учитываемой по использованной методике при подсчете эмиссий. В зависимости от климатических условий срок разложения фракций ветоши может достигать 10 лет и более.

В соответствии с методикой учитываются следующие конкретные процессы, вызывающие эмиссию  $\text{CO}_2$ : конверсия лесных площадей, включающая рубки главного пользования и рубки ухода, лесные пожары, вывод земель из эксплуатации, изменения содержания углерода в минеральных землях, известкование сельскохозяйственных почв и др. Во многих из указанных процессов происходит трансформация мортмассы – отпада, сопровождающаяся эмиссией  $\text{CO}_2$ .

Таблица 5.2

Породный состав, возрастная структура, площади, удельные запасы, продуктивность и отпад лесных экосистем Беларуси

Группа пород	Группа возраста	Покрытая лесом площадь, тыс.га						Средний возраст, лет	Средний запас, м <sup>3</sup> /га	Средняя продуктивность, м <sup>3</sup> /га в год	Средний отпад, м <sup>3</sup> /га в год
		2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2020 г.				
Хвойные	Молодняки 1 класса	377,5	382,6	387,7	392,8	397,9	20	33	1,0	0,6	
	Молодняки 2 класса	1018,1	1031,9	1045,6	1059,4	1073,1	40	127	3,9	3,3	
	Средневозрастные	2162,8	2192,0	2221,3	2250,5	2279,7	60	221	7,0	5,3	
	Приспевающие	974,6	987,8	1000,9	1014,1	1027,3	80	243	5,7	4,9	
	Спелые	259,4	262,9	266,4	269,9	273,4	100	227	3,2	3,9	
	Перестойные	9,8	9,9	10,1	10,2	10,3	120	295	2,9	4,3	
Твердолиственные	Молодняки 1 класса	30,9	31,3	31,7	32,2	32,6	20	31	1,0	0,2	
	Молодняки 2 класса	56,6	57,4	58,1	58,9	59,7	40	101	3,2	1,4	
	Средневозрастные	141,7	143,6	145,5	147,4	149,4	60	191	5,2	3,2	
	Приспевающие	39,1	39,6	40,2	40,7	41,2	80	222	4,7	3,8	
	Спелые	36,3	36,8	37,3	37,8	38,3	100	215	3,5	3,2	
	Перестойные	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	120	285	1,4	3,4	
Мягколиственные	Молодняки 1 класса	267,0	270,6	274,2	277,8	281,4	10	18	0,6	0,2	
	Молодняки 2 класса	350,4	355,1	359,9	364,6	369,3	20	54	1,9	0,8	
	Средневозрастные	1269,3	1286,5	1303,6	1320,8	1337,9	30	151	4,7	2,7	
	Приспевающие	500,8	507,6	514,3	521,1	527,9	40	211	5,4	4,3	
	Спелые	256,5	260,0	263,4	266,9	270,4	50	220	4,7	3,6	
	Перестойные	17,4	17,6	17,9	18,1	18,3	60	231	3,8	3,2	
	Всего	7771,6	7876,6	7981,6	8086,7	8191,7					

Таблица 5.3

Запасы наземной фитомассы (а) и эквивалентного количества CO<sub>2</sub> (б) в лесных экосистемах Беларуси, млн. т

Группа пород	Группа возраста	а					б				
		2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Хвойные	Молодняки 1 класса	11,3	11,5	11,6	11,8	11,9	20,8	21,1	21,3	21,6	21,9
	Молодняки 2 класса	45,8	46,4	47,1	47,7	48,3	84,1	85,2	86,3	87,5	88,6
	Средневозрастные	162,2	164,4	166,6	168,8	171,0	297,7	301,7	305,7	309,7	313,7
	Приспевающие	102,3	103,7	105,1	106,5	107,9	187,8	190,3	192,8	195,4	197,9
	Спелые	35,0	35,5	36,0	36,4	36,9	64,3	65,1	66,0	66,9	67,7
	Перестойные	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
Твердолиственные	Молодняки 1 класса	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
	Молодняки 2 класса	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	12,5	12,6	12,8	13,0	13,1
	Средневозрастные	28,3	28,7	29,1	29,5	29,9	52,0	52,7	53,4	54,1	54,8
	Приспевающие	10,2	10,3	10,5	10,6	10,7	18,7	18,9	19,2	19,4	19,7
	Спелые	10,9	11,0	11,2	11,3	11,5	20,0	20,3	20,5	20,8	21,1
	Перестойные	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2
Мягколиственные	Молодняки 1 класса	6,7	6,8	6,9	6,9	7,0	12,2	12,4	12,6	12,7	12,9
	Молодняки 2 класса	17,5	17,8	18,0	18,2	18,5	32,1	32,6	33,0	33,5	33,9
	Средневозрастные	107,9	109,4	110,8	112,3	113,7	198,0	200,7	203,3	206,0	208,7
	Приспевающие	50,1	50,8	51,4	52,1	52,8	91,9	93,1	94,4	95,6	96,9
	Спелые	35,9	36,4	36,9	37,4	37,9	65,9	66,8	67,7	68,6	69,5
	Перестойные	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7
	Всего:	637,9	646,5	655,2	663,8	672,4	1170,6	1186,4	1202,3	1218,1	1233,9

Отпад надземной фитомассы (а) и эквивалентного количества CO<sub>2</sub> (б) в лесных экосистемах Беларуси, млн. т.

Группа пород	Группа возраста	фитомасса					CO <sub>2</sub>				
		2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Хвойные	Молодняки 1 класса	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40
	Молодняки 2 класса	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	1,54	1,56	1,58	1,61	1,63
	Средневозрастные	2,98	3,02	3,06	3,10	3,14	5,46	5,54	5,61	5,68	5,76
	Приспевающие	1,88	1,90	1,93	1,95	1,98	3,45	3,48	3,54	3,59	3,63
	Спелые	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	1,18	1,19	1,21	1,23	1,24
	Перестойные	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
Твердолиственные	Молодняки 1 класса	0,03	2,30	0,02	0,02	0,02	0,04	4,22	0,04	0,04	0,04
	Молодняки 2 класса	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,23	0,24	0,25	0,24	0,24
	Средневозрастные	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,95	0,97	0,98	0,99	1,01
	Приспевающие	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36
	Спелые	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39
	Перестойные	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Мягколиственные	Молодняки 1 класса	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24
	Молодняки 2 класса	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,59	0,61	0,61	0,61	0,62
	Средневозрастные	1,98	2,01	2,03	2,06	2,09	3,63	3,69	3,73	3,78	3,83
	Приспевающие	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78
	Спелые	0,66	0,68	0,68	0,69	0,70	1,21	1,25	1,24	1,26	1,28
	Перестойные	0,05	0,55	0,06	0,06	0,06	0,10	1,01	0,10	0,10	0,11
	Всего	11,70	11,86	12,02	12,18	12,34	21,48	26,9	22,06	22,35	22,64

К нарушенным болотам, усиливающим эмиссию диоксида углерода в атмосферу, относятся разрабатываемые и выработанные торфяные месторождения, осушенные окрайки разрабатываемых и выработанных торфяных месторождений, а также осушенные торфяные почвы.

Эти территории, в отличие от естественных болот с ненарушенным водным режимом, выделяют в атмосферу диоксид углерода в качестве конечного продукта минерализации торфа в осушенном слое и поглощают из атмосферы кислород, который расходуется на окисление органического вещества. Суммарная эмиссия диоксида углерода с нарушенных болот Беларуси составляет 13,3 млн. тонн в год.

Накопленные научные знания и практический опыт позволяют разработать и осуществить комплекс организационно-хозяйственных и инженерных мероприятий, снижающих эмиссию диоксида углерода в атмосферу с нарушенных болот. Эти мероприятия следующие:

1. Принятие правительственного решения о передаче местным органам власти полномочий для определения направлений использования выработанных брикетными заводами торфяных месторождений.

2. Осуществление экологической реабилитации нарушенных болот путем повторного заболачивания с возобновлением процессов торфообразования.

3. Приведение структуры посевных площадей на осушенных торфяных почвах в соответствие с проектами мелиорации и научно обоснованными рекомендациями.

4. Переход к экологически и экономически обоснованным методам использования деградированных торфяных почв.

5. Предотвращение пожаров на торфяниках.

Обоснование целесообразности осуществления каждого из этих мероприятий дается ниже.

Мероприятие 1. Передача полномочий местным органам власти для определения направлений использования выработанных брикетными заводами торфяных месторождений.

Необходимость этого мероприятия заключается в следующем.

Согласно существующему порядку, местные органы власти имеют право определять направления использования только тех выработанных торфяных месторождений, которые разрабатывались местными предприятиями «Сельхозхимии», «Сельхозтехники», колхозами и др. Однако местные органы власти не имеют права изменять направления использования выработанных торфяных месторождений, которые принадлежат торфобрикетным заводам., потому что при утверждении проекта на строительство каждого брикетного завода правительством БССР одновременно утверждалось и направление использования выработанных торфяных месторождений. Как правило, в то время (30-50 лет назад) практически все выработанные торфяные месторождения волевым путем без научного обоснования предназначались для использования в сельском хозяйстве, единичные объекты – для строительства водоемов, а самые неудобные – для облесения.

Однако наукой доказано и многолетней практикой подтверждено, что большая часть белорусских выработанных торфяных месторождений не пригодна для использования в качестве сельскохозяйственных угодий по многим причинам (генезис, геоморфология, гидрология, агрохимические свойства остаточного слоя торфа, характер подстилающих пород и другие). Например, около 50 % торфяных месторождений Беларуси сформировалось

путем заболачивания мелководных древних озер, поэтому торфяные залежи подстилаются сапропелем. Рекультивация остаточного слоя торфа, подстилаемого сапропелем, не позволяет отрегулировать водный режим для сельскохозяйственных культур, так как после снятия многометровой толщи торфяного слоя возобновляются водосборы древних озер, и в дождливые периоды такие земли затапливаются, что не позволяет выполнить подготовку почв, посев, уход за посевами и уборку урожаев. Типичные примеры – выработанные участки Браславского (900 га) и Житковичского (1600 га) брикетных заводов, переданные сельскохозяйственным предприятиям после дорогостоящей рекультивации, а затем списанные и заброшенные, так как на них не были получены урожаи сельскохозяйственных культур в течение нескольких лет подряд.

Другая причина – трудности создания благоприятного водного режима для сельскохозяйственных растений на выработанных торфяных месторождениях, залегающих на склонах водоразделов. Как правило, более высокая часть таких земель остается переосушенной, а более низкая – переувлажненной, поэтому в обоих случаях эффективность сельскохозяйственного использования всей территории остается низкой.

Нередко под сельскохозяйственные угодья передавались выработанные торфяные месторождения верхового и переходного типов, у которых остаточные слои торфа имеют кислую реакцию среды, поэтому сельскохозяйственные растения погибали. Известкование таких земель экономически невыгодно из-за необходимости внесения больших доз известковых материалов. Несмотря на проведение дорогостоящей рекультивации такие земли вынужденно изымались из состава сельскохозяйственных угодий. Оставаясь в заброшенном и в осушенном состоянии, такие земли интенсивно загрязняют атмосферу диоксидом углерода за счет минерализации торфа.

Имеются и другие причины, обуславливающие непригодность выработанных торфяников в качестве сельскохозяйственных угодий. Однако даже в тех случаях, когда на выработанных торфяных месторождениях удастся создать удовлетворительные по продуктивности сельскохозяйственные угодья, продолжительность и эффективность их использования ограничены во времени из-за быстрого разрушения маломощного (обычно – 0,5 м) слоя торфа за счет процессов минерализации и эрозии. После выхода на дневную поверхность подстилающих пород формируется неблагоприятный микрорельеф, ухудшаются условия возделывания сельскохозяйственных растений и резко снижается продуктивность таких земель.

Наиболее правильно использовать выработанные торфяные месторождения в природоохранном направлении после поднятия уровней грунтовых вод до поверхности остаточного слоя торфа и возобновления болото- и торфообразовательных процессов. Однако без правительственного решения местные органы власти не могут изменить направление использования выработанных брикетными заводами участков с сельскохозяйственного на природоохранное. Сельскохозяйственные предприятия и лесхозы отказываются принимать такие земли даже после предусмотренной проектами рекультивации. По этой причине многие брикетные заводы несут значительные убытки на противопожарную охрану выработанных и неиспользуемых участков торфяных месторождений.

Директор каждого брикетного завода вынужден в индивидуальном порядке добиваться отдельного правительственного разрешения на изменение направления использования

выработанных участков. Из-за необходимости согласований ходатайств с многими инстанциями на подготовку правительственного решения уходит много времени, поэтому нередко директора брикетных заводов вынуждены прекращать ходатайствовать об изменении направлений использования таких территорий. Будучи в заброшенном и осушенном состоянии, каждый гектар выработанного торфяника ежегодно поставляет в атмосферу по 20-23 тонн диоксида углерода.

Таким образом, возникло противоречие между устаревшим и научно необоснованным порядком использования выработанных брикетными заводами торфяных месторождений и данными науки и практики использования таких территорий.

Разрешить это противоречие можно и нужно путем передачи полномочий от правительства к местным органам власти для определения направлений использования выработанных торфяных месторождений.

Мероприятие 2. Экологическая реабилитация нарушенных болот путем повторного заболачивания. Для этого необходимо на нарушенных болотах поднять уровни грунтовых вод до поверхности торфяного слоя. Возможны два варианта поднятия уровней грунтовых вод: первый – активное повторное обводнение со строительством инженерных сооружений, чаще всего в виде глухих или водосливных перемычек на каналах, сбрасывающих воду, второй – медленное самозаболачивание нарушенных болот при постепенном зарастании и заплывании каналов осушительных сетей без строительства инженерных сооружений. Этот вариант наиболее дешевый, но он эффективен только на торфяных месторождениях пойменного залегания, в то время как на осушенных торфяных месторождениях другого геоморфологического залегания процесс самозаболачивания нарушенных торфяных месторождений может длиться многие десятки лет. Например, в северо-восточной части торфяного месторождения Ельня в 30-х годах прошлого столетия была создана осушительная сеть, но добыча торфа не начиналась. К настоящему времени каналы осушительной сети заросли, но продолжают оказывать свое дренирующее действие на торфяную залежь, что создает благоприятную обстановку для минерализации верхнего слоя торфа и возникновения пожаров.

Таким образом, при разработке конкретных проектов по повторному заболачиванию для каждого нарушенного болота необходимо разрабатывать индивидуальные инженерные мероприятия с учетом геоморфологии, характера подстилающих пород, свойств торфяных залежей и т.д.

Как правило, мероприятия по повторному заболачиванию нарушенных болот во много раз дешевле, чем их рекультивация для сельскохозяйственного, лесохозяйственного или водохозяйственного использования.

Первоочередными объектами повторного заболачивания могут быть выработанные торфяные месторождения торфобрикетных заводов «Старобинский», «Житковичский», «Освейский» и другие.

Мероприятие 3. Приведение структуры посевных площадей на осушенных торфяных почвах в соответствие с проектами мелиорации и научно обоснованными рекомендациями. Три фактора определяют скорость уменьшения торфяного слоя мелиорированных торфяных почв: усадка (уплотнение), минерализация органического вещества и эрозия. Скорость этих процессов зависит от интенсивности осушения, механической обработки почвы, количества вносимых удобрений, поступления в почву послеуборочных растительных остатков,

продолжительности использования в культуре, а также от ботанического состава, степени разложения и зольности торфа.

В условиях черной культуры ежегодный дефицит баланса органического вещества торфяных почв в тоннах на 1 гектар составляет: под пропашными культурами  $9,8 \pm 1,6$ ; под зерновыми культурами  $6,0 \pm 1,1$ ; под многолетними травами  $3,6 \pm 0,7$ . Экспериментально доказано, что при возделывании многолетних трав без перезалужения в течение более 5 лет темпы минерализации замедляются, и дефицит баланса органического вещества не превышает 2 тонн с 1 гектара в год. Такое замедление темпов минерализации объясняется тем, что под луговыми культурами почва в течение ряда лет не обрабатывается и уплотняется, а образующаяся дернина многолетних трав ослабляет влияние внешней среды на торфяной пласт, прежде всего, аэрацию осушенного слоя. На торфяных почвах многолетние травы дают максимальный выход полезной продукции при минимуме расхода органического вещества почвы.

Именно поэтому в Основных направлениях в мелиоративном строительстве и использовании мелиорированных земель в республике было рекомендовано:

– торфяно-болотные почвы с глубиной залежи торфа до 1 метра в осушенном состоянии использовать только под многолетние травы или культурные сенокосы и пастбища с возделыванием зерновых культур в период перезалужения. Более частое размещение зерновых культур на указанных почвах допускать в виде исключения в тех хозяйствах, где свыше половины пашни расположено на таких почвах, при обязательном проведении мероприятий, обеспечивающих восстановление положительного баланса органического вещества;

– торфяно-болотные почвы с глубиной залежи торфа более 1 метра в осушенном состоянии использовать под луговые угодья, а также зернотравяные севообороты, в структуре которых посевные площади многолетних трав составляют не менее 50%.

Как видно, Основными направлениями не предусматривалось возделывание пропашных и ограничивались площади для возделывания зерновых культур на торфяных почвах. К сожалению, эти рекомендации почти повсеместно нарушаются, и во многих хозяйствах вместо многолетних трав возделывают не только зерновые, но и пропашные культуры, как картофель, кукурузу, свеклу, капусту и другие, что неизбежно вызывает ускоренную деградацию торфяного слоя.

Следствием неправильного использования осушенных торфяных почв является не только их деградация, но и повышенная эмиссия диоксида углерода в атмосферу: при возделывании пропашных культур – 17-25 т/га в год, зерновых культур – 10-15, многолетних трав – около 7 т/га.

Уменьшить эмиссию диоксида углерода с осушенных торфяных почв вполне возможно, если вместо пропашных культур возделывать многолетние травы, как рекомендуют проекты мелиорации таких земель и научно обоснованные рекомендации. Однако добиться этого возможно будет только в том случае, если землепользователям будет выгодно осуществить переход от возделывания пропашных культур к возделыванию многолетних трав. В настоящее время в связи с дисбалансом цен хозяйственникам экономически выгоднее выращивать на торфяных почвах картофель, капусту, кукурузу, свеклу и другие пропашные культуры, чем производить сено или травяную муку. В развитых странах, например в Германии, Австрии и других, фермеры получают доплату от

государства за то, что они не возделывают на торфяных почвах никаких других культур, кроме многолетних трав. В нашем государстве такой системы доплат нет. Государственная политика использования торфяных почв должна быть изменена, чтобы земледельцам было выгодно возделывать луговые культуры. Этого можно добиться путем корректировки ценовой и налоговой политики.

Важным мероприятием может быть также консервация торфяного слоя путем внедрения послойно-смешанной культуры. Ее суть состоит в том, что почвы с мощностью торфяного слоя 0,5-1 м вспахиваются специальными плугами на глубину до 1, 4 м. В результате такой обработки чередующиеся слои торфа и подстилающей породы шириной 35-40 см переводятся в наклонное положение под углом около 40 градусов. Последующие поверхностные обработки формируют пахотный слой с содержанием органического вещества менее 10 %, а торфяной пласт оказывается под пахотным горизонтом. Как показали 15-летние исследования баланс органического вещества в таких почвах близок к нулевому, что свидетельствует о консервации торфяного слоя, соответственно и баланс диоксида углерода также близок к нулевому.

Такие мероприятия были осуществлены в республике на площади около 30 тыс. гектаров и показали высокую агрономическую и экономическую эффективность данного мероприятия, так как радикально улучшаются агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы. Окупаемость мероприятия – не более двух лет. Однако несмотря на эффективность дальнейшие работы в этом направлении были прекращены из-за износа двух экспериментальных плугов. Планировалось наладить выпуск таких плугов в Мозыре, но эти планы оказались пока не выполненными.

Мероприятие 4. Переход к экологически и экономически обоснованным методам использования деградированных торфяных почв. Использование торфяных почв в условиях черной культуры привело к их деградации. По официальным данным Государственного Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии в республике имеется 190 тыс. гектаров деградированных торфяных почв, в том числе на площади 18,2 тыс. гектаров на поверхность вышли подстилающие пески. В настоящее время пока нет однозначных рекомендаций по использованию таких песков.

Принципиально возможны три варианта: первый – разработать и апробировать на примере 2-3 хозяйств специальную систему земледелия для таких почв с возделыванием преимущественно бобовых культур, например, люпина, сои и т. п. Второй вариант – осуществить повторное заболачивание таких территорий, но это будет не всегда целесообразно из-за возможного подтопления прилегающих земель. Третий вариант – провести облесение таких территорий, что позволит очищать атмосферу от избытка диоксида и улучшить состояние окружающей среды. Ни по одному из предложенных вариантов нет законченных научно обоснованных рекомендаций, так как не проводились экспериментальные исследования, либо они проведены в недостаточном объеме.

Мероприятие 5. Предотвращение пожаров на торфяниках. Пожароопасными являются все выработанные торфяные месторождения с действующей осушительной сетью, осушенные торфяные почвы, а также разрабатываемые торфяные месторождения. Естественные болота с нарушенным гидрологическим режимом в результате влияния на них окружающих мелиоративных систем также являются одними из наиболее пожароопасных

территорий, почти ежегодно подвергающихся крупным пожарам, которые распространяются затем и на сопредельные леса.

Ежегодно количество торфяных пожаров в республике составляет от 2,5 до 8 тысяч. По нашим предварительным оценкам, ежегодные залповые выбросы углекислого газа при пожарах на торфяниках сопоставимы с эмиссией диоксида углерода осушенными торфяными почвами.

Возникновение пожаров на торфяниках обуславливается комплексом метеорологических, топографических, антропогенных и других факторов.

Нередко причиной возникновения пожароопасных ситуаций на осушенных торфяных почвах является: использование мелиоративных систем не в проектом режиме из-за отсутствия средств на ремонт и обслуживание инженерных сооружений, поэтому на многих мелиоративных системах каналы работают только на осушение, что приводит к чрезмерному иссушению земель. К этому следует добавить выход из строя или отсутствие систем противопожарных мероприятий и сооружений (противопожарных водоемов, обводнительных каналов), отсутствие надежных систем противопожарного водоснабжения.

На болотах, подвергшихся осушительной лесомелиорации пожароопасные ситуации возникают из-за понижения уровней грунтовых вод ниже допустимых значений. В настоящее время на абсолютном большинстве объектов лесной мелиорации отсутствуют системы регулирования уровней грунтовых вод, и мелиоративные каналы работают только на осушение.

Пожароопасные ситуации на выработанных торфяниках создаются из-за продолжающегося осушающего воздействия осушительных систем, которые не были заглушены при передаче этих земель лесхозам.

На естественных болотах пожароопасные ситуации создаются из-за влияния на них окружающих осушительных систем, поскольку многие естественные болота располагаются в окружении мелиорированных территорий.

Возникновению пожаров во многом способствует недостаточное экологическое образование населения, отсутствие специальных разъяснительных акций среди местного населения о вреде пожаров и о причинах их возникновения.

В связи с вышеизложенным необходимо разработать комплекс организационно-хозяйственных мероприятий по предотвращению пожаров на торфяниках. Кроме этого, необходимо разработать методику оценки залповых выбросов диоксида углерода при торфяных пожарах.

Величины рубок леса определялись с учетом вариантов, предложенных в Стратегическом плане развития лесного хозяйства Беларуси для лесов в целом, и экстраполированных данных из «Лесопользование в Беларуси: история и современное состояние» для лесов Комлесхоза, как промежуточный, более близкий ко второму. Расчеты показывают, что первый вариант рубок является истошающим, снижающим на треть сток углекислого газа. Второй вариант рассчитан для части лесных площадей. Так, согласно плану, планируется существенное повышение интенсивности лесопользования – до 18 млн. м<sup>3</sup> в 2015 г., в то время как в 2000 г. было 10,8 млн. м<sup>3</sup>. Эмиссии этого типа растянуты во времени, так как зависят от конкретного хозяйственного использования древесины.

Эмиссии CO<sub>2</sub> при пожарах зависят от многих условий. Их прогнозирование крайне сложно, так как сильно зависит от погоды в течение теплого периода. Сильно выделяются по

пожароопасности ранневесенний период, а также летние засушливые сезоны. В связи с этим нами используется средняя многолетняя оценка показателей этого явления. Известно, что средняя годовая площадь, пройденная пожарами в год, различалась не только по годам, но и по десятилетиям и составляла в 1961 – 1970 гг. – 3594 га, 1971 – 1980 гг. – 1678 га, 1981 – 1990 гг. – 1652 га, в 1991 – 2000 гг. – 4477 га. Это позволяет определить среднюю площадь пожара величиной в 1,1 га и общую площадь, пройденную пожарами в год в среднем, величиной 285 га (по 260 пожаров ежегодно). Сорокалетний ряд можно считать достаточно репрезентативным. Однако остается неопределенной доля древесины, сгорающей при пожаре. В связи с этим использована величина, полученная для 2001 г. Это заниженная оценка. Однако она может быть достаточно репрезентативной, т.к. большую роль здесь играет антропогенный фактор.

Внесение извести является значительным фактором эмиссии CO<sub>2</sub>. Уровень известкования почвы существенно снизился к концу 1990-х годов, и остается на этом уровне. Предполагается некоторое его повышение лишь для поддержания сложившихся условий и упреждающего реагирования (табл. 5.5, 5.6). С позиций оптимизации почвенного питания рекомендован сценарий, предусматривающий внесение CaCO<sub>3</sub> соответственно по прогнозируемым годам: 2500, 2300, 2000, 2000 тыс. т. Однако при этом отмечается существенное увеличение эмиссий CO<sub>2</sub>.

Таблица 5.5

## Основные эмиссионные факторы

Факторы, единицы измерения	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Рубки главного пользования ликвидной древесины, млн. м <sup>3</sup>	4,39	4,45	5,15	6,00	6,00
Рубки промежуточного пользования и прочие рубки, млн. м <sup>3</sup>	7,12	7,48	6,80	7,00	7,00
Объемы известкования, тыс. т CaCO <sub>3</sub>	1607	1700	1750	1775	1800

Таблица 5.6

Эмиссии CO<sub>2</sub>, Гг

Факторы	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Рубки леса	6181	5467	5467	5467	5467
Известкование	780	821	843	854	865
<b>Итого:</b>	<b>6961</b>	<b>6288</b>	<b>6310</b>	<b>6321</b>	<b>6332</b>

При сжигании лесной биомассы на месте произрастания наблюдается эмиссия малых газовых компонент: CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Эмиссии CH<sub>4</sub> и CO оцениваются как доли потока углерода, высвобождающегося при горении. Азот оценивается по отношению N/C в сухой биомассе, NO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> – как доли от оценки азота. Результаты расчета представлены в табл. 5.7.

Таблица 5.7

## Эмиссии малых газовых компонент, Гг

Годы	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>2</sub>	CO
2001	4,14	0,03	1	36
2005	3,26	0,02	1	28
2010	3,16	0,02	1	28
2015	3,16	0,02	1	28
2020	3,16	0,02	1	28

## 6. ОТХОДЫ

Основными источниками эмиссии парниковых газов, связанных с отходами, являются:

- захоронение и сжигание твёрдых отходов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ );
- очистка сточных вод ( $\text{CH}_4$ );
- отходы человеческой жизнедеятельности ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

В Беларуси наиболее существенный вклад в эмиссию парниковых газов вносят захоронение отходов на полигонах, и, в меньшей мере, отходы человеческой жизнедеятельности.

В настоящее время отходы в республике не сжигаются.

Очистка сточных вод осуществляется биологическим методом на иловых прудах, глубина которых, как правило, не превышает 1 – 2 м. Разложение органики, следовательно, происходит, в аэробных условиях, исключая образование метана. Имеющиеся на некоторых очистных сооружениях метантенки не работают и очистка накопленного ила не производится. Накопившийся осадок сточных вод регулярно вывозится и захоранивается на свалках совместно с твёрдыми отходами. Эмиссии метана от илового остатка сточных вод учитываются при подсчёте эмиссии метана от твёрдых отходов на свалках.

### 6.1. Прогноз совершенствования системы обращения с отходами

Для осуществления прогноза выбросов парниковых газов при захоронении твердых коммунальных отходов (ТКО) на полигонах учитывались два основных момента:

- тенденция изменения эмиссии газов за предыдущие годы с целью возможности экстраполяции этой тенденции на 10 – 20 лет вперед;
- перспектива развития отраслей промышленности, связанных со сферой обращения отходов, исходя из существующих законодательных актов (постановлений, перспективных планов, концепции устойчивого развития и т.п.).

**Инвентаризация эмиссии метана.** Характер изменения эмиссии метана за предыдущие 1990 – 2002 гг. изображён на графике годами (рис. 6.1). Следует отметить, выбранные годы охватывают временной период, когда в республике произошел резкий спад экономики, который зафиксирован 1993-1995 годами. В 1993 – 1995 гг. в отходах сократилась доля пищевых отходов, что обусловило прежде всего сокращение доли способного разлагаться органического вещества в отходах.

По умолчанию предполагалось, что с 1995 г. по 2002 г. доля органического вещества оставалась неизменной и поэтому рост эмиссии метана объясняется увеличением объемов захораниваемых отходов (главным образом на глубоких полигонах, характеризующихся относительно высоким коэффициентом коррекции потока метана) и в меньшей мере – взятием на учет ранее неучтенных полигонов – в основном это небольшие полигоны районных центров и поселков городского типа. Этим процессам способствовал ряд причин, две из которых, по-видимому, главные – ужесточение контроля за вывозом отходов на полигоны и проведение инвентаризации объектов размещения отходов в республике, выполненной БЕЛНИЦ «ЭКОЛОГИЯ» в 1995 г. по заданию Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды). Ужесточение же контроля за вывозом отходов на полигоны последовало вслед за Постановлением Кабинета Министров Республики Беларусь от 31 марта 1995г. №176 «О нормативах платы за размещение отходов

производства и потребления», а также вводом в действие РД «Порядок выдачи разрешений на размещение отходов в окружающую среду», утвержденного Минприроды от 10 апреля 1995г. № 40.

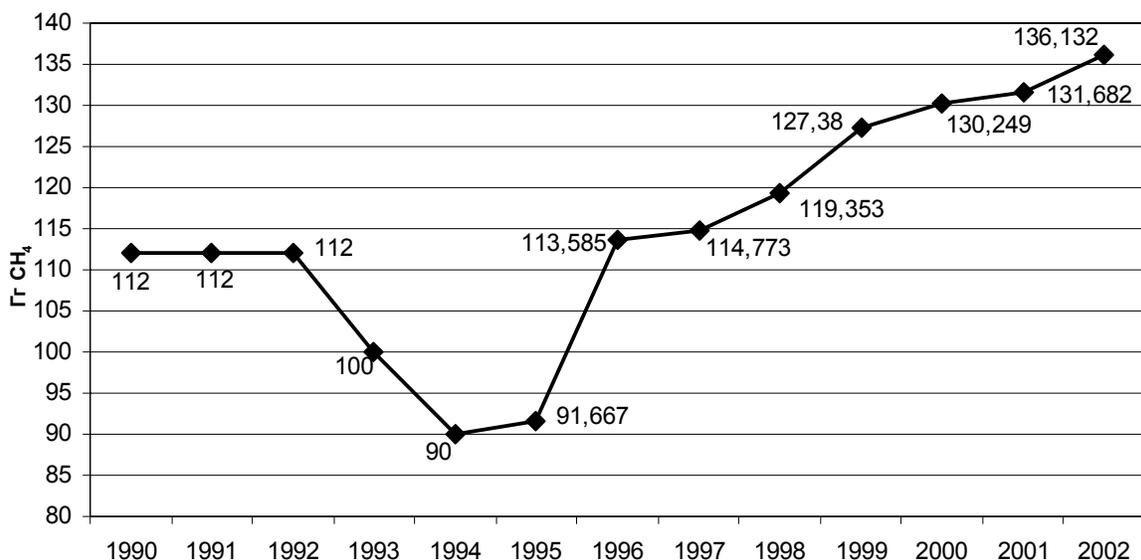


Рис.6.1. Эмиссия метана за 1995 - 2002 гг.

Таким образом 1995 год является знаковым для республики в отношении учета и контроля захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах. В последующие годы кардинальных изменений в этой области, существенным образом влияющих на объемы захоронения отходов, либо их морфологический состав не наблюдалось.

Резкое повышение эмиссии метана произошло именно в 1996 г, когда вступили в действие нормативы платы за размещение отходов и было учтено большинство полигонов, а следовательно и максимально учтены объемы захораниваемых отходов. Начиная с 1996 г. и по 2002 г. наблюдалось постоянное и неуклонное приращение эмиссии метана, которое обусловлено увеличивающимися объемами отходов. Поэтому для определения устойчивой тенденции изменения эмиссии метана учитывались 1996 – 2002 гг.

Величина ежегодного прироста эмиссии метана с 1996 по 2002 гг. изменялась от 1,148 до 8,021 Гг и в среднем составляла 3,74 Гг СН<sub>4</sub>.

**Политика и меры по уменьшению эмиссии метана.** Захоронение отходов на полигонах является на сегодняшний день самым распространенным способом обезвреживания отходов во всех странах, т.к. полигоны обеспечивают дешевый и легкий способ размещения коммунальных отходов, хотя из-за ужесточения требований к захоронению отходов, затраты на полигонный метод увеличиваются. К тому же активизация общественного мнения затрудняет поиск пригодных участков для размещения полигонов, т.к. места захоронения отходов являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды. Основное воздействие полигонов на окружающую среду связано с образованием биогаза и фильтрата, причем экологическая опасность сохраняется продолжительный период. Для Республики Беларусь низкие капитальные затраты на строительство полигонов по сравнению с другими методами обезвреживания отходов до сих пор являются приоритетными при выборе метода удаления отходов.

В то же время для экономического развития страны важное направление в настоящее время имеет поиск и внедрение ресурсосберегающих технологий. Одним из важнейших путей повышения эффективности ресурсосбережения является комплексное использование отходов в различных отраслях народного хозяйства, в том числе вторичное использование, утилизация коммунальных отходов, их рециклинг. Вторичное использование и рециклинг многих видов отходов обеспечивается организацией раздельного сбора и сортировки, а также технологией переработки.

Раздельный сбор и сортировка коммунальных отходов (от жилых зданий, организаций общественного назначения и т.п.) требует особой организации: либо по месту образования (у дома), либо централизованно на спецпредприятии. При раздельном сборе и сортировке меняется качественный и количественный состав ТКО, уменьшается объем отходов, улучшается и ускоряется процесс компостирования их органической составляющей, уменьшается количество вредных веществ, попадающих в грунты с фильтратом и т.п.

Разработанная Министерством жилищно-коммунального хозяйства и одобренная Правительством «Республиканская программа обращения с коммунальными отходами» определила на период до 2007 года системный подход к решению проблемы коммунальных отходов – от поэтапного внедрения системы раздельного сбора отходов до их полной промышленной переработки и максимальной утилизации ценных вторичных ресурсов. В соответствии с указанной программой разработаны областные и Минская городская программы обращения с коммунальными отходами на 1999-2005 гг.

Программой определены 17 городов (Брест, Барановичи, Витебск, Орша, Полоцк, Новополоцк, Гомель, Мозырь, Калинковичи, Жлобин, Рогачев, Гродно, Лида, Борисов, Жодино, Минск, Могилёв, Бобруйск), где планируется поэтапное внедрение системы раздельного сбора отходов. Наряду с этим изыскивается возможность изготовления пластмассовых контейнеров. Начато внедрение раздельного сбора в городах Брестской области – Брест, Барановичи, Пинск, Пружаны, Каменец, Жабинка, Столин, Гомельской области – Речица, Мозырь, Гродненской области – Гродно, Лида, Минской области – Несвиж, г. Минск. К концу 2002 года раздельным сбором коммунальных отходов было охвачено около 125 тысяч человек, в том числе 20 тыс. в 2002 году, однако это составляет только 1,7 процента от всего городского населения.

Учитывая, что в составе коммунальных отходов значительный удельный вес занимают бумага, текстиль, стеклобой и полимерные материалы, с целью возврата в хозяйственный оборот ценных вторичных ресурсов и уменьшения нагрузки на полигоны, в республике создана сеть приемно-заготовительных пунктов вторичного сырья от населения – 948 пунктов в системе потребительской кооперации, 58 в системе жилищно-коммунального хозяйства, которая в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 2 февраля 2003 г. №269 «О совершенствовании системы сбора (заготовок) и использования некоторых видов вторичного сырья» будет расширена. Развитие сети приемных пунктов также имеет целью постепенное внедрение раздельного сбора отходов населением. УП «Экорес» разместило в г. Минске 34 приемных пункта по заготовке вторсырья. Организациями жилищно-коммунального хозяйства Могилевской области также организованы 19 приемных пунктов вторсырья. 5 пунктов приема вторсырья открыты в г. Мозыре Гомельской области. Развитие сети заготовительных пунктов также имеет целью постепенное внедрение раздельного сбора отходов населением.

В соответствии с Программой разработаны генеральные схемы саночистки 10 крупных городов - Минск, Брест, Витебск, Гомель, Барановичи и регионов Лидского, Мозырь-Калинковичского, Полоцк-Новополоцкого. Схемы для городов Гродно, Могилёв, Жлобин – Рогачёв, где намечалось наладить раздельный сбор и сортировку мусора, разрабатываются.

В 2000 – 2002 годах построены экспериментальная сортировочная станция в г. Несвиже, сортировочно-перегрузочная станция в г. Бресте; начато строительство сортировочно-перегрузочных станций в гг. Пинске, Клецке, Столбцах; начаты работы по реконструкции мусороперерабатывающего завода в г. Минске – введен в эксплуатацию цех прессования отходов. Начато строительство сортировочно-биомеханического завода в г. Борисове, однако из-за отсутствия финансовых средств работы выполнены на 9% и приостановлены. На ряд объектов саночистки разработана и утверждена проектно-сметная документация.

Имеющиеся средства не позволили в полном объёме начать реализацию дорогостоящих мероприятий: запланированное строительство мусороперерабатывающих заводов (МПЗ) и широкое внедрение раздельного сбора коммунальных отходов населением.

В связи с этим большинство мероприятий осталось не реализовано до сих пор, хотя выполнение некоторых из них предусматривалось ещё «Национальной программой рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды на 1996-2000 гг.»

«Концепцией Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г», (далее Концепция) разработанной национальной комиссией по устойчивому развитию Республики Беларусь, в качестве одной из первоочередных мер в сфере обращения коммунальных отходов подчеркивается необходимость предусмотреть разработку программы раздельного сбора отходов на этот период с учётом существующего состояния.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 февраля 2003г. №283 «Об утверждении республиканской программы проведения года порядка и благоустройства» предусмотрено:

(п.2.24) разработать и утвердить в установленном порядке положение о раздельном сборе коммунальных отходов (март 2003 г.), разработать с учётом местных условий и утвердить региональные положения о раздельном сборе коммунальных отходов (май 2003 г.);

(п. 2.25) в целях максимальной утилизации вторичного сырья обеспечить охват раздельным сбором коммунальных отходов не менее 10 процентов населения, в первую очередь, в городах, определённых Республиканской программой обращения с коммунальными отходами (2003 г.).

Во исполнение Постановления Совета Министров Республики Беларусь № 283 разработан проект «Положение об организации раздельного сбора (сбора), хранения и перевозки коммунальных отходов», который находится в стадии согласования. В главе 3 Положения «Порядок и условия организации раздельного сбора (сбора) коммунальных отходов на территории коммунальных мест» в частности, говорится:

коммунальные отходы, образующиеся на территории населённых мест, а также выявленные бесхозные отходы, подлежат сбору (раздельному сбору) и максимальному использованию как вторичное сырьё;

организация раздельного сбора коммунальных отходов является частью государственной системы управления деятельностью по сбору (заготовке) и использованию отходов в качестве вторичного сырья;

с целью максимального использования а качестве вторичного сырья макулатуры, текстиля, стекла, полимеров и синтетических материалов, металлов, органических составляющих, входящих в состав коммунальных отходов, они собираются преимущественно раздельно;

запрещается предоставление к перевозке организации, осуществляющей планово-регулярную санитарную очистку, и размещению на полигоне коммунальных отходов, образующихся в процессе жизнедеятельности юридических лиц, содержащих пригодное к использованию вторичное сырьё;

органические составляющие коммунальных отходов, пригодные для компостирования (органические отходы кухни, растительные отходы, органические отходы от содержания скота и другие) должны, по возможности, компостироваться на земельных участках, предоставленных или переданных для строительства и (или) обслуживания жилого дома, ведения личного подсобного хозяйства и (или) огородничества;

организации, осуществляющие деятельность по обращению с коммунальными отходами, обязаны информировать население, организации и учреждения о порядке сбора и вывоза отходов, условиях сбора с целью максимального их использования в качестве вторичного сырья;

собственники коммунальных отходов обязаны собирать коммунальные отходы раздельно по их видам и размещать их в контейнеры по назначению, согласно заключённому с обслуживающей организацией договору, исключив при этом попадание вредных веществ в отходы.

Таким образом, Концепцией, как и другими менее продолжительными программами в сфере обращения отходов предусмотрено, в основном, внедрение раздельного сбора и сортировки по видам отходов с целью извлечения вторичного сырья. Раздельный сбор и сортировка, являясь одним из ключевых моментов политики ресурсосбережения, в то же время должны привести к сокращению количества захораниваемых на полигонах отходов и уменьшению содержания в них органосодержащих отходов, как потенциального источника эмиссии метана.

В экономически развитых европейских странах удельное образование коммунальных отходов на одного человека колеблется от 0,85 кг/чел.день (Ирландия) до 1,29 – 1,7 кг/чел.день (Франция, Финляндия), в среднем составляет 1,2 кг/чел.день. В Республике Беларусь этот показатель постоянно увеличивается от 0,58 кг/чел.день в 1996г. до 0,69 кг/чел.день в 2002 г., причём увеличение количества отходов в Беларуси происходило, несмотря на сокращение численности населения.

## II. ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ.

### 1. ЭНЕРГЕТИКА

#### 1.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер для энергетического комплекса

Вариант прогноза выбросов парниковых газов разработан для оптимистического развития экономики (максимальных темпов роста ВВП, промышленного производства и других показателей экономического роста). Кроме того, в этом варианте заложено двукратное увеличение роста потребления электроэнергии населением в быту с приближением к уровню развитых стран по этому параметру.

Валовое потребление ТЭР в перспективе будет расти в среднем на 2-2,5% в год (рис.1.1). К 2020 г. величина валового потребления достигнет 50 млн.т.у.т., что составит около 80% от уровня потребления 1990 г. Энергоемкость ВВП будет снижаться в среднем на 4-3% в год.

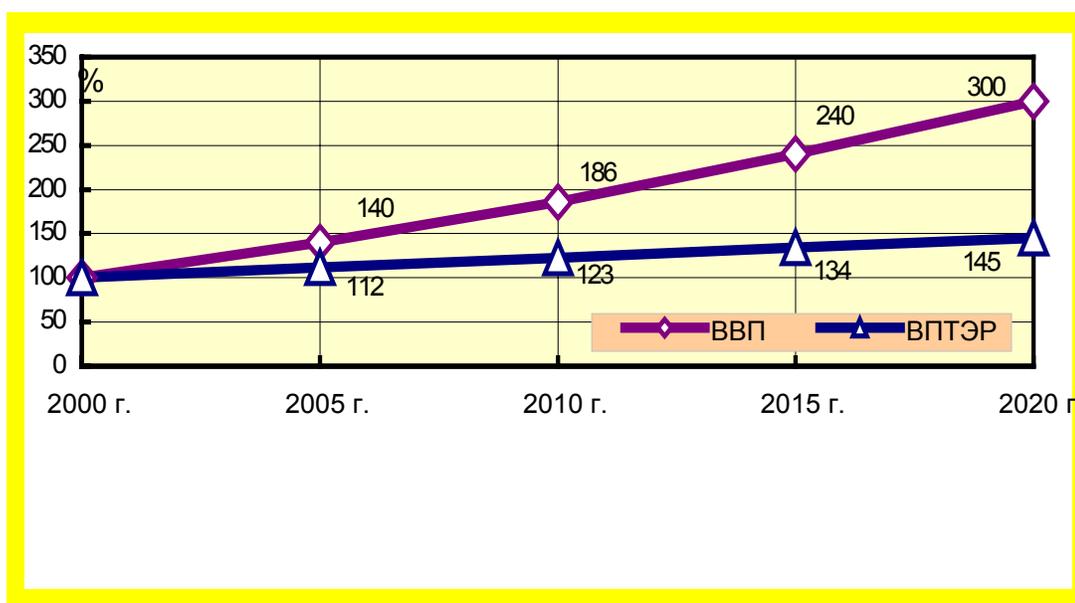


Рис.1.1 Индексы роста ВВП и валового потребления ТЭР (ВПТЭР) в период 2000-2020 гг.

Из соображений энергетической безопасности и с учетом изменения в перспективе соотношения цен на энергоресурсы (в соответствии с прогнозом Института экономики Российской Академии Наук цены на природный газ приблизятся к уровню цен на нефть и превысят цены на уголь) в топливном балансе предусмотрен рост потребления мазута для выработки тепло- и электроэнергии. В настоящее время уточняются «Основные направления энергетической политики Республики Беларусь на 2001-2005гг. и на период до 2015г.», утверждённые постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.10.2000 г. № 567, где предусматривается строительство ГРЭС на угле, первый блок которой может быть введен к концу I бюджетного периода до 2012г., а к концу II бюджетного периода до

2017г. еще два блока. С учётом этого топливный баланс прогнозируется в следующем виде (табл.1.1).

Таблица 1.1

## Прогноз топливного баланса, тыс. т.у.т.

Вид топлива	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.
Газ природный, всего	19751	21415	21758	21470
Попутный газ (производство)	334	290	240	145
Мазут топочный	2828	2310	2760	4270
Уголь	403	270	930	2200
Кокс	83	80	90	110
Топливо печное бытовое (ТПБ)	159	80	40	20
Газ сжиженный	394	227	203	190
Газ сухой нефтепереработки	447	640	715	860
Топливный торф	100	130	200	350
Топливные брикеты	741	670	810	1240
Дрова топливные	984	1230	1360	1630
Отходы производства (древесные)	138	220	700	1950
Горючие ВЭР	220	180	220	280
Бензин автомобильный	1471	1659	2021	2728
Топливо дизельное	2538	3014	3682	4935
Керосин	88	130	180	300
Прочие виды	87	160	130	100
<b>ИТОГО всех видов топлива (без сырья)</b>	<b>30766</b>	<b>32705</b>	<b>36039</b>	<b>42778</b>

С учетом вышесказанного перспективная оценка эмиссии CO<sub>2</sub>, исходя из планируемого потребления топлива выглядит следующим образом (табл.1.2).

Таблица 1.2

Эмиссии диоксида углерода по модулю «Энергетика» с учетом изменения структуры потребления топлива

Год	1990	1995	1999	2000	2005*	2010*	2020*
Эмиссия CO <sub>2</sub> , Гг	100 615	60 552	55 185	50 741	56 610	62 618	74 787

\* – перспективная оценка

Существует и другой подход к перспективной оценке эмиссий парниковых газов, в основе которого лежат данные о валовом внутреннем продукте и его энергоёмкости.

$$E_{CO_2} = \text{ВВП} * \text{ЕЕ} * K_{CO_2}, (1.1)$$

где: E<sub>CO<sub>2</sub></sub> – эмиссия диоксида углерода, Гг

ВВП – валовый внутренний продукт, руб. (\$)

ЕЕ – энергоёмкость валового внутреннего продукта, кг.у.т./руб. (\$) ВВП

K<sub>CO<sub>2</sub></sub> – коэффициент эмиссии диоксида углерода, Гг CO<sub>2</sub>/кг.у.т.

**ВВП (Валовой внутренний продукт).** Начиная с 1996 г. был преодолён спад производства, достигнута положительная динамика макроэкономических процессов;

обеспечен ежегодный прирост ВВП, производства промышленной продукции, потребительских товаров. Следует отметить, что в сопоставимых ценах 2002 г. объем валового внутреннего продукта даже в 2002 г. не достиг уровня 1990 г. и составил 97,2%. И только в прогнозном периоде ставится задача его превышения – с выходом в 2003 г. – на 102,3-102,8%, в 2005 г. – на 119,5-122,5%.

В последующем объем валового внутреннего продукта (производство) с учетом других факторов прогнозируется более оптимистично: к 2010 г. – 156,6-162,9%, а к 2020 г. – до 242,6-263,6% к уровню 1990 г.

**ЕЕ (Энергоемкость валового внутреннего продукта).** Снижение энергоемкости ВВП достигнуто в 2000 г. на 28,1%, в 2001 г. – на 4,0%, в 2002 г. – на 4,7%; прогнозируется дальнейшее снижение энергоёмкости на 4,5-5,5% в 2003 г., на 8,4-11,0% к 2005 г., на 16-20% за период 2006-2010 гг. и на 10-15% за 2011-2020 гг.

**К<sub>СО2</sub> (Коэффициент эмиссии диоксида углерода).** Коэффициент эмиссии диоксида углерода представляет собой агрегированный коэффициент эмиссии, зависящий от структуры топлива. Начиная с 1990г. он постоянно снижался и в 2000г. составил 0,0598 Гг СО<sub>2</sub>/ТДж. Это вызвано, в первую очередь, увеличением доли природного газа с более низким коэффициентом эмиссии, и в соответствии с планируемой структурой потребления топлива прогнозируется его незначительное снижение.

Эмиссии диоксида углерода, исходя из макроэкономических показателей представлена в табл.1.3.

Таблица 1.3

Эмиссии диоксида углерода, исходя из  
макроэкономических показателей

Эмиссия диоксида углерода, Гг	2000 г.	2003 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.
Пессимистический вариант*	50742	58854	70122	93261	150942
Оптимистический вариант**	50742	50051	52000	54496	71821

\* – Пессимистический вариант.

Подразумевает отсутствие мероприятий по энергосбережению, направленных на сокращение потребления топлива, устранение его потерь – от добычи до потребления. При этом принимается, что энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) не изменяется в течение прогнозного периода. Таким образом, с ростом ВВП растет энергопотребление и соответственно эмиссии парниковых газов.

\*\* – Оптимистический вариант.

Предполагает реализацию всего комплекса планируемых мероприятий по энергосбережению. Это естественно отразится на потреблении топлива и, как следствие, на энергоемкости ВВП, на постоянном ее снижении. В результате, к 2020г. при росте ВВП в 2,5 раза по сравнению с 1990г., эмиссии диоксида углерода не достигнут уровня базового года (1990).

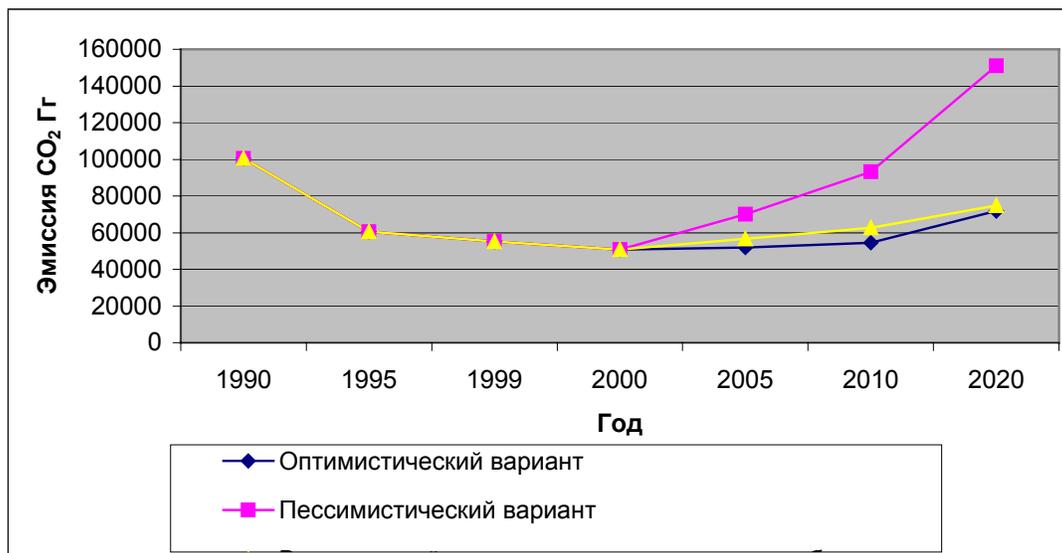


Рис. 1.2. Эмиссия диоксида углерода

## 1.2. Прогноз эмиссии метана

Основной источник эмиссии метана в модуле «Энергетика» – летучие эмиссии от нефтяных и газовых систем (на их долю приходится 85,9%). Летучие эмиссии метана определены, руководствуясь методологией МГЭИК на основе прогнозных данных по нефти и газу, взятых из «Основных направлений энергетической политики Республики Беларусь на 2001-2005гг. и на период до 2015г.», утверждённых постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.10.2000 г. № 567 (табл.1.4).

Таблица 1.4

Летучие эмиссии метана от нефтяных и газовых систем, Гг

Год	Нефть			Газ				Всего
	Добыча	Переработка	Хранение	Добыча	Транспортировка	Другие утечки		
						От энергетики и промышленности	От других секторов	
2005	0,17	0,50	0,09	2,23	76,06	50,75	2,81	132,61
2010	0,14	0,53	0,10	2,03	83,32	55,61	3,07	144,80
2015	0,12	0,59	0,11	1,75	86,78	57,92	3,20	150,47
2020								154

Перспективная оценка эмиссии метана от сжигания топлива и от нефтяных и газовых систем представлена в табл.1.5.

Таблица 1.5

Эмиссии метана по модулю «Энергетика», Гг

Источник эмиссии	Год			
	2005	2010	2015	2020
1. От сжигания топлива	18,0	19,0	20,0	21
2. Летучие эмиссии	132,6	144,8	150,5	154
<b>Всего</b>	<b>150,6</b>	<b>163,8</b>	<b>170,5</b>	<b>175</b>

### 1.3. Прогноз эмиссии закиси азота.

Эмиссии закиси азота в модуле «Энергетика» составляют менее 1%, их серьезная перспективная оценка нецелесообразна, а абсолютные значения оцениваются в размере 0,36 – 0,50 Гг.

Перспективная оценка эмиссий парниковых газов по модулю «Энергетика» представлена в табл.1.6.

Таблица 1.6

Эмиссии газов с прямым парниковым эффектом по модулю «Энергетика»\*

Год	CO <sub>2</sub> , Гг	CH <sub>4</sub> , Гг	N <sub>2</sub> O, Гг	CO <sub>2</sub> , экв. CO <sub>2</sub> .	CH <sub>4</sub> , экв. CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O, экв. CO <sub>2</sub>	ЭГП, экв. CO <sub>2</sub>
2005	70 122	151	0,42	70 122	3 171	130	73 423
	56 610			56 610			59 911
	52 000			52 000			55 301
2010	93 261	164	0,46	93 261	3 444	143	96 848
	62 618			62 618			66 205
	54 496			54 496			58 083
2020	150 942	175	0,49	150 942	3 675	152	154 769
	74 787			74 787			78 614
	71 821			71 821			75 648

\* эмиссии диоксида углерода по пессимистическому варианту  
эмиссии диоксида углерода с учетом изменения структуры потребления топлива  
эмиссии диоксида углерода по оптимистическому варианту

Как видно, эмиссии газов с прямым парниковым эффектом по модулю «Энергетика» будут возрастать, что обусловлено прогнозируемым ростом ВВП и потребления топлива.

В период до 2010 г. – период восстановления и ускоренного роста экономики республики, вполне адекватными для Беларуси по уровню антропогенных выбросов представляются и условия присоединения к Киотскому протоколу РКИК. Республике Беларусь предстоит предпринять значительные усилия, особенно в области изыскания необходимых инвестиций в энергетику, чтобы в период, определённый Протоколом (2008-2012 гг.) не превысить уровень эмиссии CO<sub>2</sub>, эквивалентных выбросов парниковых газов в республике в 1990 г.

## 2. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.

### 2.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер в промышленности

Вклад промышленности в ЭГП невелик – 3,1 % по уровню 2000 г., однако за период 1990 – 2000 гг. он увеличился в 1,7 раза.

Поэтому прогноз эмиссий парниковых газов в промышленности целесообразен.

Эмиссии парниковых газов в промышленности определяются, главным образом, объемами производства продукции. Однако, в связи с реализацией политики и мер по экологизации индустриальных процессов, темпы роста эмиссии парниковых газов будут ниже темпов роста объемов производства. Прогнозные показатели развития подотраслей основных источников парниковых газов в вышеупомянутых документах примерно одинаковы, поэтому прогноз эмиссий парниковых газов осуществляется по одному сценарию.

### 2.2. Прогноз эмиссии диоксида углерода

Эмиссия углекислого газа складывается из двух источников: производства цемента и производства извести. В производстве цемента  $\text{CO}_2$  образуется на стадии получения клинкера – промежуточного продукта производства.

Расчеты показывают, что к 2020 г. возможен рост выбросов углекислого газа в пределах 15% по отношению к 2000г.

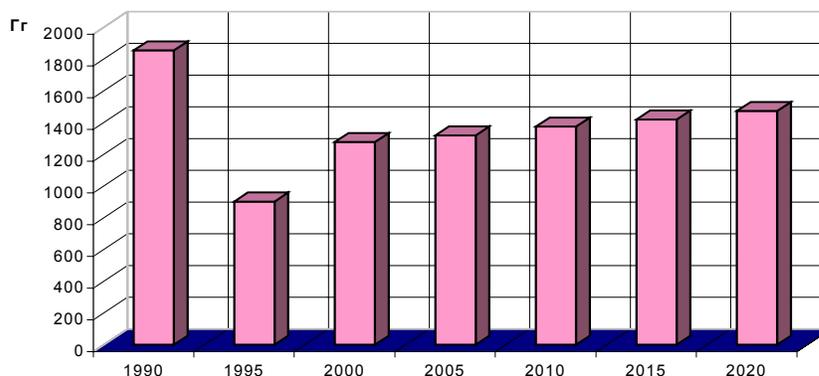


Рис.2.1 Прогноз эмиссии  $\text{CO}_2$

### 2.3. Прогноз эмиссии диоксида серы

Основными источниками эмиссии  $\text{SO}_2$  являются производство цемента, аммиака и серной кислоты. Поскольку на производство серной кислоты приходится 94-96% эмиссии  $\text{SO}_2$ , то именно этот источник и будет определять общую тенденцию выбросов (рис.2.2).

Согласно полученным данным к 2020 г. уровень эмиссии  $\text{SO}_2$  составит порядка 84% объемов выбросов 1995 г. В связи с планируемым увеличением объемов производства серной кислоты по отношению к 2000 г. прогнозный рост эмиссии составит более 45%.

### 2.4. Прогноз эмиссии оксида углерода

Основными источниками эмиссии оксида углерода является производство капролактама, этилена и пропилена, аммиака и ряда металлов.

Согласно полученным данным выбросы CO в 2020г могут составить 7,8 Гг, т.е. по сравнению с 2000г с учетом экологизации производств возможное увеличение выбросов данного соединения составит меньше 3% (рис. 2.3).

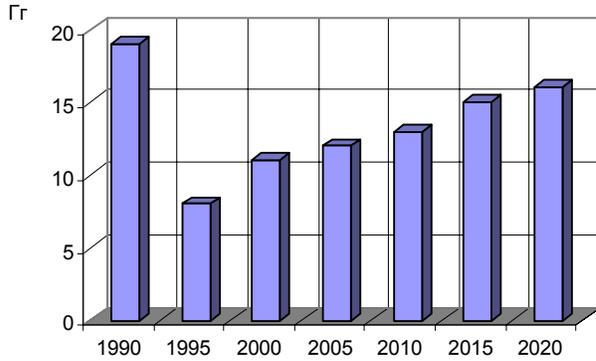
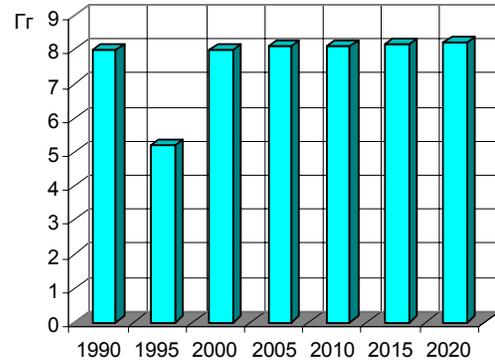
Рис.2.2 Прогноз эмиссии SO<sub>2</sub>

Рис.2.3 Прогноз эмиссии CO

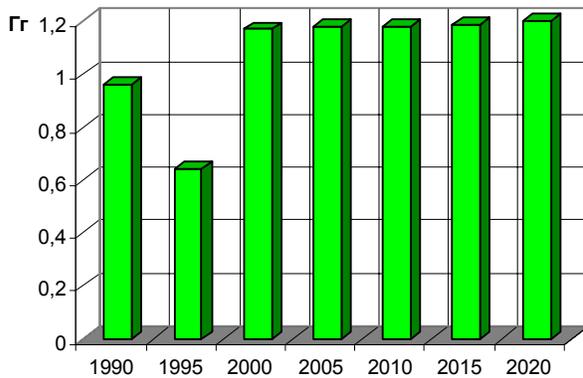
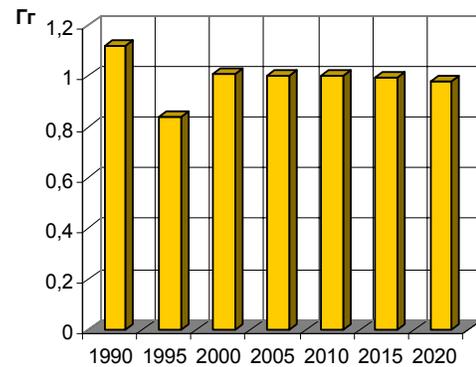
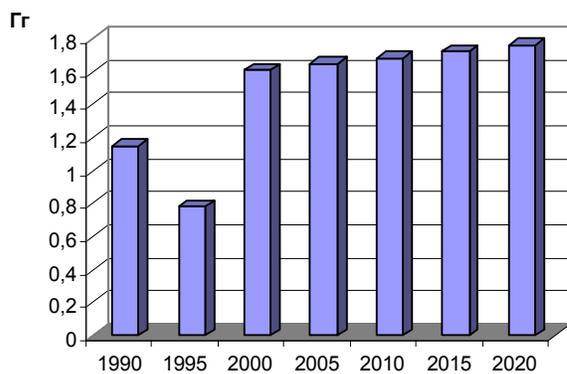
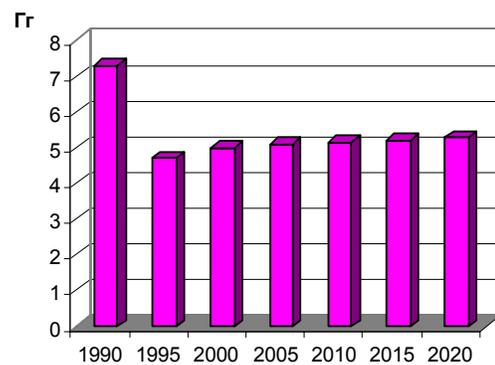
Рис.2.4 Прогноз эмиссии NO<sub>x</sub>Рис.2.5 Прогноз эмиссии NO<sub>2</sub>Рис.2.6 Прогноз эмиссии CH<sub>4</sub>

Рис.2.7 Прогноз эмиссии НМУ

## 2.5. Прогноз эмиссии оксидов азота

Основными источниками эмиссии оксидов азота является металлургия и ряд производств химической промышленности.

Так как основным источником эмиссии  $\text{NO}_2$  является производство азотной кислоты, то прогнозная величина эмиссии к 2020 г. практически не изменится. Возможное некоторое снижение выбросов связано с планируемой реконструкцией устаревшего оборудования (рис. 2.4, 2.5).

## 2.6. Прогноз эмиссии метана

Расчеты показывают, что в перспективе произойдет незначительный рост выбросов метана в связи с планируемым увеличением производства стали. По отношению к 2000г рост выбросов метана в 2020г составит порядка 9% (рис. 2.6).

## 2.7. Прогноз эмиссии неметановых углеводородов

Основным источником выбросов НМУ является производство аммиака, вклад которого в общий объем эмиссии НМУ составляет более 82%.

Расчеты показывают, что за период 2000 – 2020гг возможно увеличение суммарного ЭГП от индустриальных процессов на 11,7%, что определяется главным образом, темпами роста объемов производства. Но с учетом планируемых мероприятий по обеспечению экологически безопасного осуществления хозяйственной деятельности в республике рост эмиссии парниковых газов будет значительно ниже роста объемов производства (рис. 2.7).

Таблица 2.1

Прогноз вклада индустриальных процессов в суммарный ЭГП.

Год	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте $\text{CO}_2$ , Гг			
	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$	Суммарный ЭГП
2005	1320	1,65	1,0	1320	34,7	310	1664,7
2010	1370	1,68	1,0	1370	35,3	310	1715,3
2015	1420	1,72	0,99	1420	36,1	307	1763,1
2020	1474	1,76	0,98	1474	37,0	304	1815,0

### 3. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

#### 3.1. Перспективная оценка эмиссии парниковых газов и оценка эффективности мер в сельском хозяйстве

Прогноз выбросов парниковых газов от сельского хозяйства строился на основании имеющихся прогнозных оценок развития животноводства, объемов внесения минеральных удобрений, площадей сельскохозяйственных земель на органических почвах. Поскольку для развития животноводства имеются два возможных сценария, то нами рассмотрены два сценария выбросов метана. Для закиси азота, основными источниками которой являются азотные минеральные удобрения и органические почвы, рассчитан лишь один сценарий выбросов, поскольку предполагается, что использование азотных удобрений достигнет потребности к 2005 году и далее стабилизируется; для скорости деградации мелиорированных органических почв также имеется один прогнозный сценарий.

#### 3.2. Прогноз эмиссии метана

Расчеты показывают, что в перспективе при различных сценариях развития животноводства не произойдет роста выбросов метана (табл. 3.1, рис. 3.1).

Таблица 3.1.

Прогноз выбросов метана в сельском хозяйстве, тыс. т (Гг)

Сценарий развития	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Базовый	530	404	334	337	337	336	336
Оптимистический	530	404	334	380	385	388	393

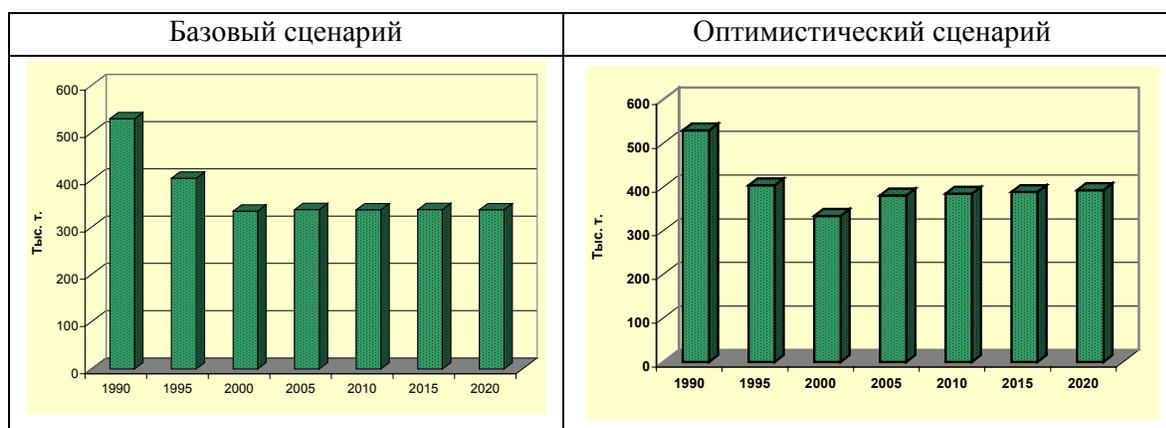


Рис. 3.1. Прогноз выбросов метана в сельском хозяйстве по двум сценариям развития животноводства

К 2020 году его уровень не достигнет уровня 1995г. (и тем более 1990 г.) и составит 337 тыс.т при базовом сценарии развития и 393 – при оптимистическом. По отношению к 1990г. выбросы метана в 2020 г. составят: при базовом сценарии – 64%, при оптимистическом – 74%.

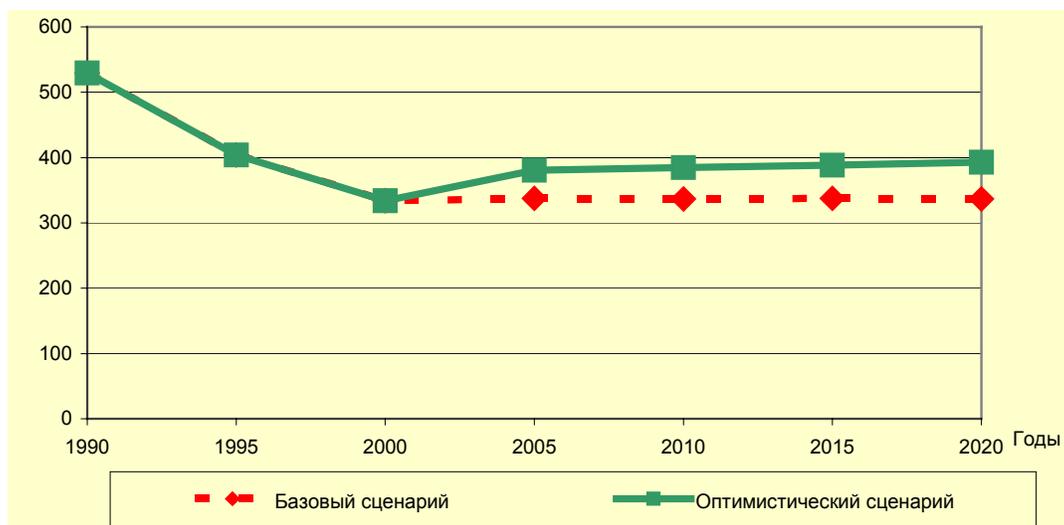


Рис. 3.2. Сравнительные тренды выбросов метана при двух сценариях развития животноводства

### 3.3. Прогноз выбросов закиси азота

Согласно полученным данным, выбросы закиси азота в 2020г. могут составить 26,5 тыс.т, или 86% от 1990 г. (табл. 3.2). По сравнению с 2000г. возможно увеличение выбросов данного соединения примерно в 1,4 раза (рис. 3.2).

Таблица 3.2.

Прогноз валовых выбросов закиси азота, Гг

1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
30,7	14,3	18,8	27,1	26,9	26,7	26,5

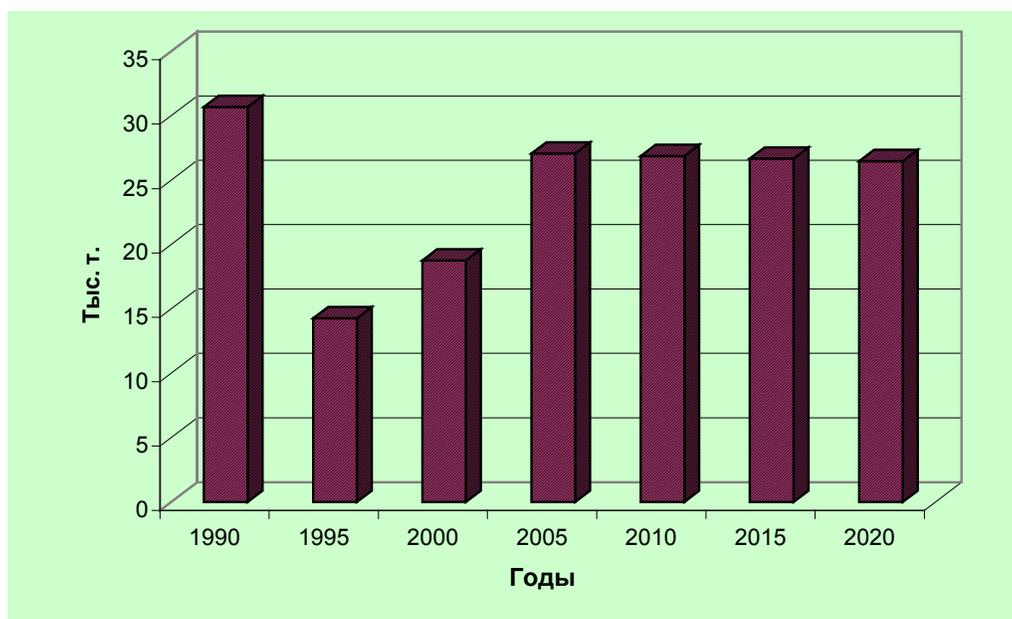


Рис. 3.3. Прогноз валовых выбросов закиси азота в сельском хозяйстве

Поскольку основными источниками выбросов закиси азота являются использование азотных удобрений и торфяных почв, то именно соотношение данных источников и будет определять общую тенденцию выбросов (рис. 3.3, 3.4). Относительно использования торфяников в сельском хозяйстве можно достаточно уверенно сказать, что площади их будут сокращаться, тем самым сократятся и выбросы. В то же время использование азотных удобрений имеет тенденцию к росту, причем объем их потребления, по различным оценкам, может достичь требуемого уровня уже в ближайшие годы. Расчеты показывают, что к 2005 году по сравнению с 2000г. возможно увеличение прямых и косвенных выбросов закиси азота (которые обусловлены преимущественно использованием азотных удобрений) примерно вдвое, с последующей стабилизацией уровня эмиссий.

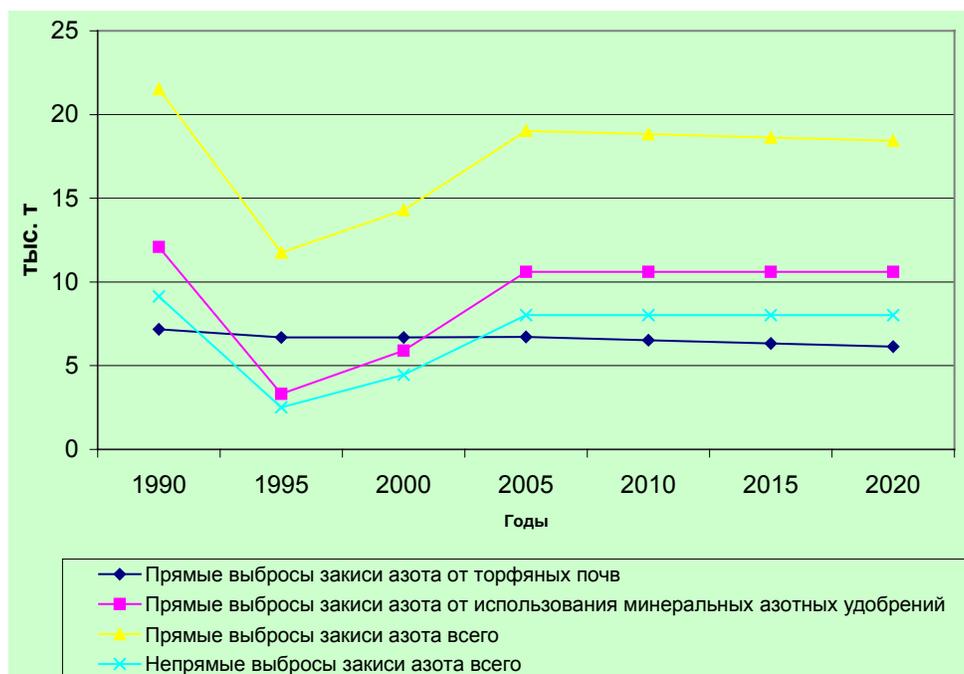


Рис. 3.4. Прогноз выбросов закиси азота в сельском хозяйстве по категориям источников

## 4. ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

### 4.1. Прогноз эмиссии и стока парниковых газов в лесном хозяйстве

Основным стоком  $\text{CO}_2$  на территории страны является его депонирование в биомассе лесов. Для его оценки нами использованы данные о типологической структуре лесной растительности и территориальному их распределению, приведенные в таблицах. Оценки стоков  $\text{CO}_2$  рассчитывались по величине удельных приростов (продукции) лесов и их площадей для каждой из выделенных породных и возрастных категорий. Результаты расчетов приведены в табл. 4.1. В ней представлены значения годовой продукции (прироста) надземной фитомассы и эквивалентное ей количество  $\text{CO}_2$  (Гг).

Оценка выполнена для 2001, 2005, 2010, 2015 и 2020 гг. Как видно из табл. 4.1, основную роль в стоке  $\text{CO}_2$  играют средневозрастные хвойные и мелколиственные леса, а также молодняки второй группы и приспевающие древостои этих лесных формаций.

Следует отметить существенный скачок в площадях лесов между 2000 и 2001 годами. Он связан не только с выполненными лесопосадками, но и включением значительных площадей, загрязненных радионуклидами. Также в 2015 г. прогнозный объем лесопользования составляет 18 млн  $\text{м}^3$  при значении 10,8 млн.  $\text{м}^3$  в 2000 г.

Отметим, что лесопосадки в 2001 г. выполнены на 33226 га, в том числе на гарях прошлых лет – 662 га. На площади 7209 га проведено содействие естественному возобновлению леса.

За 1988 г. – 2001 гг. облесено 60776 га земель, загрязненных радионуклидами, из них 42326 га лесного фонда и 18450 га изъято из других видов пользования.

В 2001 г. усохло еловых насаждений на площади 8109,8 га с запасом древесины 1,9 млн.  $\text{м}^3$ , вдвое больше, чем в 1999 г.

Из табл. 4.1. следует, что сток  $\text{CO}_2$  на период прогноза заметно выше, чем наблюдался в 90-х годах прошлого столетия, и составляет от 47,28 до 49,84 млн. т.

Объем и структура произведенной продукции во многом зависят от использованных технологий в прогнозном периоде. Доля новых технологий в лесном хозяйстве в общем объеме производства составит от 11 % в 2000 г. до 16 % в 2005, 21 % в 2010 г. и 30 % в 2020 г.

К стокам  $\text{CO}_2$  приводит также вывод обрабатываемых земель и пастбищ из оборота. Здесь отслеживаются процессы развертывающиеся на отрезке от текущего года до t-20 и далее от t-20 лет до t-100 лет. Оценка второй составляющей крайне ненадежна, как и соответствующие статистические материалы. Поэтому используется только первая (основная) ее составляющая. Площади облесения за 20 предыдущих лет составят для 2001 г. – 593,6 га, 2005 г – 750,2 га, 2010 г. – 838,6 га, 2015 г. – 953,0 га, 2020 г. – 542,0 га. Соответствующие этому процессу стоки  $\text{CO}_2$  приведены в табл. 4.2.

Для облегчения интерпретации динамики и прогноза стока и эмиссий привлекались материалы предыдущих исследований по теме за 1990–2000 гг. В целом наблюдается и прогнозируется уменьшение площадей пахотных и возрастание лесопокрываемых земель, что в конечном счете способствует увеличению стока  $\text{CO}_2$ . Предложенные для периода прогноза уровни известкования почв и лесопользования практически стабилизируют результирующий сток на фоне медленного возрастания лесопокрываемых площадей (рис. 4.1, 4.2). Реализация сценариев хозяйственной деятельности с более высоким уровнем рубок леса и более

Годовая продукция надземной фитомассы (а) и эквивалентное количество CO<sub>2</sub> (б) в лесных экосистемах Беларуси, млн. т.

Группы формаций	Классы возрастов	а						б					
		2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.		
Хвойные	Молодняки 1 класса	1,13	1,15	1,16	1,18	1,19	2,08	2,11	2,13	2,16	2,19		
	Молодняки 2 класса	3,67	3,71	3,76	3,81	3,86	6,73	6,82	6,91	7,00	7,09		
	Средневозрастные	7,57	7,67	7,77	7,88	7,98	13,89	14,08	14,27	14,45	14,64		
	Приспевающие	3,02	3,06	3,10	3,14	3,18	5,54	5,62	5,69	5,77	5,84		
	Спелые	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	1,33	1,35	1,37	1,39	1,40		
	Перестойные	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05		
Твердолиственные	Молодняки 1 класса	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22		
	Молодняки 2 класса	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44		
	Средневозрастные	0,47	0,47	0,48	0,49	0,49	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90		
	Приспевающие	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20		
	Спелые	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17		
	Перестойные	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
Мягколиственные	Молодняки 1 класса	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81		
	Молодняки 2 класса	1,51	1,53	1,55	1,57	1,59	2,76	2,80	2,84	2,88	2,91		
	Средневозрастные	4,19	4,25	4,30	4,36	4,42	7,69	7,79	7,89	8,00	8,10		
	Приспевающие	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	2,57	2,61	2,64	2,68	2,71		
	Спелые	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	1,04	1,05	1,06	1,08	1,09		
	Перестойные	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
Всего		25,77	26,12	26,46	26,81	27,16	47,28	47,92	48,56	49,20	49,84		

высоким уровнем известкования (2000–2500 тыс. т) существенно снижает сток CO<sub>2</sub> экосистемами Беларуси (на 20–30 % и более).

Таблица 4.2

Факторы и стоки CO<sub>2</sub> в лесных экосистемах Беларуси

Факторы, стоки, единицы измерения	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Вывод земель из эксплуатации, тыс. га	593,6	750,3	838,6	953,0	542,0
Сток CO <sub>2</sub> , Гг	3260	4130	4610	5240	2980
Прирост древостоя, млн. т	25,77	26,12	26,46	26,81	27,16
Сток CO <sub>2</sub> , Гг	31890	32470	33190	32530	33210
Суммарный сток CO <sub>2</sub> , Гг	35150	36590	37810	37770	36190

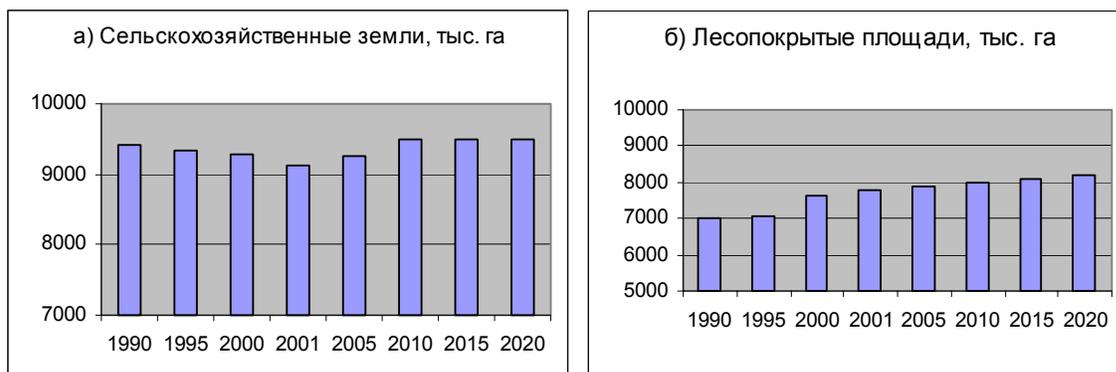


Рис. 4.1. Динамика сельскохозяйственных (а) и лесопокрываемых (б) земель

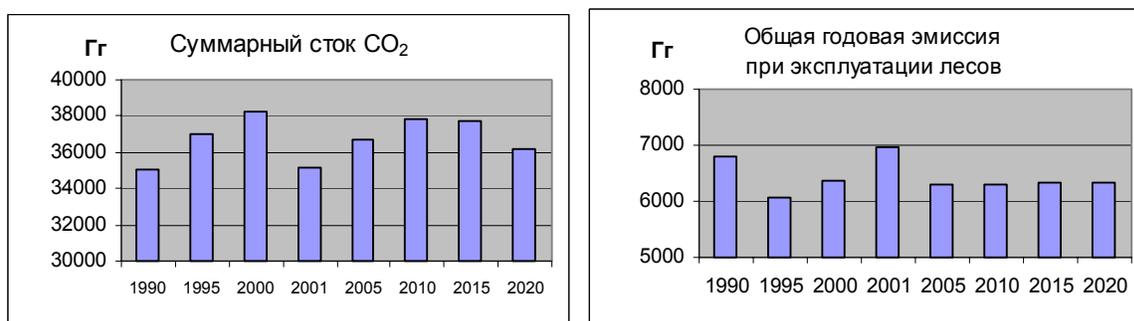


Рис. 4.2. Эмиссии и стоки в секторе «Землепользование и лесное хозяйство»

В качестве мер, способствующих ослаблению проявления парникового эффекта в масштабе страны, следует указать две группы природных и хозяйственных процессов:

а) снижающие выбросы (эмиссии) CO<sub>2</sub> в атмосферу из лесных экосистем и определенные изменения типа землепользования;

б) увеличивающие продуктивность (прирост) и тем самым наращивающие запасы биомассы в лесных экосистемах, а также некоторые изменения в землепользовании.

Так, сплошные рубки фактически приводят экосистему лесного массива в состояние, характеризующееся минимальной продуктивностью и большим запасом мортмассы. Здесь эффективны два направления: 1) восстановление леса за счет оберегания подроста при рубке и новых лесопосадках, сплошных или выборочных; 2) максимально полное хозяйственное использование остаточной мортмассы. Тем самым на части площадей обеспечивается условное превращение вырубок в молодняки I возраста.

Поскольку максимальной продуктивностью характеризуются молодняки второго возраста, средневозрастные и приспевающие леса, то заметно повысить сток  $\text{CO}_2$  при той же площади лесов можно за счет увеличения в лесной площади доли этих трех наиболее продуктивных (II – IV) возрастных категорий. Перестойные леса следует сохранять, если для этого имеются исторические, природоохранные и другие причины. В сценарии, предложенном в «Стратегическом плане развития лесного хозяйства Беларуси», рекомендуется стратегия лесопользования с повышенным уровнем рубок леса. При этом уже через 10 лет проявляется существенное «омоложение» лесного фонда, что способствует увеличению стока  $\text{CO}_2$ . В этом варианте баланс «эмиссии – стоки» сдвигается в пользу стоков за счет удержания углерода в изделиях и продуктах переработки древесины и биомассы в целом.

Прекращение сельскохозяйственного использования низкопродуктивных земель, особенно четко проявившееся в последнее десятилетие, может сопровождаться эмиссией  $\text{CO}_2$  из почвы. Наиболее целесообразным с экологических позиций является залесение этих территорий. То же касается рекультивации нарушенных земель, непригодных для использования в сельском хозяйстве. Залесение этих площадей ведет к превышению поглощения  $\text{CO}_2$  над его эмиссией. Лесопокрываемая территория становится резервуаром для стока углекислого газа.

В качестве мощного источника эмиссий  $\text{CO}_2$  выступает известкование почв, являющееся необходимым звеном технологии земледелия в стране. В настоящее время потребность в известковании почв заметно уменьшилась, так как за предыдущие десятилетия создан общий достаточно высокий фон раскисления почв, который следует поддерживать. Тем не менее, приведенный ранее «оптимальный» сценарий известкования (2000 т и более в год) существенно увеличивает эмиссии  $\text{CO}_2$  из почв. Нами рассмотрен сценарий известкования со стабильным балансом стоков и эмиссий на более низком уровне.

К 2020 г. достигается оптимальная величина лесистости 39,6%. В связи с этим практически прекращается вывод земель из эксплуатации, а это ведёт к уменьшению стока  $\text{CO}_2$ .

#### **4.2. Прогноз эмиссии и стока парниковых газов в болотных экосистемах**

Для составления прогноза принято, что площадь болот в естественном состоянии изменяться не будет в связи с прекращением мелиорации земель и стабилизацией площадей разрабатываемого торфяного фонда.

К 2020 г. произойдет полное разрушение торфяного слоя на 12% деградированных торфяных почв, у которых слой торфа менее 0,3 м. Еще 57 тыс. га неэффективно используемых торфяных почв будут выведены из сельскохозяйственного использования. По этим причинам общая площадь осушенных торфяных почв уменьшится на 80 тыс. га.

Площадь торфяных почв с глубиной торфяного слоя более 1 метра уменьшится на 12 % за счет перехода их в категорию почв с глубиной торфяного слоя менее 1 метра. Для расчетов условно принято, что динамика площадей осушенных торфяных почв будет происходить равными долями во времени с 2000 по 2020 годы.

Площадь восстановленных болот увеличится на 80 тыс. га, в том числе на 57 тыс. га за счет повторного заболачивания неэффективно используемых торфяных почв и 23 тыс. га выработанных торфяных месторождений.

Для расчетов стока принято, что 1 га низинных болот поглощает 0,71 т диоксида углерода в год и 1 га верховых болот поглощает 1,36 т.

Эмиссия диоксида углерода осушенными торфяными почвами составляет при глубине торфяного слоя менее 1 метра 8,56 т/га, при глубине торфяного слоя более 1 метра – 9,62 т/га в год.

Эмиссия диоксида углерода с 1 га выработанных торфяных месторождений составляет 22,5 т в год, с 1 га разрабатываемых торфяных месторождений – 11,3 т.

Площадь разрабатываемого торфяного фонда будет стабилизирована на уровне 2000 г.

Эмиссия метана с 1га низинных и восстановленных болот составляет 0,005 т в год, верховых болот – 0,04 т.

В результате можно сделать следующие выводы:

1. К 2020 г. эмиссия диоксида углерода с осушенных торфяных почв уменьшится на 718.7 тыс. тонн в год по сравнению с 2000 годом.

2. Эмиссия диоксида углерода с выработанных торфяных месторождений сократится на 574 тыс. тонн в год

3. Сток диоксида углерода в естественные болота сохранится на уровне 2000 года и составит по 1365,6 тыс. тонн в год.

4. Сток диоксида углерода в восстановленные болота будет непрерывно возрастать в связи с увеличением площадей восстановленных болот на неэффективно осушенных торфяных почвах и выработанных торфяных месторождениях и увеличится на 56,8 тыс. тонн в год.

5. Суммарный эффект по снижению эмиссии и увеличению стока составит около 1350 тыс. тонн диоксида углерода в год.

6. Эмиссия метана увеличится на 0,35 тыс. тонн в год за счет увеличения площади восстановленных болот.

## 5. ОТХОДЫ

### 5.1. Прогноз эмиссии метана

Согласно «Концепции» численность населения в республике будет продолжать сокращаться примерно на 50 тыс./год и в 2010 г. составит 9500 тыс., в 2020 г. – 9000 тыс. чел. На этом постоянном фоне и сохранившихся темпах прироста образования коммунальных отходов на душу населения, путём экстраполяции установлено, что средний европейский уровень образования коммунальных отходов на душу населения к 2020 году в Беларуси не будет достигнут: в 2010 г. этот показатель увеличится до 0,81, а в 2020 г. составит 0,96 кг/чел.год (рис. 5.1). При этом общее количество твердых коммунальных отходов в Беларуси составило бы:

в 2010 г. –  $0,81 \cdot 365 \cdot 9500000 = 2808675$  тонн;

в 2020 г. –  $0,96 \cdot 365 \cdot 9000000 = 3153600$  тонн;

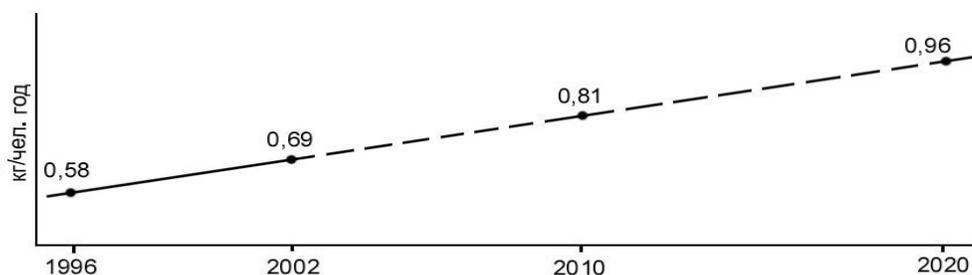


Рис. 5.1. Прогноз темпа прироста образования коммунальных отходов до 2020 г.

При раздельном сборе в захораниваемых на полигонах отходах будет сокращено количество органосодержащих отходов, таких как пищевые, древесные отходы, макулатура, текстиль, которые слагают до 40 – 60 % общего количества отходов. При этом следует отметить, во-первых, что некоторые виды вторсырья (древесные отходы, макулатура) частично собирались и в предыдущие годы, и, во-вторых, какое-то количество этого сырья из-за загрязнённости не сможет быть извлечено при раздельном сборе и сортировке. В результате можно предположить, что в отходах, прошедших через раздельный сбор и сортировку, количество органосодержащих отходов сократиться не на все 40 – 60 % (в среднем 50 %), а до 20 %.

Как отмечалось выше, к концу 2003 г. раздельным сбором должны быть охвачены 10 % населения в 17 крупных городах. Ориентируясь на обозначенные планы охвата, можно предположить, что ежегодный охват населения раздельным сбором составит 3-5%. При таких темпах к 2010 г. раздельным сбором и сортировкой отходов будут охвачены до 35% населения, т.е. 50% городского населения республики, а к 2020 г. – возможно все городское население.

При раздельном сборе отходов и извлечении из них органосодержащих отходов наряду с сокращением общего количества отходов будет сокращаться доля способного разлагаться органического вещества (ДОВ). В 2000 г., ввиду отсутствия инвентаризации морфологического состава отходов, значение ДОВ по умолчанию было принято по данным 1995 г. и составляло 14,71 %. При развитии процесса раздельного сбора по оптимистическому сценарию, при котором из 70 % образующихся коммунальных отходов

будут извлечены до 30 % органосодержащих отходов, количество ДОВ в оставшихся отходах снизится и составит:

в неотсортированной части – 14,71 %

в отсортированной части –  $14,71 \times 2/5 = 5,88$  %

По базовому сценарию, без учёта отдельного сбора эмиссия метана, исходя из прогнозируемого количества захораниваемых отходов, составит: в 2010 г. – 148,46 Гг CH<sub>4</sub>, в 2020 г. – 166,69 Гг CH<sub>4</sub> (таблица 5.1).

По оптимистическому сценарию (с отдельным сбором и сортировкой коммунальных отходов) прогнозируемая эмиссия метана в 2020 г. составит 96,65 Гг CH<sub>4</sub> (таблица 5.1). Прогнозируемая эмиссия метана в 2010 г. определена по интерполяции и составит около 117 Гг CH<sub>4</sub> (рис. 5.2).

Реализация намеченных мероприятий по отдельному сбору и сортировке коммунальных отходов позволит снизить эмиссию метана от твёрдых коммунальных отходов в Республике Беларусь к 2010 г. на 20 %, а к 2020 г. на 42 %.

Таблица 5.1

Прогнозируемая эмиссия метана на 2010 и 2020 гг.

Годы	Общее количество твёрдых муниципальных отходов (MSW), захораниваемых на свалках, тонн	Доля отходов, собираемая совместно / раздельно	Коэффициент коррекции потока метана (MCF)	Доля в MSW органического углерода, способного разлагаться (DOC)	Доля DOC, которая фактически разлагается	Доля углерода, высвобождаемого в виде метана	Конверсионное отношение	Годовая нетто эмиссия метана (Гг CH <sub>4</sub> )
Прогнозируемая эмиссия метана по базовому сценарию								
<b>2010</b>	2808675	1/0	0,7	0,1471	0,77	0,5	16/12	<b>148,46</b>
<b>2020</b>	3153600	1/0	0,7	0,1471	0,77	0,5	16/12	<b>166,69</b>
Прогнозируемая эмиссия метана по оптимистическому сценарию								
<b>2020</b>	3153600	0,3/0,7	0,7	0,1471	0,77	0,5	16/12	50,01
	3153600		0,7	0,0588	0,77	0,5	16/12	46,64
<b>Итого:</b>								<b>96,65</b>

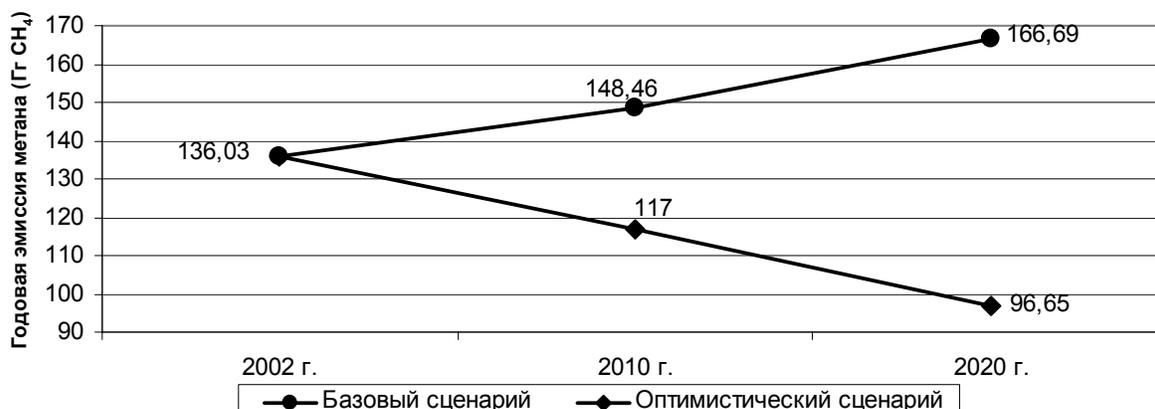


Рис. 5.2. Прогнозируемая эмиссия метана на 2010 - 2020 гг.

## 5.2. Прогноз эмиссии закиси азота

При подсчёте эмиссии закиси азота, связанной с отходами человеческой жизнедеятельности, руководство МГЭИК предлагает методику, основанную на потреблении белка. С учётом потребления белка на душу населения и численности населения в республике нами по данной методике подсчитана эмиссия  $N_2O$  за 1990 – 2002 гг. (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Эмиссия закиси азота от жизнедеятельности людей

Годы	Потребление белка на душу населения (кг белка/(чел.год))	Численность населения (чел)	Общая годовая эмиссия $N_2O$ (Гг $N_2O$ /год)
1990	28,3	10188900	0,725
1995	24,4	10210400	0,626
1999	29,8	10045200	0,753
2000	29,9	10019500	0,753
2001	30,5	9990400	0,766
2002	30,7	9898600	0,768
2010	32,4	9500000	0,774
2020	35,0	9000000	0,792

Как видно из таблицы 5.2, изменение эмиссии в последние годы весьма незначительно. Особые мероприятия по увеличению потребления белка в республике перспективными планами не обозначены, хотя на фоне увеличивающегося благосостояния народа можно полагать, что потребление белка на душу населения будет увеличиваться. Тем не менее значительного прироста эмиссии  $N_2O$  вряд ли можно будет ожидать, так как этот процесс будет происходить на фоне сокращающейся численности населения. Прогнозируемая эмиссия закиси азота, по всей вероятности, не превысит 0,77 – 0,79 Гг  $N_2O$  (рис. 5.3). В итоге, в перспективе главную роль в эмиссии парниковых газов от объектов размещения отходов и жизнедеятельности людей будет продолжать играть метан (табл. 5.3).

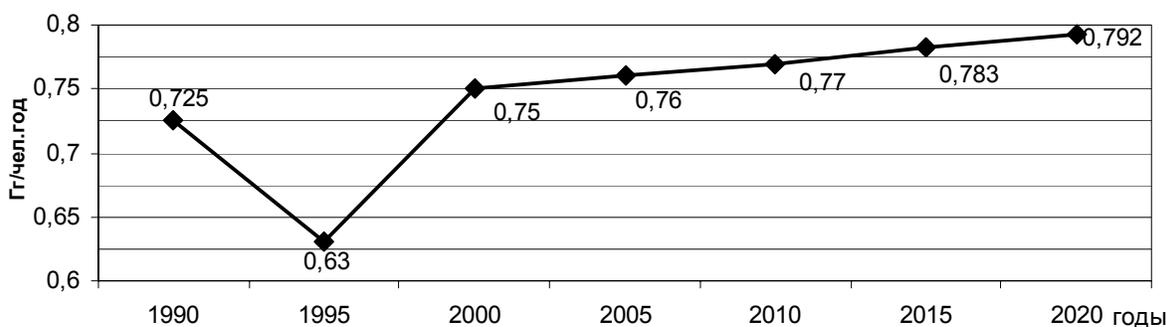
Рис. 5.3. Эмиссия закиси азота ( $N_2O$ ) от жизнедеятельности людей

Таблица 5.3

Прогноз эмиссии парниковых газов от объектов размещения отходов и жизнедеятельности людей

Год	$CO_2$ , Гг	$CH_4$ , Гг	$N_2O$ , Гг	$CO_2$ , экв. $CO_2$	$CH_4$ , экв. $CO_2$	$N_2O$ , экв. $CO_2$	ЭГП, экв. $CO_2$
2005	0	130	0,76	0	2730	235,6	2965,6
2010	0	117,0	0,770	0	2457	238,7	2695,7
2015	0	98,0	0,783	0	2058	242,73	2300,73

<b>2020</b>	0	96,65	0,792	0	2029,65	245,52	2275,17
-------------	---	-------	-------	---	---------	--------	---------

## РЕЗЮМЕ

В работе рассмотрены политика и меры по снижению эмиссии парниковых газов и дан прогноз их эмиссии и стоков.

Увеличение эмиссии парниковых газов обусловлено ростом объёмов производства во всех отраслях промышленности, в то же время приоритет отдаётся наукоёмким производствам. Учитывая это обстоятельство и то, что приоритет будет отдаваться ресурсо- и энергосберегающим технологиям, рост эмиссии парниковых газов будет меньше роста ВВП.

В перспективе развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК) предусматривается направить на решение следующих задач:

- максимально возможное удовлетворение потребностей отечественных потребителей в топливно-энергетических ресурсах, преимущественно за счет местных ресурсов;

- обеспечение энергетической безопасности страны и повышение ее энергетической независимости на основе оптимизации структуры топливно-энергетического баланса (увеличение доли вторичных энергетических ресурсов, местных видов топлива, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии – ветро, – гелио, – биоэнергетика, малая гидроэнергетика), широкого внедрения новых эффективных технологий производства электроэнергии, реализации мер по энергосбережению во всех секторах экономики, включая социальную сферу и совершенствование форм взаимодействия (влияния) ТЭК с окружающей средой в целях снижения негативного влияния на природу.

Оптимизация структуры генерирующих источников электроэнергетической отрасли предусматривается за счет внедрения парогазовых и турбинных технологий, увеличения выработки электрической энергии по теплофикационному циклу, преобразование котельных в мини-ТЭЦ – все это позволит в максимальной степени удовлетворить возрастающий спрос на электроэнергию и повысить эффективность теплоснабжения населенных пунктов страны.

Стратегической целью деятельности в области энергосбережения должно стать снижение энергоёмкости ВВП и, в результате этого, снижение зависимости республики от импорта ТЭР, что может быть достигнуто за счет:

- структурной перестройки отраслей экономики и промышленности;
- повышения коэффициента полезного использования энергоносителей в результате внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования, приборов и материалов, утилизации вторичных энергоресурсов;
- увеличения в топливном балансе республики доли местных видов топлива и отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Организационно-экономические направления энергосберегающей политики:

- разработка новых и совершенствование существующих экономических механизмов, стимулирующих повышение энергоэффективности производства продукции и оказания услуг;
- осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений и проведение регулярных энергетических обследований хозяйствующих субъектов;
- пересмотр тарифов на тепловую, электрическую энергию и топливо.

Технико-технологические направления энергосберегающей политики:

1. Повышение эффективности работы генерирующих источников за счет изменения структуры генерирующих мощностей в сторону расширения внедрения парогазовых и газотурбинных технологий.
2. Модернизация и повышение эффективности работы котельных за счет перевода паровых котлов в водогрейный режим.
3. Модернизация тепловой изоляции на всех элементах и оборудовании котельных и тепловых сетей.
4. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий при нагреве, термообработке, сушке изделий, новых строительных и изоляционных материалов с улучшенными теплофизическими характеристиками.
5. Максимальная утилизация тепловых вторичных энергоресурсов в технологических процессах, системах отопления и горячего водоснабжения промышленных узлов и населенных пунктов.
6. Оснащение котлов автоматическими системами контроля процессов сжигания и регулирования, автоматическое регулирование гидравлических и тепловых режимов тепловых сетей, потребления энергоносителей в системах отопления, освещения, горячего и холодного водоснабжения и вентиляции жилых, общественных и производственных помещений.
7. Дальнейшее развитие системы учета всех видов энергоносителей.
8. Экономически целесообразное внедрение нетрадиционных источников энергии.

К числу приоритетных направлений в химической и нефтехимической промышленности относятся:

- создание новых поколений химических изделий, прежде всего, современных химических волокон и нитей, пластических масс, эластомеров, прогрессивных видов минеральных удобрений и химических ингредиентов кормовых смесей, продукции основной и малотоннажной химии, а также потребительских товаров;

- начиная с 2006 г. (после коренной модернизации предприятий) основным направлением отрасли определено систематическое внедрение новых технологий, ориентированных на ресурсосбережение и экологизацию производств, рациональное природопользование;

- особое внимание предусматривается уделить комплексной переработке сырья, использованию отходов производства. Это потребует создания принципиально нового ассортимента средств очистки газообразных, жидких и твердых веществ, способных уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду; расширение ассортимента катализаторов и инициаторов реакций новых поколений и технологических процессов на их основе, что обеспечит увеличение производства полиолефинов, продукции органического синтеза и других экологически чистых продуктов.

В строительном комплексе предусмотрена реализация Государственной научно-технической программы «Создать и внедрить новые материалы, энергосберегающие технологии и ресурсоэкономичные конструктивные системы жилых домов, снижающих ресурсо- и энергопотребление при строительстве и эксплуатации жилья».

По основным параметрам приоритетными направлениями развития транспорта должны стать:

- реконструкция и модернизация важнейших коммуникаций, объектов и систем, приве-

дение их в соответствии с мировыми стандартами;

- обновление и восстановление производственного потенциала, замена физически и морально изношенного оборудования, транспортной техники;
- создание необходимых условий для привлечения транзитных потоков;
- совершенствование и ужесточение экологического контроля за работой транспортных средств.

Комплексная система мер экологической ориентации должна обеспечить в обозримой перспективе ограничение (снижение) негативного влияния эксплуатации транспортных средств на человека и окружающую среду.

Накопленные научные знания и практический опыт позволяют разработать и осуществить комплекс организационно-хозяйственных и инженерных мероприятий, снижающих эмиссию диоксида углерода в атмосферу с нарушенных болот. Эти мероприятия следующие:

- осуществление экологической реабилитации нарушенных болот путём повторного заболачивания с возобновлением процессов торфообразования;
- приведение структуры посевных площадей на осушенных торфяных почвах в соответствие с проектами мелиорации и научно-обоснованными рекомендациями;
- переход к экологически и экономически обоснованным методам использования деградированных торфяных почв;
- предотвращение пожаров на торфяниках.

Согласно разработанному прогнозу выбросов газов, обладающих парниковым эффектом, к 2020г. будет наблюдаться тенденция к увеличению ЭГП. В целом ЭГП в 2020 г. составит согласно оптимистическому варианту 76512,72 Гг, что практически в 1,5 раза выше суммарного ЭГП в 2000 г. и на 36, 5 % ниже по сравнению с базовым 1990 г. Однако темпы роста эффекта глобального потепления будут существенно ниже ВВП. Увеличение будет происходить в основном за счет эмиссии парниковых газов в секторе «Энергетика». Вклад промышленности и сектора «Отходы» в ЭГП будет невелик – 2,37 % и 2,97 % соответственно, сельского хозяйства – 19,96%. Сектор «Изменение землепользования и лесное хозяйство» за счет стоков обеспечит поглощение порядка 24,17 % парниковых газов.

Основной вклад в ЭГП будет вносить эмиссия CO<sub>2</sub>, общие выбросы которого в 2020г. составят 91981,1 Гг. Увеличение выбросов CO<sub>2</sub> по отношению к 2000 г. составит порядка 30%, а по отношению к базовому 1990 г. уменьшатся на 25%.

Таблица 1

Динамика эмиссии и стоков CO<sub>2</sub>, Гг.

Наименование	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Эмиссия	72888,15	85125,7	89254,9	92445,7	94160,1
Стоки	-39565,02	-37984,0	-39218,2	-39192,4	-37626,16
Всего	33323,13	47141,7	50036,7	53253,3	56533,5

Эмиссия CO<sub>2</sub> в 2020г. составит более 71% от общего эффекта глобального потепления. Согласно прогнозу в 2020г. стоки уменьшатся почти на 5% по сравнению с 2000 г. а по сравнению с 1990 г. увеличатся на 3 %.

Среди различных отраслей народного хозяйства основная эмиссия CO<sub>2</sub> в 2020г. будет за счет энергетического комплекса – 71821 Гг или 78,%, а стоков – CO<sub>2</sub> в секторе «Изме-

нение землепользования и лесное хозяйство» - 37626Гг или 100%.

Эмиссия метана в 2020 г. согласно оптимистическому сценарию в эквиваленте CO<sub>2</sub> составит 13235 Гг или около 17,3 % общего ЭГП. Подавляющая часть метана (>53%) будет обусловлена эмиссией от сельского хозяйства. Доля энергетики при этом - 28%, отходов – 15%. По сравнению с 2000г. вклад энергетики в эмиссию метана возрастет на 40 %, а по сравнению с 1990 г. снизится на 15 %.

Согласно прогнозным данным эмиссия N<sub>2</sub>O в 2020г. составит 8922 Гг в эквиваленте CO<sub>2</sub> или 11% от общего ЭГП.

Прогнозируемый рост эмиссии парниковых газов в энергетическом комплексе обусловлен прогнозируемым ростом ВВП и потребления топлива. Однако эмиссии парниковых газов будут существенно ниже уровня 1990 г.

Прогнозируемый ЭГП в 2020 г. по сравнению с 1990 г. и 2000 г. составит соответственно 63,5 и 146 %. Рост по сравнению с 2000 г. будет обусловлен значительным ростом ВВП (рис. 1). По сравнению с 2000 г. произойдет рост выбросов по всем секторам, при этом стоки в секторе «Изменение землепользования и лесное хозяйство» останутся практически на уровне 2000 г.

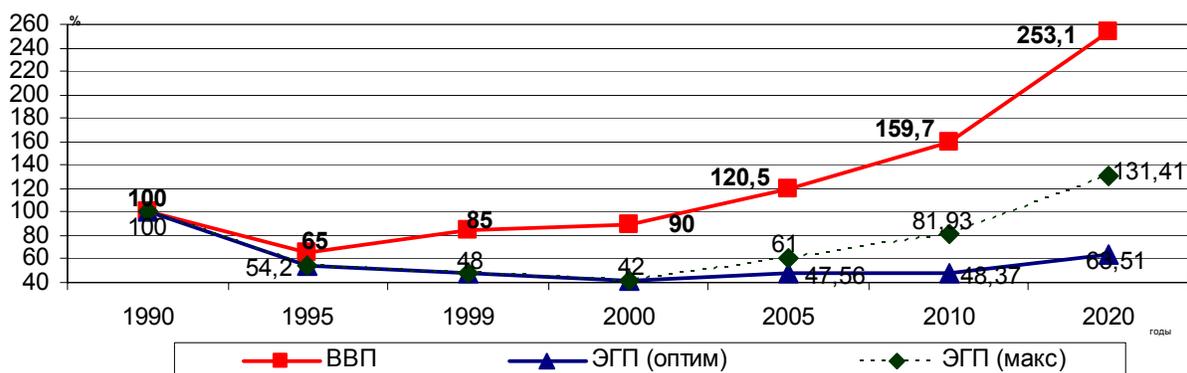


Рис. 1. Динамика ВВП и ЭГП

Таблица 2

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2005 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	52 000	151	0,42	52 000	3 171	130	55 301	96,52
Индустриальные процессы	1320	1,65	1,0	1320	34,7	310	1664,7	2,90
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	337	27,1	0	7077	8401	15478	27,01
Изменение землепользования и лесное хозяйство	- 18555,3*	20,67	0,02	- 18555,3	434,07	6,2	- 18115,03	-31,62
Отходы	0	130	0,76	0	2730	235,6	2965,6	5,19
<b>ВСЕГО</b>	<b>34 764,7</b>	<b>640,32</b>	<b>29,3</b>	<b>34 764,7</b>	<b>13446,77</b>	<b>9082,8</b>	<b>57 294,27</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП			60,68	23,47	15,85	100	

- эмиссия 19428,7
- поглощение – 37984

182

- Итого: – 18555,3

Таблица 3

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2010 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	54 496	164	0,46	54 496	3 444	143	58 083	99,68
Индустриальные процессы	1370	1,68	1,0	1370	35,3	310	1715,3	2,94
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	337	26,9	0	7077	8339	15416	26,46
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-20082,3*	20,71	0,02	-20082,3	434,91	6,2	-19641,19	-33,71
Отходы	0	117,0	0,770	0	2457	238,7	2695,7	4,63
<b>ВСЕГО</b>	<b>35 783,7</b>	<b>640,39</b>	<b>29,15</b>	<b>35 783,7</b>	<b>13448,21</b>	<b>9036,9</b>	<b>58 268,81</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП			61,41	23,08	15,51	100	

\* эмиссия 19135,9  
 поглощение – 39218,2  
 Итого: – 20082,3

Таблица 4

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2020 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	71 821	175	0,49	71 821	3 675	152	75 648	98,87
Индустриальные процессы	1474	1,76	0,98	1474	37,0	304	1815,0	2,37
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	336	26,5	0	7056	8215	15271	19,96
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-18940,5*	20,85	0,02	-18940,5	437,85	6,2	-18496,45	-24,17
Отходы	0	96,65	0,791	0	2029,65	245,52	2275,17	2,97
<b>ВСЕГО</b>	<b>54 354,5</b>	<b>630,26</b>	<b>28,78</b>	<b>54 354,5</b>	<b>13235,5</b>	<b>8922,72</b>	<b>76 512,72</b>	<b>100</b>
	Доля суммарного ЭГП			71,04	17,3	11,66	100	

\* эмиссия 18686,1  
 поглощение – 37626,6  
 Итого: – 18940,5

Пессимистические сценарии развития событий  
(с наименьшим влиянием природоохранных мероприятий)

Таблица 5

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2010 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	93 261	164	0,46	93 261	3 444	143	96 848	98,12
Индустриальные процессы	1370	1,68	1,0	1370	35,3	310	1715,3	1,74
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	385	26,9	0	8085	8339	16424	16,64
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-20082,3*	20,71	0,02	-20082,3	434,91	6,2	-19641,19	-19,90
Отходы	0	148,46	0,770	0	3117,66	238,7	3356,36	3,40
<b>ВСЕГО</b>	<b>74 548,7</b>	<b>719,85</b>	<b>29,15</b>	<b>74 548,7</b>	<b>15116,87</b>	<b>9036,9</b>	<b>98 702,47</b>	<b>100</b>
Доля суммарного ЭГП				75,53	15,31	9,16	100	

\* – эмиссия 19135,9  
поглощение –39218,12  
Итого: –20282,3

Таблица 6

Вклад категорий источников (стоков) в суммарный ЭГП в 2020 г.

Категории источников и стоков парниковых газов	Выбросы, Гг			Выбросы в эквиваленте CO <sub>2</sub> , Гг				Доля суммарного ЭГП, %
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Суммарный ЭГП	
Энергетика	150942	175	0,49	150942	3 675	152	154 769	97,76
Индустриальные процессы	1474	1,76	0,98	1474	37,0	304	1815,0	1,15
Сольвенты								
Сельское хозяйство	0	393	26,5	0	8253	8215	16468	10,40
Изменение землепользования и лесное хозяйство	-18940,5*	20,85	0,02	-18940,5	437,85	6,2	-18496,45	-11,68
Отходы	0	166,69	0,792	0	3500,49	245,52	3746,01	2,37
<b>ВСЕГО</b>	<b>133 475,5</b>	<b>757,3</b>	<b>28,78</b>	<b>133 475,5</b>	<b>15903,34</b>	<b>8922,72</b>	<b>158 301,56</b>	<b>100</b>
Доля суммарного ЭГП				84,32	10,04	5,64	100	

\* – эмиссия 18686,1  
поглощение –37626,6  
Итого: –18940,5

## ЧАСТЬ IV. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ, ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ

### 1. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛАРУСИ

#### 1.1. Перспективы развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь

Перспективы развития АПК Беларуси на ближайшие десятилетия рассмотрены в ряде документов прогнозного характера. [1-3]

Согласно [1] тенденциями развития АПК в прогнозном периоде будут:

1. Динамичный рост производства продукции АПК в целом и на душу населения.
2. Стабилизация к 2015 г. производства на уровне: зерно – 9–10,5 млн. т, картофель – 11–12, овощи – 1,3–1,6, молоко – 7,5–8,5, мясо (убойный вес) – 1,0–1,2 млн. т, льноволокно – 110–120 тыс. т.
3. Достижение населением рациональных норм питания, сбалансированных по важнейшим пищевым компонентам (суточное энергетическое содержание пищевого рациона возрастет до 3500 ккал, т.е. на 12 % к существующему уровню).
4. Относительное уменьшение доли импорта продукции АПК за счет роста экспорта, в результате чего соотношение экспорта и импорта составит 2:1.
5. Рост валовой продукции АПК на 30 % к уровню 1990 г., продукции сельского хозяйства – на 40–65 %.

На основании тенденций и прогнозируемых условий обоснованы два варианта развития отраслей АПК. Вариант 1 (инерционный) представляет собой прогноз производства продукции сельского хозяйства, адекватный состоянию внутреннего рынка продовольствия при сохранении сложившейся тенденции платежеспособного спроса населения. Вариант 2 (целевой) предполагает наращивание объемов производства до обеспечения продовольствием населения по медицинским нормам и с учетом экспортной ориентации АПК.

Важнейшей задачей АПК на ближайшую перспективу (до 2005 г.) является обеспечение продовольственной безопасности страны. Объемы производства основных видов сельскохозяйственной продукции на 2005 г. должны составить: зерно – 7,3–7,5 млн. т, картофель – 9–10, сахарная свекла – 1,7–2,0, овощи – 1,4–1,5 млн. т, льноволокно – 85–90 тыс. т, семена рапса – 155–175, фрукты – 500–650, молоко – 5900–6000 тыс. т, мясо (в живом весе) – 1180–1200 тыс. т, яйца – 3,7–3,8 млрд. шт. [3].

Внутриотраслевые приоритеты – это, прежде всего, первоочередное развитие животноводческого, льняного, зернового, свеклосахарного и маслорастительного подкомплексов АПК. Точки роста: производство льна, продовольственной пшеницы, рапса, тритикале для комбикормов, программы «Сахар», «Масло растительное», «Детское питание»; сохранение крупного высокоэффективного производства в виде колхозов, совхозов, межхозов, перерабатывающих и обслуживающих предприятий; государственное регулирование рынка; углубление сложившейся специализации; реформирование земельных отношений; содействие развитию рынка и его инфраструктуры; поддержка ирригационных проектов, рекультивации земель, содействие развитию фермерских хозяйств [2].

Материалы последнего (третьего) доклада МГЭИК [4] свидетельствуют, что XXI век благодаря глобальному парниковому эффекту будет временем беспрецедентно быстрых изменений климата, которые окажут значительное влияние на все отрасли экономики. Безусловным лидером среди климатозависимых отраслей является сельское хозяйство. При этом отмечается, что разработка концепций устойчивого развития аграрного сектора экономики проводится без должного учета ускоряющихся глобальных изменений климата. Среди экономистов практиков доминирует представление о стабильности современного состояния ландшафтов и климата. Между тем, результаты исследований доказывают, что в условиях быстрого изменения климата окажутся в выигрыше те страны и экономические структуры, которые будут способны к адекватным адаптационным перестройкам в соответствии с ожидаемыми изменениями природной среды [4].

Существующие оценки последствий климатических изменений в сельском хозяйстве базируются на сценариях будущего климата, полученных в первую очередь при помощи глобальных климатических моделей (ГКМ), а также их агроклиматических интерпретациях методами статистического и имитационного моделирования.

Для XX века при задании наблюдаемых изменений содержания парниковых газов и сульфатных аэрозолей лучшие ГКМ успешно воспроизводят положительные вековые тренды приземной температуры воздуха [5]. К их числу относится модель, разработанная в Центре климатических исследований в Хэдли (Великобритания). Это обстоятельство, а также результаты исследований по отбору лучшей для условий Беларуси ГКМ [6], позволили выбрать в качестве основных для проведения исследований ГКМ климатического центра в Хэдли (версии *HADCM2* и *HADCM3*). Первые прогнозные оценки агроклиматических условий Беларуси основаны на реализации модели *GFDL* (США) и *CCC* (Канада). Некоторые результаты расчетов по этим сценариям также приводятся в настоящем отчете [7-10].

Расчет ожидаемых агроклиматических показателей по сценарию *HADCM3* для территории Беларуси с использованием имитационной системы КЛИМАТ – ПОЧВА – УРОЖАЙ был выполнен во Всероссийском НИИ сельскохозяйственной метеорологии (г. Обнинск) О.Д. Сиротенко, Е.В. Абашиной, В.Н. Павловой. С помощью этой системы аналогичные расчеты были выполнены для составления национальных сообщений РФ по проблемам изменения климата.

## 1.2. Изменение агроклиматических условий

Прогнозные исследования агроклиматических показателей выполнены в последнее время в ИПИПРЭ НАН Беларуси. Они базируются на регионализации климатического сценария, полученного по модели *HADCM2* (Великобритания), и регрессионных зависимостях различных агроклиматических показателей от среднемесячной температуры воздуха за базовый период наблюдений [11, 12].

Оценки на период 2010-2039 гг. показывают увеличение сумм температур выше 0, 5 и 10 °С примерно на одинаковую величину – 200–220 °С. Приращение сумм температур выше 15 °С значительно выше и сильнее выражено в северном Минске (387 °С), чем в южных Василевичах (294 °С).

Особый интерес представляет прогнозная оценка условий увлажнения, для характеристики которых выбран гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Значения индекса ГТК < 0,7 характеризуют сильно засушливые условия. Зная вычисленные

оценки сдвига дат перехода через 10 °С и изменения соответствующих сумм температур, а также модельные оценки прогнозируемых среднемесячных осадков, легко оценить и отвечающие им изменения ГТК. Предварительные расчеты показывают, что с увеличением как сумм температур, так и количества осадков в Беларуси можно ожидать общего уменьшения значений ГТК на 0,2–0,3 единицы, что, однако, позволит ей остаться в зоне достаточного увлажнения [11, 12].

Первые прогнозные оценки изменения агроклиматических показателей на территории Беларуси для сценария *GFDL* (США) при удвоении CO<sub>2</sub> были получены в разрезе экономических районов бывшего СССР [13]. Агроклиматические изменения заключались в увеличении продолжительности вегетационного периода на 54 дня, суммы активных температур на 1088 °С, дефицита влажности на 0,8 и в уменьшении ГТК на 0,04.

Последние исследования О.Д. Сиротенко с сотрудниками позволили получить оценки агроклиматических показателей для современного и ожидаемого климата Беларуси на различные периоды XXI века при реализации модели *HADCM3*. В табл. 1.1 представлены прогнозные оценки важнейших агроклиматических показателей по областям на период 2020–2029 гг. Они характеризуют продолжительность вегетационного периода (N), теплообеспеченность (температура января – T<sub>1</sub> и июля – T<sub>7</sub>), суммы температур за период с температурой выше 5 ° и 10 °С (ΣT>5 °С и ΣT>10 °С), среднюю температуру за указанный период (TS), влагообеспеченность (сумма осадков – R), ГТК, испарение и испаряемость за теплый период года (ЕВТ и ПЕВТ).

Как следует из табл. 1, на территории Беларуси ожидается, прежде всего, рост термических ресурсов. Температура воздуха в июле возрастет к 2020–2029 гг. на 1,0–1,3 °С. Рост зимних температур ожидается еще более значительным. Средняя температура января повысится на 2,5–2,9° С по сравнению с современным уровнем. Повышение температуры воздуха будет сопровождаться ростом продолжительности безморозного периода и продолжительности вегетации растений (периода с температурой выше 5 °С). В табл. 1.1 представлены прогнозируемые изменения вегетационного периода (N).

Таблица 1.1

### Изменение агроклиматических показателей при реализации сценариев *HADCM3*

Область	TS	ΣT> 5 °С	ΣT> 10 °С	N	R, мм	ПЕВТ, мм	ЕВТ, мм	ГТК	T <sub>7</sub>	T <sub>1</sub>
Абсолютные значения показателей современного климата										
<b>Витебская</b>	13,1	2432	2081	187	417	569	521	1,73	17,6	-7,4
<b>Гродненская</b>	13,2	2610	2217	198	430	677	595	1,64	17,7	-5,5
<b>Минская</b>	13,2	2528	2175	192	418	627	555	1,66	17,9	-6,7
<b>Могилевская</b>	13,6	2545	2214	188	405	608	511	1,62	18,2	-7,5
<b>Брестская</b>	13,7	2755	2394	202	434	659	612	1,55	18,3	-5,4
<b>Гомельская</b>	13,9	2738	2371	198	420	718	610	1,54	18,5	-6,6
Абсолютные отклонения показателей, 2020–2029 гг.										
<b>Витебская</b>	1,1	398	462	14	14	62	34	-0,31	1,0	2,9
<b>Гродненская</b>	1,3	371	492	10	27	53	35	-0,28	1,3	2,5
<b>Минская</b>	1,2	387	451	12	23	62	40	-0,26	1,2	3,0
<b>Могилевская</b>	1,1	447	484	17	3	46	27	-0,39	1,2	2,9
<b>Брестская</b>	1,1	364	456	11	36	101	98	-0,24	1,3	2,5
<b>Гомельская</b>	1,0	421	522	16	6	7	-3	-0,39	1,2	2,9

Ожидаемый рост этих показателей на 5–8 суток за десятилетие благоприятен для сельского хозяйства. Известно, что сравнительно короткий вегетационный период на территории Беларуси приводит к ухудшению качества полевых работ и заметно сокращает эффективность использования техники. Увеличение продолжительности вегетационного периода повышает продуктивность сенокосов и пастбищ, что ведет к повышению эффективности животноводства, благодаря росту кормовой базы и сокращению периода стойлового содержания скота.

По термическим условиям, или по суммам температур выше 10° С, территория Беларуси делится на четыре зоны, располагающиеся в широтном направлении – от прохладной (с суммой температур менее 2000 °С) до наиболее теплой (с суммой температур, превышающей 2400 °С). Как следует из табл. 1.1, уже через 2 – 3 десятилетия суммы температур повысятся на 450–500 °С, что превысит современную разность в 400 °С между северными и южными районами страны.

Таким образом, через 2–3 десятилетия при реализации рассматриваемого сценария потепления климата теплообеспеченность сельскохозяйственных культур в прохладной зоне на северо-востоке превысит уровень теплообеспеченности наиболее теплой в настоящее время зоны на территории страны. Что же касается южных районов, то их агроклиматические аналоги по теплообеспеченности через 20–30 лет следует искать на 450–500 км южнее – в современной лесостепной зоне Украины.

Данные об ожидаемом росте температур (выше 10 °С), приведенные в табл. 1.2, могут быть использованы для составления прогноза возможных изменений видового состава сельскохозяйственных культур при развитии потепления.

Таблица 1.2

Обеспеченность созревания или достижения хозяйственно ценных фаз развития растений

Сумма температур за период выше 10 °С	Культура
400	Овощные культуры в защищенном грунте
400	Редис, салат, шпинат, лук на перо
800	Репа, турнепс, капуста (р), картофель (р) при специальной агротехнике
1000	Ячмень (р), озимая рожь (р), на более теплых участках
1200	Ячмень (р), горох (р), лен на волокно
1400	Овес (р), ячмень (с)
1600	Ячмень (п), яровая пшеница (р), озимая пшеница, кукуруза (с) в фазе выметывания, сахарная свекла на корм
1800	Яровая пшеница (п), подсолнечник на зерно (р), сахарная свекла для переработки на сахар
2200	Кукуруза на зерно (р), фасоль (р), просо (п)
2400	Кукуруза (с) в фазе молочно-восковой спелости (р), соя (р), виноград (р)
2500	Абрикос (р), фасоль (п), подсолнечник (п) на зерно, рис (р)
2800	Кукуруза на зерно (с), кукуруза (п) в фазе молочно-восковой спелости, сорго (р)
3000	Кукуруза на зерно (с), виноград (с)

Рассмотрим возможности этого подхода на примере Брестской области. В настоящее время сумма температур выше 10 °С на территории этой области составляет 2394 °С.

Согласно данным табл.1.2 сумма температур порядка 2400 °С обеспечивает при своевременном посеве в 90 % случаев достижение восковой спелости среднеспелых сортов кукурузы. Через 20–30 лет сумма температур (выше 10 °С) на территории Брестской области составит 2850 °С, что позволит без ограничений высевать на зерно среднеспелые сорта кукурузы, доводить до молочно-восковой спелости поздние сорта этой культуры, а также высевать ранние сорта сорго и поздние сорта подсолнечника.

Рост теплообеспеченности при достаточно хорошем в целом увлажнении территории может быть использован для внедрения более теплолюбивых сортов (гибридов) и видов сельскохозяйственных культур, которые, как правило, отличаются и более высокой продуктивностью. Необходимо сделать конкретные расчеты для выявления возможности расширения площадей таких ценных культур как подсолнечник, сахарная свекла, соя при развитии потепления.

По данным табл. 1.1 ожидается повсеместный рост величин потенциального (ПЕВТ) и в меньшей степени рост фактического испарения (ЕВТ). Увеличение разрыва между этими показателями свидетельствует о возможном повышении степени засушливости (аридности) территории Беларуси при глобальном потеплении. Об этом же прямо свидетельствует ожидаемое повсеместное уменьшение коэффициентов ГТК Селянинова.

### 1.3. Изменение агроклиматического потенциала

При оценке агроклиматических ресурсов Беларуси и ее регионов А.Н. Витченко (1996) рассмотрел четыре произвольно заданных климатических сценария, отражающих (по отношению к климатической норме), с одной стороны, повышение сумм осадков на фоне похолодания, а с другой – их уменьшение на фоне потепления (табл. 1.3) [14].

Таблица 1.3

Возможные сценарии изменения климата Беларуси

Показатель	Сценарий			
	I	II	III	IV
Температура воздуха, °С	-1,0	-0,5	+0,5	+1,0
Осадки, %	+20	+10	-10	-20

Исходя из анализа оценок изменений климата на территории Беларуси, опасен вариант роста температуры воздуха на 1 °С и уменьшения количества осадков (уже отмечен для центральной и южной частей страны). Для этого варианта численного эксперимента снижение урожайности может достигнуть при выращивании зерновых культур 4–16 %, картофеля – 8–20 % и льна-долгунца – 16–26 %. Исключение составляют северные районы (ландшафты Поозерской провинции), где при возделывании озимых зерновых культур возможно небольшое увеличение урожайности на 1–2 %, определяемое в основном улучшением теплового режима вегетационного периода (табл. 1.4).

При возможном повышении температуры воздуха улучшатся условия возделывания озимых зерновых культур в ландшафтах Поозерья и Центральной возвышенной провинции. В Предполесской и Восточной провинциях они останутся близкими к средним многолетним условиям, а в Полесской ухудшатся и приведут к снижению продуктивности этих культур.

Повышение температуры воздуха приведет к возрастанию несоответствия напряженности термического режима вегетационного периода ячменя и картофеля и в еще большей степени – льна-долгунца потребностям развития данных культур и понизит их продуктивность во всех регионах Беларуси.

По всем культурам увеличение осадков на фоне снижения температуры воздуха ведет к снижению продуктивности (до 10–15 %, сценарий I, табл. 1.5) [14].

Таблица 1.4

Прогнозное изменение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, %

Культура	Ландшафтная провинция					Беларусь
	Поозерская	Центральная возвышенная	Предполеская	Восточная	Полеская	
Озимая рожь	101,3	94,0	91,2	92,9	85,6	93,2
Озимая пшеница	100,1	93,7	90,8	92,6	85,9	92,8
Яровой ячмень	95,1	93,2	90,1	91,0	87,3	91,5
Картофель	90,0	86,0	83,2	94,0	81,3	93,8
Лен-долгунец	82,5	78,7	73,1	74,7	66,9	75,5

Таблица 1.5

Изменение урожайности для различных климатических сценариев, %

Сценарий	Область					
	Витебская	Могилевская	Минская	Гродненская	Брестская	Гомельская.
Озимая рожь						
I	84	85	84	83	85	86
II	90	90	90	90	91	91
III	103	101	101	102	101	101
IV	110	105	106	108	106	104
Озимая пшеница						
I	86	87	86	86	88	88
II	93	94	92	92	92	94
III	106	102	103	105	103	103
IV	113	106	108	111	108	106
Яровой ячмень						
I	84	88	88	87	87	88
II	94	96	96	96	95	97
III	109	105	106	107	102	104
IV	116	110	111	112	107	109
Картофель						
I	90	90	91	92	91	88
II	97	96	97	98	97	94
III	114	109	109	111	109	105
IV	122	114	114	118	114	109

Потепление и уменьшение осадков, напротив, обеспечивают некоторое улучшение агроклиматических условий возделывания зерновых и картофеля, вызывая рост их урожайности соответственно на 5–10 и 9–22 %. Однако небольшое сокращение осадков способно привести к учащению засушливых явлений, которые обусловят снижение урожайности.

Прогнозная оценка изменения биоклиматического потенциала (БКП) или, по другой терминологии, первичной биологической продуктивности как суммарной продуктивности сухой надземной биомассы травяной агроэкосистемы за период года с температурой выше 5 °С, основанная на реализации модели *GFDL* (США) для удвоения CO<sub>2</sub> для территории

Беларуси, была выполнена О.Д. Сиротенко (1991) в разрезе экономических районов бывшего СССР [10]. При этом прогнозировался рост БКП на 7 % при современном агрофоне, на 15 % при оптимальном минеральном питании или достаточном уровне влагообеспеченности и на 16 % при сочетании двух последних режимов. Агроклиматические изменения заключаются в увеличении продолжительности вегетационного периода на 54 дня, суммы активных температур на 1088 °С, дефицита влажности на 0,8 и в уменьшении ГТК на 0,04. Для европейской территории бывшего СССР по сценарию  $2 \times \text{CO}_2$  ожидается повышение зимних температур на 6,8 °С, летних – на 3,1 °С.

Современные оценки БКП пахотных земель Беларуси при глобальном потеплении по сценарию *HADCM3* представлены в табл. 1.6. Выявляется следующая тенденция, которая может иметь важное значение для развития сельского хозяйства. Согласно данным табл.1.6 продуктивность пахотных земель при высоком уровне интенсификации земледелия, т.е. при массивном применении удобрений и мелиорантов, будет расти при потеплении климата. Продуктивность земель с низким уровнем применения удобрений и мелиорантов, напротив, при потеплении климата будет уменьшаться. Падение величин БКП при низком уровне интенсификации земледелия будет достаточно значимым (до 11 %). Данные табл. 1.6 можно интерпретировать так: при потеплении климата по рассматриваемому сценарию будет расти эффективность удобрений на территории Республики Беларусь.

Таблица 1.6

Изменение биоклиматического потенциала пахотных почв и климатообусловленной урожайности зерновых культур для сценария *HADCM*

Область	Современный уровень минерального питания				Достаточный уровень минерального питания и влагообеспеченности			
	БКП		КОУ		БКП		КОУ	
	Климат	2020–2029 гг.	Климат	2020–2029 гг.	Климат	2020–2029 гг.	Климат	2020–2029 гг.
	ц/га	Относительное отклонение, %	ц/га	Относительное отклонение, %	ц/га	Относительное отклонение, %	ц/га	Относительное отклонение, %
Витебская	63,1	-1	20,1	-4	141,9	4	46,9	-11
Гродненская	77,1	-7	26,1	-3	149,4	3	47,8	-8
Минская	78,1	-1	26,5	-2	148,7	3	48,5	-7
Могилевская	59,1	-6	20,6	-6	147,5	4	45,9	-12
Брестская	88,7	3	25,3	-7	156,8	5	48,7	-9
Гомельская	72,9	-11	20,7	-6	156,7	4	47,5	-14

В табл. 1.6 представлены также данные, характеризующие возможные изменения климатообусловленной урожайности (КОУ) зерновых культур при потеплении климата. Расчеты на основании динамических моделей продуктивности зерновых культур подтверждают, прежде всего, известные данные о высокой эффективности химизации земледелия в Беларуси – урожайность за счет оптимизации условий минерального питания может быть повышена с 20 – 26 до 46 – 49 ц/га, т.е. почти в 2 раза. Однако и при высоком уровне агротехники урожайность уменьшается при потеплении климата по сценарию *HADCM3*. Причина падения урожайности – сокращение продолжительности периода вегетации (ускорение созревания) из-за более высокого термического фона. В какой-то степени падение урожайности яровых зерновых культур за счет этого фактора можно предотвратить путем выбора более ранних сроков сева и/или в результате перехода к более позднеспелым сортам, которые способны лучше использовать растущие тепловые ресурсы.

По мнению О.Д. Сиротенко с соавторами, использование одного сценария изменения климата (даже, если он рассчитан по хорошо зарекомендовавшей себя ГКМ) явно недостаточно для ответственных выводов. Подчеркивается необходимость продолжения расчетов с использованием имитационной системы КЛИМАТ-ПОЧВА-УРОЖАЙ для других сценариев изменения климата, что существенно повышает точность оценок. Результаты расчетов по сценарию *GFDL* (США) приведены в табл. 1.7.

Данные в левой половине табл. 1.7 сопоставимы по уровню  $\text{CO}_2$  и плодородию почвы с данными для КОУ в табл.1.6. Существенным можно признать различия между сценариями лишь в ближайшие десятилетия. Согласно сценарию *GFDL* ожидается рост климатообусловленной урожайности зерновых (на 20 %) в начальный период развития глобального потепления. Однако, учитывая, что на территории Прибалтики и Украины ожидаемый рост урожайности очень незначителен (всего 1–3 %), результат для территории Беларуси может быть вызван какими-либо случайными причинами. Этот вывод представляется убедительным еще и потому, что в дальнейшем рост урожайности сменяется падением и оценки уменьшения урожайности для Беларуси и Прибалтики сближаются (см. левую часть табл. 1.7).

Таблица 1.7

Ожидаемые изменения урожайности (в % от базового уровня) зерновых культур для сценария *GFDL* с учетом и без учета роста содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере

Страна, регион	Без учета $\text{CO}_2$			С учетом $\text{CO}_2$		
	Период прогнозирования, годы					
	30-40	60-70	90-100	30-40	60-70	90-100
Россия	-1	-5	-23	11	14	-1
Прибалтика	3	-5	-4	16	14	21
Беларусь	20	-3	-8	33	15	16
Украина	1	-13	-27	10	0	-11
Молдова	-4	-26	-41	3	-14	-28
Казахстан	-16	-22	-44	-6	-6	-25

Обращает внимание также роль наблюдаемого увеличения содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Признано, что без учета прямого влияния повышения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере на растения, оценки влияния ожидаемых в результате парникового эффекта изменений продуктивности сельского хозяйства не реалистичны. Данные табл. 1.7 еще раз подтверждают значимость учета этого фактора. Положительное влияние обогащения атмосферы  $\text{CO}_2$  полностью (и даже с избытком) компенсирует возможное падение урожайности в результате потепления климата на территории Беларуси по сценарию *GFDL* (см. табл. 1.7). Можно предположить, что и для сценария *HADCM3* вывод будет аналогичным.

#### 1.4. Адаптация сельского хозяйства Беларуси к изменению климата

Отмеченные выше изменения основных агроклиматических характеристик требуют разработки соответствующих планомерных мер адаптации сельскохозяйственного производства. Эти меры должны основываться на проведении соответствующих научных исследований, поддержанных в различных формах государством (прямое финансирование, гранты, кредиты и т.п.). Необходима разработка стратегии сельскохозяйственного производства, учитывающей новые агроклиматические условия. Научные исследования

должны охватывать все направления сельскохозяйственного производства – от определения оптимальных сроков проведения агротехнических работ до выбора и селекции оптимальных сортов, соответствующих новым условиям.

При этом следует учитывать следующие обстоятельства:

- Основные потери в сельском хозяйстве связаны с воздействием опасных явлений погоды, таких как засухи, заморозки, сильные ливни, град и т.д. Есть основания предполагать, что в результате роста среднегодовой температуры воздуха увеличится повторяемость экстремальных уровней тепла и влажности, что отрицательно скажется на развитии сельскохозяйственных культур. Снижение урожайности основных сельскохозяйственных культур из-за неблагоприятных погодных условий может достигнуть 50–60 %, а в отдельные годы и больше. Основное падение урожайности (особенно яровых зерновых культур) вызывается засушливыми условиями.
- Увеличение степени риска в сельском хозяйстве за счет аридизации климата приведет к сокращению весенне-летнего периода достаточной влагообеспеченности и ухудшению условий вегетации.
- Технологии поливного земледелия в стране имеют крайне ограниченное распространение.
- Преобладание легких (песчаных и супесчаных) почв на юге страны в условиях потепления и иссушения климата может потребовать чрезвычайно дорогостоящих мер по адаптации сельского хозяйства и поставить проблему его рентабельности в отдельных регионах и областях.

Разработка стратегий адаптации к климатическим изменениям опирается на ряд согласованных целей и принципов оценки. Наиболее общими целями являются содействие постоянному развитию и сокращение уязвимости. Они конкретизируются в каждой из задач. Определение важнейших климатических воздействий заключается в выделении позитивных и негативных климатических эффектов с ориентацией на последующий выбор мер адаптации. Для идентификации единиц воздействия при риске от изменчивости климата выполняется оценка уязвимости. Ее определяют как уровень, при котором прерывается или неблагоприятно изменяется единица воздействия. Уязвимые системы, деятельность, территории рассматривают как объекты плановой адаптации.

Идентификация выбора стратегии адаптации включает составление детального списка возможных адекватных реакций, ориентированных на отрицательные и положительные климатические эффекты. Выделяют шесть типов адаптационных стратегий: предотвращенные потери, допускаемые потери, распространяющиеся (разделяющиеся) потери, смена использования или деятельности, восстановление первоначального состояния.

Различают четыре группы стратегий: долговременные, тактические, непредвиденных обстоятельств, аналитические.

Деятельность по адаптации включает также такие процедуры, как исследование ограничений, определение количественных мер и формулировка альтернативных стратегий, взвешивание задач и оценка надбавок, рекомендуемые меры.

В стране сложилась и удовлетворительно функционирует система адаптации к климатическим событиям и изменениям, а также к естественным и техногенным авариям и катастрофам. При умеренно континентальном (переходном) типе климата адаптация к климатическим изменениям осуществляется в формах автономного урегулирования на

уровнях встроеного, повседневного и тактического реагирования сельского хозяйства на изменение погоды и особо опасные явления. В значительной мере эта область регламентируется нормативными документами.

В заключение укажем на основные направления адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь:

- дальнейшая интенсификация земледелия – применение более высоких доз удобрений и других средств химизации на фоне глубокой мелиорации почв с учетом того, что потепление климата увеличивает эффективность мер, направленных на повышение плодородия почвы;
- внедрение более позднеспелых сортов (гибридов), которые лучше используют растущие тепловые ресурсы территории;
- расширение пожнивных (поукосных) посевов с целью утилизации дополнительных ресурсов тепла;
- расширение посевов новых (или возделываемых в настоящее время на ограниченных площадях) высокоэффективных культур, соответствующих сложившимся в последнее десятилетие агрометеорологическим условиям (это просо, кукуруза, подсолнечник, соя, сахарная свекла и др.);
- подбор видового и сортового состава для вновь закладываемых садовых насаждений с учетом тенденций изменения климата (снижения вероятности вымерзания деревьев, рост продолжительности вегетационного периода и т.д.).

Согласно оценкам БелНИИАЭ [15], Республика Беларусь может обеспечить себя продовольственным, фуражным и техническим зерном при посевах зерновых и зернобобовых во всех категориях хозяйств на площади в 3–3,1 млн. га, в т.ч. для сельхозпредприятий – 2,6–2,7 млн. га, снимая соответственно 48–50 и 50–52 ц/га зерна с пашни. При этом экономически обоснованы в масштабе сельскохозяйственных предприятий площади отдельных культур: озимая рожь – 730–750 тыс. га, озимая пшеница – 250–280 тыс. га, яровая пшеница – 100–120 тыс. га, ячмень всех видов назначения – 700 тыс. га, овес – не более 300 тыс. га, тритикале (главным образом озимое) – 100–110 тыс. га, гречиха – 45–50 тыс. га, зернобобовые – 350–400 тыс. га. Проблему зерна в стране можно решить путем возделывания скороспелых сортов кукурузы с урожайностью 40–50 ц/га зерна. Потребности Беларуси составляют 300–400 тыс. тонн фуражного зерна и 75–100 тыс. тонн семян. Для этого требуется расширение посевов кукурузы на зерно до 100 тыс. га.

Для удовлетворения потребности текстильной промышленности страны в льносырье и поставках его на экспорт посевы льна-долгунца должны быть доведены до 110–120 тыс. га при урожайности льноволокна 10–12 ц/га. Получение стабильных урожаев корнеплодов сахарной свеклы в 300–350 ц/га при ограничении посевов до 50 тыс. га обеспечит загрузку сахарных заводов с приростом их мощности на 10–15 %. Потребность в масличном сырье обуславливает необходимость расширения посевов рапса до 100 тыс. га при урожайности 15–20 ц/га семян. Учитывая возрастающий рыночный спрос на картофель со стороны крупных городов и промышленных центров России, других стран СНГ, экономически оправдано увеличение его посевов до 120–130 тыс. га при средней урожайности 200–220 ц/га.

Под кормовые культуры (кроме зернофуражных) предлагается отвести 2100–2200 тыс. га пашни, в т.ч. под корнеплоды – 100 тыс. га, кукурузу на силос и зеленый корм – 250

тыс. га, однолетние травы и силосные (без кукурузы) – 550 тыс. га, многолетние травы – 1200–1300 тыс. га.

## 2. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

### 2.1. Оценка воздействия климата

*Определение проблемы. Цели оценки.* Целями раздела являются:

– определение последствий изменения климата в период до 2050 г. для лесного растительного покрова Беларуси (его состава, продуктивности, стока углерода из атмосферы, ресурсного потенциала, выполнения лесами социально значимых и защитных функций), а также практики лесного хозяйства;

– определение практических мер по адаптации отрасли (лесного хозяйства) и связанных с ней отраслей народного хозяйства к изменению климата.

*Область исследования.* Областью исследования являются:

– земли Государственного лесного фонда Республики Беларусь, включающие на 1.01.2001 9 247,5 тыс. га, что составляет 44,5% общей площади страны;

– лесное хозяйство как отрасль народного хозяйства и составная часть его лесопромышленного комплекса.

*Временные рамки.* 1980; 1990–2000 гг. – базовый период; 2000; 2030–2050 гг. – анализируемый период; шаг оценки в зависимости от шага перспективного отраслевого планирования и/или шага модельных оценок.

*Требования к данным.* Оценки состава, структуры, динамики лесного фонда должны базироваться на материалах государственного учета лесных ресурсов, а перспективные оценки – учитывать материалы стратегического планирования отрасли (лесного хозяйства), а также модельные оценки динамики климата территории с учетом мер по адаптации.

*Выбор метода, использование моделей.* Модели (биофизические и математические, модели интегрированных систем) использованы для прогнозирования параметров изменения климата, существенных для лесных экосистем и лесного хозяйства. Результаты эмпирико-статистического моделирования зависимостей содержания углерода использованы для оценок содержания углерода, объемов фитомассы, оценки размеров стока углерода из атмосферы в результате процессов фотосинтеза или, напротив, его эмиссий в атмосферу в результате лесных пожаров и разложения органического вещества мортмассы. Оригинальные модели продуктивности не применены ввиду недостаточной разработанности соответствующего аппарата [ 1 ]. Для оценки изменений суточного хода температуры под пологом леса использована гидродинамическая модель метеоэлементов [2].

*Прогноз воздействия.* Осуществлен на основе принятых официальных прогнозов [3, 4], материалов Государственного учета лесного фонда, а также лесоводственно-прогностических, климатогенно-хорологических и фенологических оценок и материалов, содержащихся в литературе [5, 7], и собственных результатов.

*Выбор сценария, Оценка современной ситуации.* Земли государственного лесного фонда (ГЛФ) Республики Беларусь на 1.01. 2001 составляли 9247,5 тыс. га, или 44,5% территории страны. Из них в ведении предприятий Комитета по лесному хозяйству при Совете Министров Республики Беларусь находится 7591,8 тыс. га (82,1%). Остальная часть лесного фонда находится в ведении различных министерств и ведомств: Министерства обороны (3,7%), Министерства сельского хозяйства и продовольствия (3,8%), Министерства по чрезвычайным ситуациям (2,3%), Министерства образования (0,3%), Национальной академии наук Беларуси (0,4%). В ведении Управления делами Президента Республики

Беларусь находятся национальные парки, Березинский биосферный заповедник и экспериментальные лесохозяйства (общей площадью 647,1 тыс. га, или 7,0%). Местные исполнительные и распорядительные органы власти контролируют 0,3% земель лесного фонда. Это преимущественно лесопарковые хозяйства (табл. 2.1). На 1.01.2002 общая площадь земель лесного фонда Комлесхоза составила 7990,8 тыс. га. Это увеличение произошло за счет приемки земель от Минсельхозпрода и Минобороны.

К нелесным площадям относятся земли лесного фонда, не предназначенные или не пригодные для леса (сенокосы, воды, болота, лесные дороги, просеки, пески и т.п.). К лесным относятся предназначенные для выращивания леса земли: покрытые и не покрытые лесом площади, такие, как вырубки, гари, несомкнувшиеся лесные культуры, погибшие насаждения, редины, прогалины. Эти не покрытые лесом площади особенно важны с точки зрения мер по лесовосстановлению и консервации углерода, поскольку представляют собой потенциальные резервуары его стока из атмосферы. Исключительно важные биосферные функции выполняют и болота, составляющие значительную долю (497,6 тыс. га или 5,4%) в составе ГЛФ.

Общий запас стволовой древесины в лесах Беларуси оценивается в 1,34 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе запас спелых и перестойных древостоев составляет 137,15 млн. м<sup>3</sup> (или 10,2% общего запаса лесов), из которых на долю хвойных (сосны обыкновенной и ели европейской) приходится 63,17 млн. м<sup>3</sup> (или 46,1% запаса спелых лесов) (табл. 2.2, 2.3). Соответствующие оценки запасов углерода в фитомассе земель ГЛФ приведены в табл. 2.4.

*Трендовый прогноз в отсутствие климатических изменений.* Текущее изменение запаса лесов складывается из формирующегося в процессе фотосинтеза прироста за вычетом размеров отпада в результате рубок всех видов и гибели деревьев, естественной (естественный отпад) или в результате антропогенных и природных катастроф: пожаров, ветровалов и буреломов под воздействием ветра (шквалов, смерчей, ураганов), массового размножения вредителей и болезней леса, затопления или подтопления лесов и т.п.

По оценке В.Ф.Багинского и Л.Д.Есимчика [ 5 ], текущий (ежегодный) прирост стволовой древесины составляет в среднем 6,3 м<sup>3</sup> на 1 га покрытых лесом земель. В то же время средний отпад равняется 1,8 м<sup>3</sup> / га в год, т.е. среднее текущее изменение запаса составляет 4,5 м<sup>3</sup> на гектаре. В результате ежегодно в лесах республики прирастает 35,3 млн. м<sup>3</sup> древесины. С учетом среднегодового объема лесопользования, составлявшего в последние годы в среднем 10,2 млн. м<sup>3</sup>, суммарное текущее изменение запаса лесов составляет 25,1 млн. м<sup>3</sup>.

Трендовый прогноз запасов древесины и, соответственно углерода в лесном фонде Беларуси основан на следующих основных принципах:

- оптимизация возрастной структуры лесов: достижения примерно равного соотношения площадей в каждом классе возраста несколько более 20% при доле спелых и перестойных примерно в 15%;
- накопление в лесном фонде древесины за счет неполного использования прироста (табл. 2.5);

Таблица 2.1

Структура земель Государственного лесного фонда Республики Беларусь (на 01.01.2001 г.)

Категория земель лесного фонда	Всего	В том числе по лесофондодержателям									
		Комплексхоз	Минобор оны	Минсель ьхозпро д	УД Президе нта	МинЧС	местные органы власти	Минобр азовани я	НАН Белар уси		
Общая площадь земель лесного фонда, тыс.га	9247,5	7591,8	342,8	347,2	647,1	216,2	35,3	27,1	40,0		
<u>Лесные земли</u> , тыс. га:	8275,7	6880,5	224,1	337,4	542,2	196,1	33,2	25,3	36,9		
- <u>покрытые лесом</u> земли, тыс. га	7851,1	6572,8	214,8	333,9	526,8	110,4	32,3	24,5	35,6		
в т.ч. спелые и перестойные, тыс. га	623,0	506,5	22,4	14,8	69,8	2,9	0,4	1,4	4,8		
- <u>не покрытые лесом</u> земли, тыс. га;	424,6	307,7	9,3	3,5	15,4	85,7	0,9	0,8	1,3		
<u>Нелесные земли</u> , млн. га;	971,8	711,3	118,7	9,8	104,9	20,1	2,1	1,8	3,1		
Запас стволловой древесины, млн. м <sup>3</sup>	1339,85	1134,37	29,99	42,88	98,40	13,32	8,25	4,69	7,95		
в т.ч. в спелых и перестойных лесах, млн.м <sup>3</sup>	137,15	110,09	4,34	2,33	18,58	0,08	0,12	0,33	1,28		

Таблица 2.2

Запасы древесины и углерода в фитомассе древостоев преобладающих лесных пород Беларуси и их распределение по группам возраста (по состоянию на 1.01.2001 г.)

Преобладающая порода	Всего млн. м <sup>3</sup> .	Средний запас, м <sup>3</sup> /га	Запас (млн. м <sup>3</sup> ) по группам возрастов						Углерод древостоев, млн. тонн							
			молодняки		средневозрастные	спелые и перестойные	всего	Приспевающие	среднее изменение запаса	ср. возраст, лет	молодняки		средневозрастные	спелые и перестойные	всего	
			I класс	II класс							I класс	II класс				
Сосна	738,16	187,3	7,84	109,31	383,11	185,09	52,9	2,76	14,03	54	2,7283	30,3882	108,8032	56,6375	15,4997	214,0570
Ель	167,89	213,1	4,21	17,79	87,49	48,17	10,23	0,1	3,06	52	1,7472	5,9419	26,5970	16,1370	3,2327	53,6556
Дуб	43,23	164,9	0,83	4,55	21,14	7,84	8,87	0,84	0,67	66	0,4291	1,6744	7,9275	3,1438	3,4504	16,6253
Граб	2,27	183,1		0,01	1,79	0,23	0,24	0,1	0,02	51	0,0000	0,0037	0,6713	0,0922	0,0934	0,8605
Ясень	5,12	179,6	0,12	0,68	3,67	0,46	0,19		0,07	53	0,0620	0,2502	1,3763	0,1845	0,0739	1,9469
Клен	0,5	357,1	0,02	0,39	0,05		0,04		0,01	34	0,0103	0,1435	0,0188	0,0000	0,0156	0,1882
Вяз	0,01	100,0			0,01					49	0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0000	0,0038
Береза	232,83	142,6	3,07	10,08	134,06	61,37	24,01	0,38	5,77	38	1,5872	3,7094	50,2725	24,6094	9,3399	89,5184
Осина	27,39	164,5	0,43	2,03	4,16	7,08	13,69	2,01	0,68	33	0,1690	0,5481	1,1232	1,9753	3,3951	7,2107
Ольха серая	21,18	118,7	0,19	2,15	8,61	8,12	2,11	0,02	0,66	28	0,0982	0,7912	3,2288	3,2561	0,8208	8,1951
Ольха черная	97,7	151,1	0,86	4,37	41,49	27,32	23,51	1,57	2,42	38	0,4446	1,6082	15,5588	10,9553	9,1454	37,7122
Липа	0,27	192,9			0,23	0,01	0,03	0,02		50	0,0000	0,0000	0,0863	0,0040	0,0117	0,1019
Тополь	0,41	227,8	0,01	0,01	0,06	0,22	0,11		0,03	35	0,0039	0,0027	0,0162	0,0614	0,0273	0,1115
Ива	0,43	43,4	0,12	0,13	0,14	0,04				18	0,0472	0,0351	0,0378	0,0112	0,0000	0,1312
Прочие	0,02	40,0			0,01					23	0,0000	0,0037	0,0038	0,0000	0,0000	0,0074
Кустарники	2,11	11,8	0,23	0,24	0,43	0,1	1,11	0,05	0,74	4	0,0904	0,0648	0,1161	0,0279	0,2753	0,5745
Итого	1339,52	2477,9	17,93	151,75	686,45	346,05	137,04	7,85	28,16		7,4174	45,1651	215,8410	117,0956	45,3812	430,9002

Таблица 2.3

Площади, занимаемые древостоями, и запасы углерода в фитомассе нижних ярусов лесной растительности по преобладающим лесным формациям Беларуси по состоянию на 1.01.2001 г.

Преобладающая порода	Площадь, тыс. га						Углерод нижних ярусов, млн. тонн					
	молодняки		средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные	молодняки	I класс	II класс	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные	всего
	I класс	II класс										
Сосна	262,0	859,4	1793,7	794,5	230,3	0,2358	0,5586	1,3457	2,1524	0,9931	5,2856	
Ель	109,6	142,7	335,2	164,8	35,7	0,0658	0,0928	0,1766	0,4190	0,3626	1,1168	
Дуб	27,2	49,5	112,0	36,0	37,5	0,0082	0,0173	0,0307	0,0392	0,0126	0,1080	
Граб		0,3	9,9	1,3	0,9	0,0000	0,0001	0,0001	0,0035	0,0005	0,0042	
Ясень	3,2	5,9	17,6	1,2	0,6	0,0010	0,0021	0,0036	0,0062	0,0004	0,0133	
Клен	0,9	0,2	0,3			0,0003	0,0001	0,0004	0,0001	0,0000	0,0009	
Вяз		0,1				0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	
Береза	183,8	193,6	861,8	281,9	108,4	0,1379	0,1452	0,2642	0,6894	0,2396	1,4763	
Осина	20,1	28,9	31,2	33,0	53,3	0,0251	0,0332	0,0490	0,0296	0,0330	0,1699	
Ольха серая	7,3	35,7	74,1	49,8	11,5	0,0091	0,0411	0,0430	0,0704	0,0498	0,2134	
Ольха черная	51,6	86,7	282,3	128,3	96,4	0,0645	0,0997	0,1383	0,2682	0,1283	0,6990	
Липа	0,1	0,2	0,9	0,8	0,2	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0000	0,0005	
Тополь		0,2	0,7	0,8	0,1	0,0000	0,0002	0,0002	0,0007	0,0008	0,0019	
Ива	2,4	4,6	2,6	0,3		0,0030	0,0053	0,0070	0,0025	0,0003	0,0181	
Прочие		0,3	0,2			0,0000	0,0003	0,0003	0,0002	0,0000	0,0008	
Кустарники	41,5	36,8	43,6	6,1	47,8	0,0519	0,0423	0,0783	0,0414	0,0061	0,2200	
Итого	709,7	1445,1	3566,1	1498,0	622,7	0,6026	1,0384	2,1375	3,7231	1,8271	9,3288	

## Общий запас углерода в фитомассе земель лесного фонда (на 1.01.2001 г.)

Категория земель лесного фонда	Запас углерода, млн. тонн		
	всего	в древостое	в травах, кустарничках
Покрытые лесом земли, в том числе:	440,2288	430,9002	9,3286
молодняки 1-го класса	8,0200	7,4175	0,6025
молодняки 2-го класса	46,2035	45,1651	1,0384
средневозрастные	217,9786	215,8410	2,1376
приспевающие	120,8187	117,0956	3,7231
спелые и перестойные	47,2082	45,3811	1,8271
Непокрытые лесом и нелесные земли*			
Несомкнувшиеся культуры	0,3808		
Питомники, плантации	0,0066		
Погибшие насаждения	0,0419		
Вырубки	0,0798		
Прогалины	1,7582		
Дороги, просеки	0,05454		
Пески	0,0014		
Всего	442,5520		

\* для пастбищ, сенокосов, пашни, болот, вод, усадеб, прочих земель расчеты не произведены.

– изменение соотношения пород в составе лесного фонда за счет увеличения доли наиболее хозяйственно ценных видов лесообразователей: сосны, ели, дуба;

– увеличение площади покрытых лесом земель за счет облесения передаваемых от других пользователей непокрытых лесом;

– облесение редины, гарей, вырубков, прогалин и т.п.

– ежегодная гибель части лесов в результате пожаров и других природных и антропогенных катастроф.

Таблица 2.5

## Прогнозируемые показатели прироста древесины в лесах Беларуси и стока атмосферного углерода в запас древостоев на период до 2070 г.

Прогнозируемый показатель	Среднегодовое значение показателя по 10-летиям							
	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070 и далее
Текущее изменение запаса, м <sup>3</sup> на 1 га	4,50	4,66	4,82	4,97	5,13	5,29	5,45	5,60
Покрытая лесом площадь, млн. га	7,85	8,05	8,15	8,17	8,20	8,22	8,24	8,25
Текущее изменение запаса по Беларуси, млн. м <sup>3</sup>	35,30	37,49	39,24	40,63	42,07	43,46	44,87	46,22
Объем лесопользования, млн. м <sup>3</sup>	10,25	17,40	20,86	23,23	24,55	24,82	24,94	25,08
Увеличение запасов лесов, млн. м <sup>3</sup> /год	25,05	20,09	18,39	17,39	17,51	18,65	19,92	21,14
Сток углерода в прирост древостоев, млн. тонн	8,062	6,466	5,918	5,597	5,635	6,002	6,411	6,804
в т.ч. в молодняки 1 кл.	0,136	0,109	0,100	0,095	0,095	0,101	0,108	0,115
молодняки 2 кл.	0,842	0,676	0,618	0,585	0,589	0,627	0,670	0,711
средневозрастные	4,044	3,243	2,969	2,807	2,827	3,011	3,216	3,413
приспевающие	2,194	1,760	1,611	1,523	1,534	1,634	1,745	1,852
спелые и перестойные	0,845	0,678	0,620	0,587	0,591	0,629	0,672	0,713

*Социально-экономический прогноз в отсутствие климатических изменений*

Приводимый оптимистический прогноз лесопользования (табл. 2.6), составленный в 1997 г., оправдывается пока далеко не в полной мере. Общий объем лесопользования в 2000–2001 гг. в среднем составил лишь немногим более 10,2 млн. м<sup>3</sup> древесины. Это явилось следствием прежде всего экономической ситуации в стране: неплатежеспособностью значительной части потребителей древесины, отказом от использования многими потребителями древесины мелколиственных пород (березы, осины, ольхи и др.), прежде всего на труднодоступных избыточно увлажненных землях, а также неблагоприятной конъюнктурой на рынке лесной продукции в Европе после массовых ветровалов в лесах Германии, Франции, Австрии. Это, однако, с экологической точки зрения является позитивным явлением.

Начиная с 2000 г. в сочетании с работой по передаче лесов колхозов, совхозов и иных пользователей предприятиям Комлесхоза в состав лесного фонда принимаются и низкопродуктивные нелесные земли, часть из которых подлежит облесению. Уже принято решение о передаче 134,6 тыс. га, а по прогнозной оценке до 2010 г. объем этой категории земель достигнет 300 тыс. га (3,8% от современной площади покрытых лесом земель), что является существенным резервом для повышения лесистости ряда районов Беларуси. Это явится также дополнительной возможностью стока атмосферного углерода в наземные экосистемы.

Эти соображения учтены выше (табл. 2.5).

*Прогноз климата в будущем.* Оценки изменения климата на территории Беларуси на первую половину текущего столетия базируются на результатах модели общей циркуляции атмосферы *HadCM2* (Великобритания) [8]. Значимыми для лесного хозяйства сдвигами в климате первой половины 21-го века являются следующие аспекты:

- повышение средних температур всех месяцев года в среднем на 0,6–1,9°С в период с 2010 по 2039 гг. и на 1,0–2,9°С в последующем (табл. 2.7);
- наиболее радикальное повышение температур приходится на зимние месяцы, что ухудшает условия перезимовки растений, т. к. увеличивает вероятность провоцирующих начало вегетации оттепелей;
- изменение теплообеспеченности вегетационного периода для лесных древостоев, а именно таких важных климатических показателей, как общие продолжительности периодов со среднесуточной температурой выше температурных пределов в 5 и 10° С и суммы температур соответствующих периодов (табл. 2.8).
- возрастает вероятность экстремальных засушливых явлений, прежде всего в летние месяцы, т.к. на фоне повышения температур количество осадков в этот период остается практически без изменений;
- уменьшается глубина и сокращается период промерзания почв в зимний период вплоть до того, что в отдельные годы такое промерзание может быть не выражено.
- увеличение осадков незначительно или приходится на зимние месяцы, когда их роль как источника влаги для вегетации текущего года, невелика (табл. 2.9);

**Прогноз годовых объемов главного и промежуточного пользования лесом  
по Беларуси (все лесопользователи) (сценарии 1 и 2 – по: [3])**

Сценарий	Размер пользования по 10-летиям:							
	2000 г.	2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.	2060 г.	2070 г. и далее
<b>Главное пользование лесом<sup>a</sup>, площадь, тыс. га</b>								
<b>вырубаемый запас общий, млн. м<sup>3</sup>/год</b>								
1	<u>37,4</u> 8,1	<u>57,9</u> 12,3	<u>67,2</u> 14,4	<u>72,4</u> 15,4	<u>73,8</u> 15,8	<u>73,8</u> 15,8	<u>74,1</u> 15,9	<u>74,6</u> 16,0
2	<u>37,4</u> 8,3	<u>57,9</u> 13,1	<u>67,2</u> 15,8	<u>72,4</u> 17,6	<u>73,8</u> 18,6	<u>73,8</u> 18,8	<u>74,1</u> 18,9	<u>74,6</u> 19,0
3 <sup>c</sup>	<u>29,9</u> 6,6	<u>46,3</u> 10,5	<u>53,8</u> 12,6	<u>57,9</u> 14,1	<u>59,0</u> 14,9	<u>59,0</u> 15,0	<u>59,3</u> 15,1	<u>59,7</u> 15,2
<b>Промежуточное пользование лесом (рубки ухода, санитарные рубки) и прочие рубки<sup>b</sup>, вырубаемый запас общий, млн. м<sup>3</sup>/год</b>								
1	6,32	8,65	9,36	10,01	10,27	10,27	10,34	10,4
2	6,32	8,65	10,27	11,44	12,09	12,22	12,28	12,35
<b>Общий прогнозируемый объем лесопользования по всем лесопользователям, млн. м<sup>3</sup>/год</b>								
1	14,42	20,95	23,76	25,41	26,07	26,07	26,24	26,40
2	14,62	21,75	26,07	29,04	30,69	31,02	31,18	31,35
3 <sup>c</sup>	10,25	17,4	20,86	23,23	24,55	24,82	24,94	25,08

Примечания:

<sup>a</sup> По первому сценарию возраст рубки принят на уровне середины второй половины 5-го (для второй группы лесов) и 6-го (для первой группы лесов) классов возраста при условно постоянном запасе спелых древостоев; второй вариант предполагает постепенное нарастание запасов на 1 га спелых древостоев ежегодно в размере 0,35%.

<sup>b</sup> До 2020 года объем промежуточного пользования лесом определен в соответствии со Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси [ 3 ], а на последующий период – в объеме 65% от объема главного пользования, что соответствует планируемому соотношению этих видов пользования лесом.

<sup>c</sup> Скорректированный прогноз лесопользования учитывает недостаточную активность процессов рыночных преобразований в сочетании с высокой насыщенностью лесного рынка дешевой российской древесиной, усложнением доступа на них в связи с процессами лесной сертификации. Для учета этих негативных (в плане экономических последствий) явлений при расчете третьего варианта введён понижающий коэффициент 0,80.

Таблица 2.7

**Характеристика изменения средней температуры воздуха в прогнозируемый период**

Месяц	Средняя температура воздуха, °С			Разность между прогнозом и базовым периодом 1961 – 1990 гг., °С	
	1961 – 90 гг.	прогноз		на 2010 – 2039 гг.	на 2040 – 2069 гг.
		на 2010 – 2039 гг.	на 2040 – 2069 гг.		
1	2	3	4	5	6
Январь	-6,84	-5,15	-3,97	1,69	2,87
Февраль	-5,63	-4,32	-3,06	1,31	2,57
Март	-1,077	-0,49	0,32	0,59	1,40
Апрель	6,303	6,88	7,77	0,58	1,47
Май	13,02	13,87	14,43	0,85	1,41
Июнь	16,167	17,27	18,03	1,10	1,87
Июль	17,24	18,19	19,15	0,95	1,91
Август	16,373	17,05	18,39	0,67	2,01
Сентябрь	11,77	12,71	13,52	0,94	1,75
Октябрь	6,383	7,27	8,34	0,89	1,96
Ноябрь	0,83	1,41	1,85	0,58	1,02
Декабрь	-3,493	-1,63	-1,36	1,86	2,13
Год в целом	5,9	6,9	7,8	1,0	1,9

Изменение некоторых показателей теплообеспеченности для периода 2010 – 2039 гг.  
относительно базового периода 1960 – 1990 гг.

Климатический показатель	Температурный предел, °С	
	5	10
Сдвиг даты весеннего устойчивого перехода через температурный предел, дни	-3	-4
Продолжительность периода выше температурного предела, дни	+7	+6
Сумма температур выше температурного предела, °С	+201,4	+184,7

Таблица 2.9

Характеристика изменения осадков в прогнозируемый период

Месяц	Сумма осадков, мм/ месяц				
	1961 – 1990 гг.	прогноз		разность между прогнозом и 1961 – 1990 гг.	
		на 2010–2039 гг.	на 2040–2069 гг.	на 2010–2039 гг.	на 2040–2069 гг.
Январь	37,1	38,7	43,5	1,6	6,4
Февраль	30,1	32,6	33,3	2,6	3,2
Март	35,7	37,4	36,1	1,7	0,4
Апрель	41,8	38,6	41,7	-3,2	-0,1
Май	54,4	55,1	55,4	0,8	1,0
Июнь	79,5	84,0	81,2	4,5	1,6
Июль	81,9	85,2	86,3	3,3	4,5
Август	70,2	72,9	72,4	2,7	2,3
Сентябрь	56,5	57,6	57,3	1,1	0,8
Октябрь	47,0	49,4	47,8	2,4	0,8
Ноябрь	49,8	50,9	51,5	1,1	1,7
Декабрь	46,9	47,8	50,2	0,9	3,3
Год в целом	630,9	650,3	656,9	19,4	26,0

*Описание качества.* Хозяйственно значимые последствия изменения климата.

Изменение текущего прироста древостоев в связи с увеличением активных температур, продолжительности сезона вегетации. Увеличение расходов на дыхание в течение вегетационного сезона в результате повышения средненочных температур.

Изменение сроков созревания плодов и семян древесных растений в связи с более ранним началом вегетации.

Сдвиг на 10-15 дней сроков начала лесокультурного сезона.

Увеличение продолжительности пожароопасного периода, увеличение площадей потенциально пожароопасных лесов, общий рост пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах.

Изменение структуры древостоев в связи со сдвигом ареалов основных лесообразующих пород: ели, граба, ольхи серой.

Увеличение вероятности массовых размножений вредителей леса как первичных (непарного шелкопряда, шелкопряда-монашенки, пилильщиков, совок, волнянок, листоверток и др.), так и вторичных (прежде всего, короеда-типографа и его спутников).

Передача в состав лесного фонда земель, ставших малопригодными для использования в сельском хозяйстве в результате расширения зоны засушливых явлений.

Снижение/повышение эффективности гидроресомелиоративных систем и возникновение побочных негативных эффектов их функционирования.

Возрастание вероятности возникновения и вредоносности поздних весенних заморозков в связи с более ранним началом вегетации.

Активное зарастание болот вследствие общего снижения уровня грунтовых вод и повышения интенсивности испарения с поверхности болот и их водосборных территорий.

Увеличение транспирации лесных фитоценозов.

Изменение почвенно-грунтовых условий произрастания древостоев вследствие тотального понижения уровня грунтовых вод.

Ухудшение условий ассимиляции из-за снижения прозрачности атмосферы.

Обеднение генофонда бореальной флоры и фауны лесов.

Ухудшение условий водообеспеченности вследствие общего снижения уровня грунтовых вод на значительных территориях в результате действия комплекса антропогенных и климатически детерминированных факторов.

Экспансия в лесные экосистемы видов лесостепного и степного флористических комплексов.

Общее ускорение круговорота веществ в лесных экосистемах, в частности ускорение темпов разложения лесного опада и подстилки.

Обогащение биоразнообразия за счет видов термо- и ксерофильных европейско-малоазиатского и евросибирско-аралокаспийского биотических комплексов.

Рост продуктивности растений вследствие снижения уровня лимитирования  $\text{CO}_2$  в результате повышения его концентрации в атмосфере.

Ухудшение условий перезимовки лесной растительности вследствие отсутствия или сокращения сроков наличия снежного покрова.

Ухудшение в зимний период условий доступности для заготовительной техники заболоченных лесосек в результате повышения температур, сокращения сроков наличия снежного покрова и промерзания лесных дорог.

*Индикаторы изменения.* Хозяйственно значимые последствия изменения климата.

Изменение текущего прироста древостоев в пределах до 10% в связи с увеличением продолжительности вегетации на 15 – 20% (со 180–205 дней в году до 195 – 230).

Изменение сроков созревания плодов и семян древесных растений, а также лесных ягод в связи с более ранним началом вегетации, возможно, в пределах 10 – 15 дней, а в отдельные годы и более по сравнению со среднемноголетними сроками. Это явление уже имело место в отдельные годы последнего десятилетия.

Сдвиг на 10 – 15 дней сроков начала лесокультурного сезона в целом следует оценивать как благоприятное изменение, т.к. позволит несколько растянуть продолжительность периода посадки (посева) леса и начинать его с еще сохранившимся зимним запасом почвенной влаги. С другой стороны, затягивать с его завершением и в новых погодно-климатических условиях нежелательно, и даже опасно в связи с быстрым высыханием в мае поверхностного слоя подстилки и почвы при малом количестве осадков. Вынужденное раннее начало посадок леса также уже имело место в 90-е годы.

Увеличение продолжительности пожароопасного периода, увеличение площадей потенциально пожароопасных лесов. Общий рост пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах уже выражен в отдельные годы последнего десятилетия (1992, 1999, 2002) (табл. 2.10, 2.11).

Таблица 2.10

Численность возгораний и площади лесов, пройденных лесными пожарами в 1961 – 2000 и в 1998 – 2001 гг. (по данным Комлесхоза при СМ РБ)

Зарегистрированное количество возгораний по годам				Площадь, пройденная пожарами по годам, га				Средняя площадь 1 пожара по годам, га			
1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 – 2000	1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 – 2000	1961 – 1970	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 – 2000
26805	27285	23538	28453	35937	16784	16516	44770	1,34	0,62	0,70	1,07
1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
876	3959	2569	1111	567,7	6260,8	1931,0	442,8	0,65	0,63	1,34	0,40

Изменение структуры древостоев в связи со сдвигом ареалов основных лесообразующих пород будет носить долгосрочный характер и скажется преимущественно на снижении фитоценотической устойчивости чувствительных к изменению климата видов-лесообразователей, к конкуренции со стороны других видов, а также к воздействию вредителей и болезней. В Беларуси к этой категории земель относятся древостои, имеющие в своём составе граб, ольху серую и ель. В частности, современная южная граница сплошного распространения ели определяется числом дней (более 120) с относительной влажностью воздуха более 80% с суммой температур выше 10°C и среднемайской температурой [7]. В связи со сдвигом соответствующих изолиний этих показателей к северу произойдет и сдвиг зоны толерантности ели к климатическим условиям на 150–180 км. Вытеснение ольхи серой из южных пределов её ареала будет определяться избыточным притоком тепла, который в настоящее время удерживает её в современных границах. Продвижение на север граба, по-видимому, будет неадекватным сдвигу прямодействующих факторов (температуры, осадков), а будет связано со сложным комплексом эффектов, поскольку современная граница его распространения обусловлена в восточной Беларуси высотой снежного покрова, в западной части – недостатком тепла, а в центральной – крайними зимними температурами. [7]. По этой причине его продвижение на север будет, по-видимому, не столь существенным и ограничится несколькими десятками километров.

Увеличение вероятности массовых размножений вредителей леса как первичных листо- и хвоегрызущих (непарного шелкопряда, шелкопряда-монашенки, пилильщиков, совков, волнянок, листоверток и др.), так и вторичных (прежде всего, короеда-типографа и его спутников). Признаки роста площадей очагов массового размножения вредителей леса и количества видов насекомых, наносящих существенный вред древостоям, уже отмечены в последнее десятилетие прошлого века (табл. 2.12). Так, имели место вспышки размножения соснового

Таблица 2.11

Динамика гибели лесных насаждений в 1991 – 2001 гг. на территории лесного фонда,  
находящегося в ведении Комлесхоза Республики Беларусь  
(по данным Комлесхоза при СМ РБ)

Причина гибели насаждений	Погибло насаждений по годам, га										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Погибло насаждений всего, га	449	13031	4794	3633	5384	16618	16306	9751	6536	8027	10534
в том числе:											
от поврежденных насекомыми	-	-	30	380	47	59	206	28	32	26	42
от поврежденных дикими животными	163	38	189	84	22	64	104	29	34	-	11
от болезней леса	91	116	208	295	230	165	465	544	650	366	422
от прочих антропогенных факторов	23		6	16	1		6			3	2
от воздействия неблагоприятных погодных условий	47	98	340	686	2481	10692	14075	7805	4083	5917	9097
в том числе:											
от ветровалов и буреломов							6252	3687			
от подтопления и затопления	-	292	1387	134	136	540	316	514	221	582	564
от пожаров	125	12487	2632	2035	2466	5098	1134	826	1511	1132	398

Примечание: Усыхание ельников 1994 – 2001 гг. вошло в пункт "Гибель от неблагоприятных погодных условий"

**Динамика очагов вредителей и болезней леса в лесах, находящихся в ведении Комплексоза 1994 – 2001 гг.  
(по данным Комплексоза при СМРБ)**

Вредители и болезни леса	Общая площадь очагов на начало отчетного года, га										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001			
<b>Всего:</b>	204751	210207	171726	182594	230986	227205	164016	200171			
<b>Хвоегрызущие вредители</b>	44267	68505	4693	1723	63630	62555	265	13027			
в том числе: сосновый шелкопряд	7000	20000	3400	814	780	-	-	-			
шелкопряд-монашенка	14048	154427	40	-	-	-	-	-			
сосновая совка	-	-	-	-	-	-	-	11650			
обыкновенный сосновый пилильщик	22723	22319	347	3	61891	61891	-	206			
рыжий сосновый пилильщик	259	214	-	-	-	13	13	1169			
звездчатый пилильщик ткач	237	237	137	137	190	190	-	-			
еловый ткач	-	308	769	769	769	461	250	-			
<b>Листогрызущие вредители</b>	2972	2987	2713	2713	2811	2815	4748	4748			
в том числе: непарный шелкопряд	26	26	-	-	-	-	-	-			
зеленая дубовая и др. листовертки	57	57	5	5	5	5	5	5			
зимняя пяденица	2827	2845	2668	2668	2721	2720	4057	15097			
дубовый пилильщик	40	40	40	40	40	40	40	40			
златогузка	-	-	-	-	-	-	68	455			
<b>Прочие вредители леса:</b>	2679	3058	9426	3979	1367	1841	1357	3335			
в том числе: стволовые вредители	967	1529	8953	3966	1255	1690	1131	2751			
хрущи	75	75	0	9	67	105	127	202			
сосновый долгоносик	-	-	-	-	-	-	32	62			
сосновый подкорный клоп	1482	1298	470	-	-	-	-	121			
побеговьионы	155	155	3	-	46	46	-	199			
<b>Болезни леса:</b>	154832	145656	154894	174179	163178	159994	157646	168191			
в том числе: корневая губка	143744	136813	145547	165675	152057	152057	145212	154027			

шелкопряда (1993–98 гг.), шелкопряда-монашенки (1993–95 гг.), сосновой совки (2001–2002 гг.), обыкновенного соснового пилильщика (1993–96 и 1998–99 гг.), рыжего соснового пилильщика (1994–95 и 2001 гг.). В 2001 г. в дубравах Беларуси отмечен резкий рост активности зимней пяденицы в её многочисленных очагах.

Передача в состав лесного фонда земель, ставших малопригодными для использования в сельском хозяйстве в результате расширения зоны засушливых явлений, потребует увеличения производства посадочного материала, мощностей для посадки и посева леса, разработки технологий, учитывающих специфику этой категории лесокультурных площадей, проведения комплекса мероприятий по снижению численности вредителей молодых посадок (прежде всего, хрущей). Эта работа уже начата Комитетом по лесному хозяйству в рамках ГНТП “Леса Беларуси” (в части разработки технологий). Это частично учтено и при разработке Программы “Лесовосстановление и лесоразведение в лесах Республики Беларусь” на период до 2015 г. [4].

Снижение/повышение эффективности гидроресомелиоративных систем и возникновение побочных негативных эффектов их функционирования подлежат оперативной оценке и разработке соответствующих рекомендаций, поскольку а) на значительной части этих территорий уже развиваются процессы повторного заболачивания; б) активно и пассивно осушенные торфяники как покрытые, так и не покрытые лесом, являются одной из наиболее подверженных пожарам категорий земель в лесном фонде; в) в ряде случаев неэффективное осушение торфяников (на верховых и низинных болотах) привело не к увеличению продуктивности древостоев, а к их деградации и утрате важных элементов биологического разнообразия.

Поскольку транспирация существенно зависит от относительной влажности воздуха и почвы, температуры воздуха, а также освещённости, можно ожидать повышения её интенсивности, особенно в период 2040 – 2069 гг. в связи с повышением среднемесячной температуры воздуха на 1,5 – 2° С по сравнению с базовым периодом (1961 – 1989 гг.) в течение вегетации. Этому также будет способствовать некоторое увеличение осадков и скорости ветра. Сильнее эти процессы скажутся на почвах с недостаточным увлажнением, где регулировать запасы и поступление влаги необходимо с помощью рубок ухода [ 9, 10 ].

Изменение водного режима лесных почв, важными факторами которого, кроме осадков, являются температура воздуха и транспирация лесных фитоценозов [ 10 ].

Возрастание вероятности возникновения и вредоносности поздних весенних заморозков может оказать существенное влияние на текущий прирост дуба (ранораспускающейся формы), ели, липы, некоторых других лиственных пород, а также привести в отдельные годы к побиванию цветов и завязей плодов древесных растений и лесных ягод. Это явление уже неоднократно имело место в Беларуси в последнее десятилетие, что приводило к практически полному неурожаю черники, брусники, голубики и, в результате, – к уменьшению лесного дохода и сокращению кормовой базы тетеревиных птиц и других птиц и животных – потребителей ягод.

Активное зарастание болот вследствие общего снижения уровня грунтовых вод и повышения интенсивности испарения происходит естественным путем, и с точки зрения увеличения лесных ресурсов может оцениваться положительно. Хотя количественный анализ этого явления не выполнялся, однако имеющийся опыт оценки зарастания болот для ряда проектируемых заказников свидетельствует о зарастании всех категорий открытых болот

сосной, березой пушистой, ивами, ольхой черной, елью. Как правило, имеет место 15 – 30-процентное зарастание (в зависимости от категории болота и степени его осушения). Однако, с экологической точки зрения этот процесс следует оценить скорее как негативный, так как в его ходе теряются ценнейшие водно-болотные угодья, крайне необходимые для существования значительного количества видов и форм растений и животных, не способных существовать в других условиях.

Изменение почвенно-грунтовых условий произрастания древостоев вследствие тотального понижения уровня грунтовых вод оказывает существенное влияние на состояние древостоев на площадях с неустойчивым грунтовым питанием, а также в высоковозрастных лесах на низинных болотах. В частности, происходит деградация черноольховых и ясеневых лесов в Белорусском Полесье после широкомасштабного осушения, усугубленного недостатком осадков в течение ряда лет в 90-е годы прошлого столетия. С другой стороны, в лесах на переходных болотах это явление может выразиться в увеличении продуктивности древостоев из пушистой березы и способствовать внедрению в их состав хозяйственно более ценных сосны, ели, дуба, ясеня. Это явление, однако, пока не получило объективной оценки, хотя, по натурным наблюдениям, оно уже имеет место.

Ухудшение условий ассимиляции из-за снижения прозрачности атмосферы относится к категории малоизученных явлений и, по-видимому, является пока не слишком значительным.

Обеднение генофонда бореальной флоры и фауны лесов на фоне обогащения биоразнообразия за счет видов термо- и ксерофильных европейско-малоазийского и евросиби́рско-аралокаспийского биотических комплексов, как и экспансия в лесные экосистемы видов лесостепного и степного флористических комплексов, является экологически негативным процессом, но чисто лесоводственных последствий, значимых с точки зрения прямых экономических потерь или выгод, пока не имеет и не прогнозируется. Потери же эколого-генетического характера неизбежны и поэтому необходимы, как изучение этого процесса, так и разработка соответствующего комплекса мер по снижению потерь.

Общее ускорение круговорота веществ в лесных экосистемах, в частности ускорение темпов разложения лесного опада и подстилки, существенно значимых хозяйственных последствий не имеет. Рост темпа минерализации опада и лесной подстилки может теоретически способствовать некоторому увеличению продуктивности древостоев, но относится к категории явлений, способствовать или противодействовать которым не имеет смысла.

Изменение условий перезимовки лесной растительности вследствие отсутствия или сокращения сроков наличия снежного покрова в целом представляет собой скорее негативное явление, поскольку резко увеличивается изменчивость теплового режима лесной подстилки и поверхностных слоев почвы, в которых сконцентрированы различные формы жизни. Чередование оттепелей и морозов в зимние месяцы может крайне неблагоприятно отразиться на покоящихся семенах, мелких животных, насекомых и т.д. Хотя в отношении зимующих в подстилке вредителей это может оцениваться и позитивно, т.к. уменьшает потенциал их вредоносности.

Уменьшение глубины и сокращение периода промерзания почв в зимний период явится и уже сейчас является серьезным препятствием для осуществления лесохозяйственных работ

и лесозаготовок на заболоченных территориях, а также на минеральных «островах», окруженных такими землями. Наиболее серьезной составляющей этой проблемы является невозможность освоения значительных запасов древесины в спелых черноольховых, пушистоберезовых лесах, некоторых типах сосняков, которые в прошлом вырубались исключительно в зимний период, когда несущие свойства торфяных почв становились достаточными для работы тяжелой лесозаготовительной техники. С экологической точки зрения (сохранение биоразнообразия) этот феномен, напротив, может оцениваться положительно, т.к. позволяет сохраниться на значительных площадях биотическому комплексу высоковозрастных заболоченных лесов.

Исследования, проведенные с помощью автоматизированной системы регионального экологического прогноза (АСРЭП) для регионов, близких по природно-климатическим характеристикам к условиям Беларуси, показали в целом благоприятное влияние глобального потепления на лесное хозяйство. Ожидается рост запасов древесины на корню более чем на 10 % к 2050 г. [ 11 ].

Исследования, проведенные на белорусском материале, указывают на сложный характер взаимодействующего влияния осадков и увеличения температуры воздуха на изменчивость индексов радиального прироста ели. Отмечена тенденция к уменьшению указанных индексов при повышении температуры воздуха в зоне смешанных (подтаёжных) лесов и в Полесье при общем возрастании варьирования индексов по всей территории Беларуси. Последний факт можно интерпретировать как влияние ухудшения климатических условий в конце XX века. Увеличение же осадков положительно сказывается на величине индексов радиального прироста ели в зоне подтаёжных лесов и отрицательно – в Полесье. Для карпатской разновидности ели европейской в её экстразональных островных насаждениях на Полесье вблизи мелиоративных систем совместное увеличение температуры воздуха и осадков положительно сказывается на стволовой продуктивности [12].

Кроме прямых климатических факторов, влияющих на производительность фитоценозов (температуры, влажности и т.п.) существует ряд факторов, которые сами зависят от климата или косвенно связаны с ним через сложные обратные связи. Сюда можно отнести увеличение активности вредителей, повышение засушливости и т.д., а также изменение концентрации парниковых газов, аэрозолей и озона. Некоторые из этих факторов могут существенно уменьшить вероятный рост продуктивности растений.

Рост производительности фитоценозов вследствие повышения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере может быть оценен только на базе конкретных математических моделей динамики углекислого газа в атмосфере и “отклика” растительного покрова на изменение его концентрации. Предварительные оценки изменения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере достаточно противоречивы. Так, в докладе Соломона и Лиманса, возглавлявших биосферный проект США (1989 г.), указано, что предсказанные быстротечные изменения климата в XXI веке могут привести к значительному сокращению площади лесов в зоне умеренного климата. Двукратное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере приведёт к уничтожению 40 % бореальных (северных) лесов.

В случае не столь быстрого изменения концентрации  $\text{CO}_2$  его влияние на продуктивность должно быть положительным [13]. Так, по данным итальянских учёных, при концентрации в атмосфере углекислого газа на прогнозном уровне 2050 г., сосны ускоряют

свой рост на 25 %. В табл.2.13 приведены абсолютные цифры стока углерода в прирост лесов.

К факторам, отрицательно влияющим на продуктивность, относится увеличение концентрации аэрозолей и озона. Кроме уменьшения количества приходящей радиации эти газы оказывают негативное воздействие на физиологические процессы растений во время вегетационного периода. По модельным оценкам российских учёных, только за счёт антропогенного увеличения приземной концентрации озона снижение прироста биомассы лиственных деревьев в первой половине 90-х гг. прошлого века в отдельных странах Западной и Центральной Европы достигло 15 %. Для Беларуси это снижение оценивается в 7-9 %. При движении на восток эти цифры снижались вплоть до 6-7 % в приграничных с Беларусью российских регионах [14].

Таблица 2.13

Расчет стока углерода в прирост лесов с учетом повышения концентрации углекислого газа в атмосфере на 1% в год

Прогнозируемый показатель	Среднегодовое значение показателя по 10-летиям							
	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070 и далее
Сток углерода в прирост древостоев с учетом реакции на увеличение концентрации CO <sub>2</sub> в атмосфере, млн. тонн	10,150	8,142	7,453	7,049	7,098	7,559	8,073	8,568
в т.ч. в молодняки 1 кл.	0,171	0,137	0,126	0,120	0,120	0,127	0,136	0,145
молодняки 2 кл.	1,060	0,851	0,778	0,737	0,742	0,790	0,844	0,895
средневозрастные	5,092	4,084	3,739	3,535	3,560	3,792	4,050	4,298
приспевающие	2,763	2,216	2,029	1,918	1,932	2,058	2,197	2,332
спелые и перестойные	1,064	0,854	0,781	0,739	0,744	0,792	0,846	0,898

По сравнению с озоном роль диоксида серы (SO<sub>2</sub>) в антропогенном уменьшении прироста биомассы лиственных деревьев на территории Беларуси мала. Снижение этого прироста по территории Беларуси на тот же период оценивается в 1 %.

Изменения температурно-влажностного режима отразятся в суточном ходе температуры под пологом леса. Модельные оценки изменения минимальных (ночных), максимальных (дневных) температур и амплитуд суточного хода температуры для периода 2010-2039 гг. по сравнению с базовым приведены в табл.2.14.

Таблица 2.14

Среднемесячные изменения параметров суточного хода температуры воздуха под пологом леса (1 м) в период 2010–2039 гг. по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг.

Месяц		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
		Изменение , °C	ночная температура	1,9	1,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,2
дневная температура	1,9		1,9	1,4	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	1,1	0,9	0,5	0,9
амплитуда	0,0		0,0	0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	0,1	0,7	0,4	-0,1

На фоне общего увеличения ночных и дневных температур отмечается уменьшение амплитуды суточного хода температуры в тёплое время года и её увеличение в холодное. Это происходит в целом за счёт более заметного подъёма в тёплое время года ночных температур и в холодное время – дневных.

*Географический анализ.* Практически все негативные проявления изменения климата в наибольшей степени будут выражены в южной части Беларуси: в Брестском и Гомельском Полесье, в меньшей мере – в подзоне грабово-еловых дубрав и слабо скажутся в Витебской области и северных районах Минской, Могилевской и Гродненской областей. Хотя, как показал анализ лесопатологической ситуации в 2000–2002 гг., и на эти территории может распространиться действие экстремальных погодно-климатических явлений (засух, ураганов и т.п.), способных спровоцировать вспышки массового размножения вредителей леса, прежде всего опаснейшего вредителя ельников – короеда-типографа.

## 2.2. Оценка стратегий/мер по адаптации

*Определение целей.* Адаптация лесного хозяйства как отрасли и её предприятий к новой климатической обстановке и условиям существования основного предмета производства отрасли – древостоев, и шире – земель государственного лесного фонда.

*Определение вариантов адаптации.* Адаптация отрасли к новым погодно-климатическим условиям окружающей среды должна быть направлена как на преодоление негативных последствий этих изменений, так и на наиболее полное извлечение выгод из них. Комплекс мероприятий по адаптации должен включать в себя следующие основные направления.

*Планово-распорядительные:*

- разработку отраслевой стратегии и целевых программ адаптации к новым климатическим условиям;
- критический пересмотр и внесение изменений в нормативно-правовую базу и справочную литературу отрасли в связи с происходящим изменением климата.

*Организационно-хозяйственные:* реализацию комплекса мер, определенных отраслевой стратегией и программой адаптации, на уровнях Комлесхоза, областных производственных лесохозяйственных объединений, предприятий отрасли (лесхозов, учреждений).

*Финансово-экономические:* разработку целевой программы экономической адаптации отрасли к новым климатическим условиям, включающей обоснование расходов, необходимых для преодоления и/или предотвращения негативных последствий, связанных с изменением климата, для их покрытия из республиканского бюджета и иных источников.

*Образовательные и научно-исследовательские:*

- внесение изменений и дополнений в программы учебных курсов высших, средних учебных заведений, готовящих кадры для отрасли;
- организацию целевых курсов переподготовки в отраслевом учебном центре Комлесхоза;
- подготовку соответствующих учебно-методических материалов для их использования в лесхозах в системе повышения квалификации работников отрасли и т.д.;
- постановку и выполнение комплекса НИР, направленных на оценку последствий изменения климата для лесной растительности и лесного хозяйства и выработку мероприятий по адаптации отрасли к такому изменению.



### 3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ВОДНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Важнейшая проблема для Беларуси – неравномерность распределения и качество водных ресурсов. Неодинаковая обеспеченность населения и территорий водными ресурсами, разный уровень интенсивности сельскохозяйственного и промышленного производств и прямо связанные с ними потребности в воде, а также существующие особенности в подходах к праву собственности в национальных водных законодательствах граничащих с Беларусью государств придают проблеме совместного использования вод трансграничных водных объектов уникальный характер. Водные ресурсы обладают высокой чувствительностью к изменению климата, поэтому в условиях изменяющегося климата для разработки мер адаптации необходима единая система информационного обмена для оценки водного режима всего региона и отдельных государств.

Территория Республики Беларусь имеет большое количество водных экосистем, представленных реками (20,8 тыс.), озерами (10,8 тыс.), водохранилищами (153) и прудами (1,5 тыс.). Общая длина рек составляет 90,6 тыс. км. Они принадлежат водосборам Черного и Балтийского морей. Главными реками являются: Березина, Неман, Сож, Припять, Западная Двина, Днепр. Из выпадающих ежегодно  $146 \text{ км}^3$  осадков почти  $110 \text{ км}^3$  испаряется в атмосферу, и только  $36,0 \text{ км}^3$  (25 %) преобразуется в местный сток. С соседних территорий поступает ежегодно  $22,2 \text{ км}^3$  транзитных вод. Суммарные ресурсы местного стока составляют  $56,2 \text{ км}^3$  в год. Наиболее крупными озерами являются: Нарочь ( $80 \text{ км}^2$ ), Освейское ( $52,8 \text{ км}^2$ ), Червоное ( $43,6 \text{ км}^2$ ). Общий объем водохранилищ составляет  $3,1 \text{ км}^3$ , полезный – около  $1,2 \text{ км}^3$ .

Наибольшую энергетическую ценность представляют реки Зап. Двина и Неман. В республике действует 21 малая ГЭС суммарной установленной мощностью около 10 МВт, в том числе 14 ГЭС суммарной мощностью 7,8 МВт. К 2010 г. планируется ввести в эксплуатацию 29 ГЭС суммарной установленной мощностью около 7 МВт.

В Беларуси имеется ряд искусственно созданных водных систем. В северной части расположена Березинская система протяженностью 169 км, соединяющая Западную Двину с Днепром. На юге, в Полесье, имеются два водораздельных соединительных канала: Днепровско-Бугский и Огинский. Первый является частью Днепровско-Бугского водного пути длиной около 735 км.

Поверхностные воды используются внутренним водным транспортом, который обеспечивает перевозку минерально-строительных и лесных грузов, а также пассажиров по рекам Припять, Днепр, Березина, Сож и Днепровско-Бугскому каналу. До 1986 г. осуществлялась перевозка железной руды из Украины в порт Брест. После аварии на Чернобыльской АЭС перевозки грузов из Украины прекратились.

Относительно регулярные наблюдения за гидрологическими параметрами рек начаты в конце XIX в., единичные сведения о химическом составе поверхностных вод получены в 30-х годах XX века.

В настоящее время на реках и каналах действуют 125 гидрологических постов и 14 постов – на озерах и водохранилищах. Наблюдения за гидрохимическим состоянием водных объектов проводят в 106 пунктах на 165 створах в бассейнах всех крупных рек. Гидробиологический контроль осуществляют на 68 водных объектах, 128 створах. Систематические наблюдения за естественным уровнем подземных вод стали проводиться с

1949 г. [2]. Наблюдения за естественным и нарушенным режимом подземных вод ведутся на 1656 скважинах, пробуренным на все водоносные горизонты (рис. 3.1).

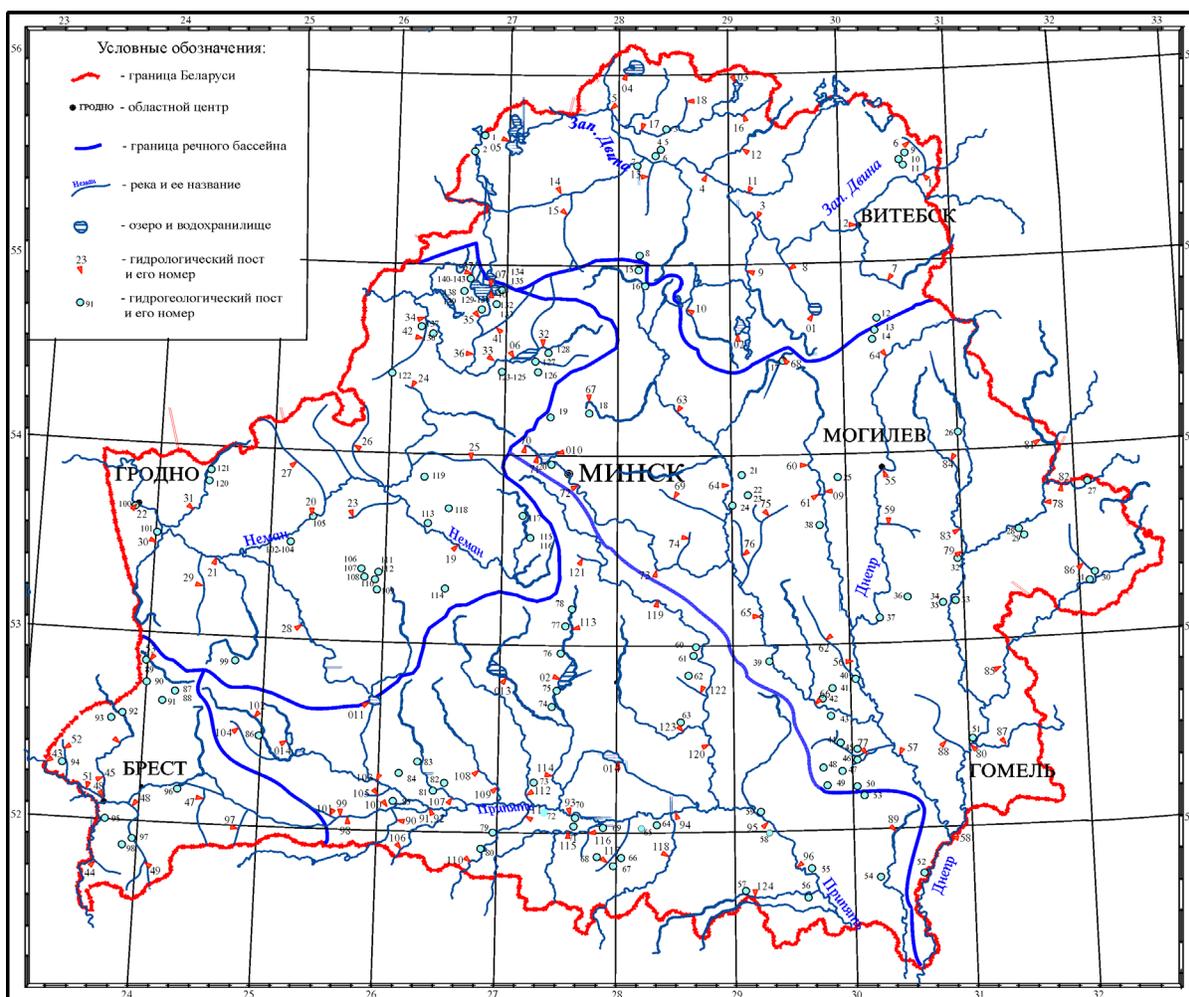


Рис.3.1. Схема расположения гидрологических и гидрогеологических постов.

К настоящему времени учреждениями гидрометеорологической службы накоплен довольно большой фактический материал по гидрологическим характеристикам рек, озер и водохранилищ [ 3-5 ]. С закрытием ряда гидрометрических постов и соответственно прекращением наблюдений за водным режимом рек и озер объем получаемых гидрологических данных уменьшился.

Гидрологические данные, использованные в настоящем разделе, взяты из официальных документов по гидрологии, опубликованных Гидрометеорологической службой СССР и БССР [ 1,3-6 ].

По своеобразию режима стока, характеру его связи с определяющими факторами и величине стока территория Беларуси разделена на 6 районов (рис. 3.2). В табл. 3.1 представлены основные характеристики гидрологических районов и подрайонов Беларуси, рассчитанные для рек с площадью водосбора  $1000 \text{ км}^2$  для среднего по водности года [12, 13].

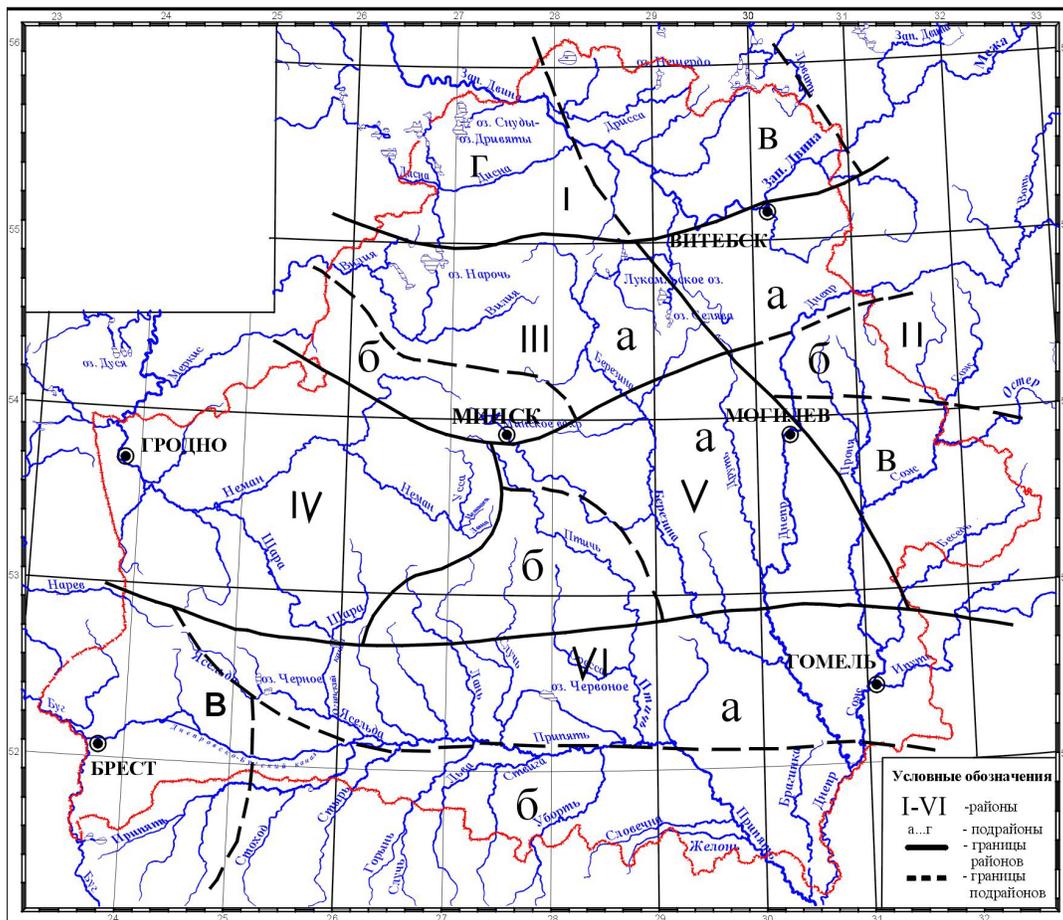


Рис.3.2. Схема гидрологических районов и подрайонов Беларуси.

Таблица 3.2

## Основные характеристики гидрологических районов

Район и подрайон	Средний многолетний годовой модуль стока л/(с·км <sup>2</sup> )	Сезонный сток в % от годового		
		весна (III – V)	лето – осень (VI – XI)	зима (XIII – II)
<b>Западно – Двинский</b>				
подрайон а	7,0	61	29	10
подрайон б	6,8	66	23	11
<b>Верхне-Днепровский</b>				
подрайон а	607	70	23	7
подрайон б	604	68	23	9
подрайон в	5,5	68	22	10
<b>Вилейский</b>				
подрайон а	7,2	48	36	16
подрайон б	7,5	40	40	20
Неманский	6,0	45	35	20
<b>Центрально-Березинский</b>				
подрайон а	5,6	52	32	16
подрайон б	4,9	60	25	15
<b>Припятский</b>				
подрайон а	4,1	69	19	12
подрайон б	3,5	59	26	15
подрайон в	3,6	49	28	23

Анализ влияния климатических изменений на сток рек и уровни в озерах. В соответствии со сменой географических зон по широте местности и, следовательно, изменением климатических факторов изменяется по территории и средний годовой сток. Общее понижение годовой величины стока наблюдается с севера на юг (рис. 3.3).

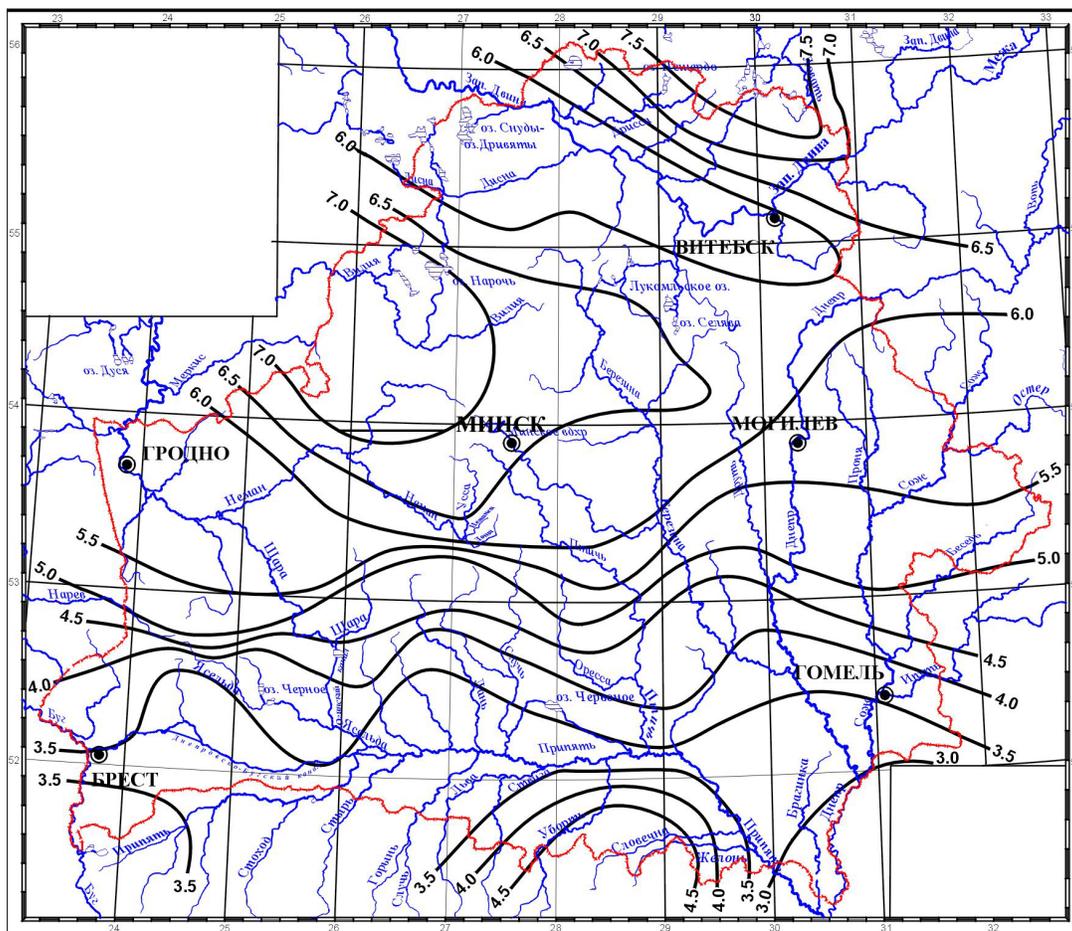


Рис. 3.3. Карта среднемноголетнего стока рек Беларуси, л/(с км<sup>2</sup>)

Наиболее важной фазой водного режима рек Беларуси является весеннее половодье. Высота весеннего половодья над обычным (меженным) уровнем воды на крупных реках достигает 8,6 – 12,8 м. На средних и малых реках высота половодья примерно вдвое ниже. Половодье продолжается 30 – 120 суток. Самое короткое половодье бывает на реках водосбора Немана (30 – 50 суток), самое продолжительное – на водосборе Припяти (90 – 120 суток). Спад весеннего половодья продолжается от 30 до 60 дней.

Наводнения, причиняющие ощутимые ущербы в бассейнах рек Беларуси за последние 50 – 70 лет имели место 10 – 12 раз. Наиболее значительными из них явились наводнения в 1956, 1958, 1974, 1979, 1993 и 1999 гг. Максимальное половодье на Припяти отмечено в 1845 г., когда максимальный уровень превышал нуль графика современного гидропоста у г. Мозырь на 675 см, а расход воды оценивался в 11000 м<sup>3</sup>/с. Последнее значительное половодье было в 1999 г., когда глубина затопления поймы на реках Полесья (Горынь и Уборть) достигла 1,0 – 3,3 м. Половодье принесло значительный материальный ущерб народному хозяйству.

Весеннее половодье на реках сменяется летне-осенней меженью, когда уровни воды достигают наиболее низких значений. Ее продолжительность на реках водосбора Западной Двины 120 – 140 суток, Припяти – 135 – 165 и на остальных реках — 190 – 205 суток. В засушливые годы (1939, 1951, 1952) наблюдается даже пересыхание рек и каналов с площадями водосборов свыше 1000 км<sup>2</sup>.

Реки замерзают на 80 – 140 суток со второй декады ноября. В суровые зимы отдельные малые реки могут промерзнуть до дна на срок до 4,5 месяца. В мягкие зимы ледостава на реках не бывает.

В настоящее время на территории Беларуси гидрологический режим водных объектов определяется не только естественными колебаниями метеорологических элементов, но и антропогенными факторами [7 – 22]. При этом роль последних с каждым годом усиливается, несмотря на некоторый экономический спад в экономике, недоучет их может привести к значительным ошибкам при определении расчетных характеристик.

Прогноз изменения водных ресурсов свидетельствует о необходимости заблаговременной подготовки к возможным неблагоприятным последствиям изменения климата [2, 17 – 25].

С водохозяйственных позиций наиболее существенным является учет возможной трансформации гидрографов маловодных лет, особенно если весь объем прогнозируемого уменьшения годового стока будет приходиться на период летне-осенней межени. Негативные последствия такой ситуации для водного хозяйства таковы:

- 1) уменьшение фактической расчетной обеспеченности хозяйственных объектов, использующих поверхностные воды;
- 2) падение минимальных уровней воды в реках и соответствующее осложнение для работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта и рекреации;
- 3) понижение уровней подземных вод, особенно в приречных зонах;
- 4) ухудшение качества речных вод, обусловленное пониженной степенью разбавления сточных вод и других источников загрязнения;
- 5) трансформация гидробиологического режима рек, вызванная изменением уровенного и скоростного режимов реки, повышением температуры воздуха и, как следствие, ухудшение кислородного режима, снижение интенсивности процесса самоочищения.

Если остановиться более подробно на последствиях изменения климата, то необходимо отметить следующее.

*Прогноз влияния изменения климата на речные и озерные экосистемы.* При росте "термической нагрузки" на реки и водоемы можно ожидать ускорения процессов эвтрофирования. Смещение в видовом составе (группах) фитопланктона к видам (группам) с более высоким температурным оптимумом (например, цианобактерии), вызывающее значительный риск для качества питьевой воды.

Потепление скажется на рыбных запасах. Равномерное повышение температуры воды в мелководных водоемах приведет к потере веса рыб, предпочитающих обитать в холодных водах, и вызовет летальный исход у многочисленных особей.

Следует ожидать нарушение жизненных циклов рыб, выпадение из ихтиофауны рыб-стенобионтов, изменение видового разнообразия, численности и биомассы рыб.

Согласно мнению экспертов, в настоящее время нет систематизированных гидробиологических материалов, позволяющих статистически достоверно зафиксировать изменения структурных параметров сообществ водных гидробионтов под влиянием отдельных факторов среды, и, в частности, идентифицировать воздействия климатических изменений. Необходимо в рамках научно-исследовательского мониторинга начать длительные "высокочастотные" наблюдения за гидробиологическими параметрами на наиболее характерных водных объектах.

При снижении уровней воды в реках и озерах произойдет увеличение концентраций радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностных водных источниках бассейнов Днепра и Припяти, расположенных в Гомельской и Могилевской областях.

*Прогноз влияния изменения климата на уровень грунтовых вод* показал, что, если годовая температура в начале XXI столетия в среднем по Беларуси повысится на величину около 0,2 °С, то это может вызвать снижение уровня грунтовых вод примерно на 0,02 м относительно нормы. Если рост температуры к 2025 г. составит 1,5 °С, то это приведет к снижению УГВ примерно на 0,03 – 0,04 м относительно нормы. В то же время весенние амплитуды УГВ уменьшатся, подобно тому, как это происходило в конце 80-х – начале 90-х годов при пятилетнем потеплении, меженные уровни станут еще ниже.

*Риск затопления территорий при наводнениях.* Анализ данных о наводнениях 1845 и 1931 гг. показывает, что на территории республики возможно формирование в будущем и более катастрофических паводков и половодий. Такая ситуация возможна при усилении антропогенной нагрузки на водосборе, выражающейся с гидрологической точки зрения в существенном изменении условий формирования стока.

*Риск для гидроэнергетики.* Все действующие ГЭС Белорусской энергосистемы относятся к категории "малых", для которых гарантированная мощность определяется по водному стоку декабря месяца в маловодном году расчетной обеспеченности не ниже 95 %. Гарантированная мощность проектируемой Полоцкой ГЭС, относящейся к категории "средних", принята по условиям 80 – 85 % обеспеченности стока.

Гидроузлы малых ГЭС имеют в своем составе небольшие водохранилища суточного регулирования, подверженные климатическим воздействиям в значительной степени. Увеличение среднемесячных значений температуры поверхностного слоя воды приведет к дополнительному испарению и к соответствующим потерям выработки электроэнергии. Однако зимнее потепление в последние десятилетия приводит к улучшению ледовой обстановки на водохранилищах и реках.

*Риск для водного транспорта.* Под воздействием климатических факторов водоносность рек испытывает значительные колебания как внутри года, так и по годам. За весенний период по рекам протекает в среднем 42 – 62 % годового объема стока. На каждый же из 9 месяцев летнего и осенне-зимнего периодов приходится в среднем примерно по 4 – 6 % годового стока.

В маловодные годы в летние и зимние месяцы местный сток может снижаться до 2 – 3 % от годового, что отражается на уровнях воды и работе водного транспорта, обеспечивающего перевозку грузов и пассажиров по рекам Припять, Днепр, Березина, Сож и Днепроовско-Бугскому каналу.

### **3.1. Адаптационные меры в водном менеджменте**

Увеличение повторяемости и продолжительности засушливых периодов приведет к падению уровней в реках, озерах и водохранилищах, а, следовательно, ухудшит качество этих вод. В связи с этим потребуются улучшенная очистка сбрасываемых в эти источники сточных вод, вынос из водоохранных зон всех источников загрязнения.

Снижение уровней и расходов воды в период межени окажет отрицательное влияние на работу внутриреспубликанского водного транспорта, эксплуатацию ГЭС, а также на радиационное состояние поверхностных вод в Гомельской и Могилевской областях республики. Ожидается изменение водной флоры и фауны.

В связи с этим адаптация водного хозяйства и водных экосистем должна быть направлена на смягчение негативных последствий, связанных с потеплением климата, и содействовать устойчивому развитию Республики Беларусь.

#### **Предложения наиболее важных адаптационных мер**

Основные усилия в области водных ресурсов и предлагается направить на следующие адаптационные меры:

- разработку противопаводковых мероприятий, в первую очередь, для территории Полесья, с учетом особенностей формирования речного стока на территории Украины;
- создание надежного гидрометеорологического мониторинга, широкое использование радиолокационной и спутниковой информации для оценки характеристик снежного покрова и планирования водохозяйственных, сельскохозяйственных и лесозащитных мероприятий;
- планомерную лесомелиорацию в бассейнах рек как эффективную меру борьбы с эрозионными водными потоками;
- обоснование целесообразности и возможности строительства подземных водохранилищ в отдельных районах страны, которые позволят регулировать водный режим в соответствии с требованиями потребителей воды, т.е. решать проблему водообеспечения – повышения гарантированной водности источника.

Осуществление мероприятий по водообеспечению требует продолжительного времени, поэтому крупные водохозяйственные мероприятия должны планироваться с заблаговременностью порядка 25 лет, а ввод их в эксплуатацию должен опережать потребности в воде на 10 – 15 лет.

При долгосрочном планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать уязвимость поверхностных вод и определенную ограниченность адаптационных мер, не привязываясь к конкретным датам наступления изменений. Адаптация хозяйственной деятельности должна, прежде всего, включать водосбережение, широкое использование маловодных технологий, более широкое использование орошения сельскохозяйственных земель.

Приоритетный перечень возможных проектов, предлагаемых для разработки следующий:

- Комплексная оценка уязвимости водных ресурсов бассейнов Днепра, Немана, Западной Двины, Западного Буга и Припяти с учетом климатических изменений и экономического развития этих территорий.
- Разработка единой системы информационного обмена для оценки водных ресурсов по бассейновому признаку с соседними государствами.

– Разработка и создание Государственной системы сбора, анализа и обобщения информации по воздействиям опасных изменений климата на водные экосистемы и водное хозяйство.

– Создание условий для регулярного выпуска Регионального бюллетеня мониторинга климата с разделом, касающимся водного хозяйства и водных экосистем.

– Разработка системы предупредительных мер в целях адаптации климатически зависимых отраслей экономики Беларуси к изменениям климата – сельского, водного и лесного хозяйства.

Второй уязвимой отраслью экономики, на которой будет в будущем сказываться воздействие потепления климата, является сельское хозяйство, напрямую связанное с определенной степенью увлажнения территории и водообеспечения.

Потепление климата может: значительно ухудшить условия увлажнения почв, увеличить испаряемость, уменьшить поступление влаги на поля, а также увеличить вегетационный период. Все эти обстоятельства приведут к необходимости развития нерегулярного, подвижного орошения. На мелиоративных землях это повлечет снижение среднесуточного водорегулирующего эффекта оросительной мелиорации. Могут также уменьшиться ресурсы воды в источниках, которые используются для принудительной подачи влаги на поля. Следовательно, для водообеспечения оросительных и осушительно-увлажнительных систем необходимы будут мероприятия по регулированию поверхностного и подземного стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод.

### **3.2. Влияние изменений климата на гидрологический режим**

Для оценки изменений водных ресурсов под влиянием климата использовались два метода: статистический и воднобалансовый, для исследований водных экосистем Нарочанских озер – биоманипуляционные модели; для исследования подземных вод – статистические методы. Анализ случайной составляющей в изменении рядов расходов воды был выполнен с помощью тестов числа поворотных точек и изменения знаков разности. Использованы также коэффициенты ранговой корреляции Кендалла и Спирмена.

Анализ осадков за последнее столетие показывает, что в начале столетия выпадало существенно большее количество осадков, поскольку в это время доминировала западная форма атмосферной циркуляции по Г.Я. Вангенгейму. В зимнее время года сток рек республики увеличился [ 2, 20, 22].

Потепление в 20–30-х годах текущего столетия, сопровождалось снижением осадков, особенно в восточной части республики, что привело к уменьшению стока в это время и, как следствие, к отрицательным разностям стока рек Днепр и Зап. Двина в периоды 1929–1945 гг. и 1890–1902 гг. [17]

Расходы рек для периодов с высокими скоростями ветра оказались несколько ниже, чем для периодов с низкими скоростями ветра. Это связано с падением испарения в периоды низких скоростей ветра. Сравнение разности стока рек для эпох с высокими и низкими скоростями ветра позволило оценить вклад этого фактора – в среднем он составил около 10%.

Динамика экстремальных расходов воды за 100-летний период наблюдений в различные месяцы изучена для рр. Зап. Двина и Припять. Наиболее часто встречающиеся

аномальные годы: с максимальным расходом воды – 1931, 1932, 1933, 1958 и 1962 гг., с минимальным расходом – 1921, 1939, 1954, 1969, 1976 и 1984 гг. Для рек с малыми водосборами формирование стока подвержено большим колебаниям, чем для рек с крупными водосборами.

*Анализ влияния климатических изменений на подземные воды в бассейнах крупнейших рек* показал, что внутригодовые изменения уровней грунтовых вод (УГВ) имеют определенную закономерность, связанную с климатом. Весенний максимум УГВ, как правило, отмечается в апреле, когда уровни поднимаются от 0,4 до 2,3 м. В летний период УГВ определяется температурой и осадками одного – двух предыдущих месяцев. При этом установлена обратная связь с температурой предыдущих месяцев – с увеличением температуры УГВ понижается.

Анализ показал, что существует годовой цикл, а также циклы продолжительностью в 3 – 4 и в 6 – 7 лет. Наибольшую повторяемость имеют циклы 2 – 3, 4 – 6 и 10 – 12 лет. Установить циклы большей продолжительности не представляется возможным в связи с короткими рядами наблюдения.

Повышение температуры воздуха в "теплый" период (1988 – 1992 гг.) отразилось на уменьшении весенней амплитуды уровня подземных вод на всей территории республики. "Холодный" период (1964 – 1968 гг.) сопровождался значительными весенними амплитудами УГВ.

*Воздействие климата на речные экосистемы.* Для крупных рек Беларуси характерна асинхронность в колебаниях основных видов стока (годового, максимального и минимального). Сравнительная оценка изменения средних величин годового стока и квантилей различной обеспеченности, а также максимального и минимального стока с 1961 по 2000 гг. показывает, что различия в годовом стоке за выбранные периоды осреднения находятся в пределах точности расчета как для средних величин, так и для обеспеченных. Сток крупных рек практически не изменился. Увеличение стока Припяти, наблюдавшееся в 1965 – 1985 гг., можно объяснить климатическими изменениями (колебаниями водности лет).

Изменения максимального стока выходят за пределы точности расчета, и для всех рек характерно его уменьшение. Наиболее существенны изменения на рр. Березина Неман, Днепре меньшие изменения наблюдаются на рр. Западная Двина и Припять.

Изменения минимального стока на реках произошли по-разному, так минимальный сток на р. Припять повысился существенно, менее заметно он повысился на р. Днепр (г. Орша), на остальных реках сток не изменился.

Все изменения в гидрохимическом фоне как в прошлом, так и в настоящем не выходят за пределы гидрокарбонатно-кальциевого типа вод.

*Воздействие климата на озерные экосистемы и водохранилища.* Анализ спектральной плотности временных рядов уровня озер показал наличие долгопериодной составляющей – 20 – 30 лет для большинства озер Беларуси.

Для естественных озерных водоемов Беларуси в засушливые годы (1951, 1959, 1964 гг.) характерна одновершинная кривая годового хода уровней озер с максимумом в апреле – мае. Во влажные годы (1987, 1990, 1998) характерным является двухвершинная кривая с первым максимумом в марте – апреле и вторым осенью – начале зимы.

Потепление, которое наблюдается в последние тринадцать лет (1989 – 2001гг.),

отразилось на температурном и ледовом режиме рек, озер и водохранилищ.

Температура воды поверхностного слоя водоемов заметно увеличилась, начиная с 1989 г. Наиболее значительные отклонения от нормы наблюдаются в весенний период. В летние месяцы отклонение от средних многолетних данных уменьшается, а в осенние – возрастает.

Максимальное значение температуры воды за весь период наблюдений отмечено на большинстве озер и водохранилищ в 2001г., и для оз. Нарочь составило 28,8 °С, оз. Нещердо – 29,4 °С, оз. Выгонощанское – 26,4 °С.

Исследования Нарочанских озерных экосистем позволяют сделать следующие выводы:

- индикацию изменений климата легче выявить в озерах с большим отношением площадь озера/площадь бассейна и по минимальным среднегодовым уровням озер;

- умеренный подогрев воды не вызывает существенных изменений в динамике системы, наблюдаются лишь незначительные изменения в величине биомассы и сдвиге сроков наступления пиков биомассы. Действие подогрева на водоросли более заметно проявляется в весенний и ранний летний сезоны, а в зоопланктонном сообществе наблюдается замещение хищников на фильтраторы.

Для водоемов Беларуси в период 1989 – 2001 гг. отмечен переход температуры воды через 4 °С и 10 °С на неделю раньше обычных сроков, а осенью на 4 – 8 дней позднее обычного. Такая же тенденция установлена и для перехода температуры воды через 0,2 °С. В результате изменения климата увеличилась продолжительность периода, свободного ото льда. Рост температуры в поверхностном слое способствует раннему вступлению водорослей в период активного роста и увеличению его продолжительности (весеннее развитие фитопланктона).

*Воздействие гидромелиорации на гидрологический режим рек, уровни грунтовых вод и климат.* К настоящему времени в Полесском регионе мелиорировано около 1 млн. 400 тыс. га.

Осушительная мелиорация одновременно понизила уровень грунтовых вод, существенно уменьшила с их поверхности потери на испарение, снизила радиационный баланс и транспирационный расход влаги. Осушенные болотные почвы нагреваются быстрее, чем неосушенные, но обладают меньшей теплопроводностью. Не занятые растительностью осушенные торфяно-болотные почвы нагреваются до 50 – 60 °С и выше, что по сравнению с минеральными почвами выше на 11 – 20 °С. Осушенные торфяники характеризуются значительными суточными амплитудами температур поверхности почвы, превосходя в этом отношении минеральные почвы на 7 – 8 °С. Под влиянием травяного покрова эти контрасты сглаживаются. В вегетационный период пахотный горизонт осушенных торфяников холоднее, нежели у минеральных почв. Суммы температур воздуха выше 10 °С на осушенных торфяниках на глубине 10 см за вегетационный период на 400 – 500 °С меньше, чем на минеральных почвах, а безморозный период становится на 30 – 60 дней короче. Торфяно-болотные почвы, осушаемые гончарным дренажем, оказываются теплее почв, осушаемых открытой сетью каналов [9-11, 20].

Орошение осушенных болотных почв вызывает рост радиационного баланса, максимальная температура их поверхности снижается на 6 – 10 °С.

Осушительная мелиорация, изменив водно-воздушный режим почв, существенно отразилась на режиме многих малых и средних рек. Густота гидрографической сети после мелиорации увеличилась в 2,5 – 4,9 раза, что создало более благоприятные условия для сброса паводковых вод.

После осушительной мелиорации годовой сток увеличился на 26 водосборах из 50 исследованных. Наиболее заметно осушение сказалось на малых водосборах, площадью до 2000 – 3000 км<sup>2</sup> в первые годы (за счет уменьшения суммарного испарения и запасов грунтовых вод). Годовой сток в первые годы увеличился на 20 – 30 %, а меженный – на 50 – 70 % и более. На остальных водосборах заметных изменений не отмечено.

*При прогнозировании влияния изменения климата на поверхностные водные ресурсы рассмотрены следующие варианты:*

*вариант 1* – средняя годовая температура воздуха увеличивается на 2°C по сравнению с современным уровнем при неизменном количестве атмосферных осадков;

*вариант 2* – уменьшение годовых атмосферных осадков на 10 % с неизменной температурой воздуха;

*вариант 3* – годовые атмосферные осадки уменьшаются на 10 %, а средняя годовая температура воздуха увеличивается на 2 °С;

*вариант 4* – заболоченность (в результате осушения) и залесенность (в результате вырубки лесов) водосбора уменьшаются, а густота речной сети (при создании мелиоративных каналов) и распаханность (при интенсивном освоении новых сельскохозяйственных земель) увеличиваются на 5, 10, 20 и 30 % от существующих в настоящее время при неизменных климатических условиях.

Расчетами установлено, что наиболее неблагоприятным вариантом прогноза изменения речного стока для рек Белорусского Полесья является третий вариант, при котором уменьшение стока достигает 45,2 %. При наложении на этот вариант 10 %-го антропогенного воздействия уменьшение среднего годового стока может достигнуть 50 %.

Прогнозируемое потепление климата вызовет очередную негативную реакцию как водных экосистем в целом, так и отдельных их частей, особенно это скажется на поймах рек – наиболее чувствительных ландшафтах.

#### 4. СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМЫ

Климат во все времена являлся, и будет оставаться в будущем одним из основных факторов, определяющих жизнь на Земле во всех ее проявлениях.

В последние годы широко развернулись исследования по оценке последствий изменения климата. Эти оценки основываются на климатических прогнозах, которые имеют большую неопределенность, что касается конкретных регионов.

Среди основных последствий можно отметить изменение естественных экосистем. По некоторым оценкам, отдельные экосистемы будут не в состоянии успевать приспособляться к новым климатическим условиям, что может привести к их исчезновению [1].

Изменение климата влечет за собой увеличение повторяемости экстремальных климатических явлений (наводнений, засух, суровых и теплых зим).

Наиболее важными в социально-экологическом аспекте следует считать агроклиматические последствия глобального потепления, которые будут иметь существенное значение для решения продовольственной проблемы в будущем.

Специалисты считают, что влияние, оказываемое глобальным потеплением на сельское хозяйство, обусловленное неблагоприятными погодными условиями даже в странах с относительно устойчивым климатом, может вылиться в экологический ущерб, составляющий большую часть от сумм потерь во всех вместе взятых отраслях экономики.

При серьезном изменении климата российские специалисты предсказывают неизбежность коренной перестройки всех систем ведения сельского хозяйства, т.к. предполагается смещение агроклиматических зон в северном и северо-западном направлениях на значительные расстояния, вегетационный период увеличивается на 1 – 2 месяца, станет возможным продвинуть на север теплолюбивые культуры [2].

В то же время специалисты предполагают снижение продуктивности сельскохозяйственных культур вследствие повышения аридности. При этом отмечают, что это в определенной степени может быть компенсировано за счет северных и северо-западных регионов европейской части страны.

Изменение продуктивности для европейской территории России оценивается в 3 – 4 % (с учетом улучшения плодородия почв) [2].

Комплексная оценка геоэкологической ситуации урбанизированных территорий показала минимальную геоэкологическую стабильность городских территорий в большинстве регионов страны, особенно в ее центре. Установлено, что в городах формируется особый микроклимат, который существенно отличается от климата на близлежащих территориях [3]. В связи с этим глобальные изменения климата скажутся преимущественно на природно-экологическом потенциале геосистем городов и в меньшей мере – на состоянии их природно-антропогенных систем. Причем влияние геологических факторов на урбанизированных территориях постоянно растет.

Ряд выводов российских специалистов может быть распространен на территорию Беларуси.

Следует отметить, что сельское хозяйство Беларуси в настоящее время переживает глубокий кризис. Главной его причиной является падение эффективности существующих коллективных и государственных форм хозяйствования при неразвитости новых форм

ведения сельского хозяйства. Технологическая отсталость и техническая недокомплектованность, неоправданно высокие материальные затраты на производство продукции (затраты энергоресурсов в земледелие Беларуси в 3 – 4 раза выше, чем в США), сохраняющийся диспаритет цен в условиях формирующегося рынка все больше обнаруживает необходимость радикального реформирования сельского хозяйства. На фоне нарастающих демографических проблем (сокращения численности населения, увеличения доли старших, в т.ч. нетрудоспособных возрастов) усиливается деградация и без того неразвитой социальной инфраструктуры села.

В своем нынешнем виде сельскохозяйственное производство не обеспечивает по ряду важнейших параметров минимального уровня продовольственной безопасности страны. Разработанная и реализуемая в настоящее время «Программа совершенствования агропромышленного комплекса Республики Беларусь на 2001 – 2005 гг.» имеет целью сформировать новую систему хозяйствования на макро- и микроэкономическом уровнях, обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие отрасли за счет повышения эффективности производства. При этом совершенствование системы хозяйствования и экономических отношений в агропромышленном комплексе, техническое и технологическое перевооружение сельскохозяйственного производства, увеличение объемов жилищного строительства на селе, повышение уровня научных исследований должны обеспечить выход отрасли на более высокий уровень производства (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Прогнозируемые объемы производства сельскохозяйственной продукции, тыс. т

Продукция	Минимальный уровень продовольственной безопасности	2000 г.	2005 г. (прогноз)
Зерно	5500 – 6000	4856	7400
Рапс	130 – 150	90	165
Сахарная свекла	1300 – 1500	1474	1850
Картофель	6000 – 6500	8718	9500
Овощи	800 – 1000	1379	1450
Мясо (живой вес)	900 – 1000	845	1250
Молоко	4200 – 4500	4504	5950

Изменение климата может внести определенные коррективы в прогнозируемые объемы производства сельскохозяйственной продукции.

В разделе 1 рассмотрены возможные последствия изменений агроклиматических параметров, которые оказывают влияние на сельскохозяйственное производство. Они сводятся к следующему. Имеется четкая сопряженность в ходе интегральных гидрометеорологических показателей и изменения экономических показателей страны [4]. Она особенно заметна в производстве зерна. За последнее десятилетие изменение годовых сборов зерна в республике составляет около 2,5 млн. тонн. Если принять, что климатическая компонента в изменении сбора зерна составляет около 30 – 40%, а минимальная стоимость тонны зерна – 80 долл. США, то минимальные экономические потери при снижении производства зерна в республике составят 80 – 100 млн. долл. США. Экспертные оценки показывают, что погодные и климатические условия приводят к увеличению валового продукта сельского хозяйства, как минимум, на 15 – 20%, производства мяса и молока – на

10 – 15%, затрат на производство крупного рогатого скота и свиней – на 5 – 15%. При развитии мощных засушливых явлений возрастают расходы, связанные с незапланированной обработкой земли, пересевом зерна на больших площадях, дополнительным использованием техники, горючего, непредусмотренной оплатой труда и т.д. Затраты на производство зерновых культур во время крупных засушливых явлений возрастают по сравнению с благоприятными годами на 15 – 20%. Это приводит к существенному снижению производительности труда в сельском хозяйстве, приблизительно на такую же величину.

С изменением климата тесно связаны проблемы энергетических ресурсов, особенно возобновляемых источников энергии. Существующие оценки увеличения облачности и уменьшения прозрачности атмосферы свидетельствуют об уменьшении притока солнечной радиации, особенно в крупных городах (прямой солнечной радиации на 20 %, а суммарной радиации на несколько процентов за последние несколько десятилетий).

#### **4.1. Влияние изменений климата на продолжительность отопительного периода и экономию топлива**

Одним из важнейших социально-экономических последствий потепления климата является экономия топливно-энергетических ресурсов на отопительные нужды.

Согласно расчетам, основанным на прогнозе изменения климата, на большей части Евразии отопительный период уменьшится на 1 месяц, в центральной части России примерно на 2 недели [ 6 ].

По другим данным, отопительный сезон к началу XXI в. уменьшится на 60 – 30 дней на севере и на 10 – 15 дней в центральных и южных районах территории бывшего Советского Союза. При прогнозируемом потеплении климата к середине XXI в. период отопления уменьшится более значительно – на 2 – 4 месяца на севере и на 1 –1,5 месяца на остальной части бывшего Советского Союза.

Для Беларуси важным положительным фактором потепления будет уменьшение суровости климатических условий, которые в настоящее время определяют себестоимость поддержания экономической деятельности. Для нашего региона экономия топливно-энергетических ресурсов вследствие уменьшения продолжительности и суровости холодного времени года и, в связи с этим, уменьшение затрат энергии на отопление зданий может быть одним из существенных социально-экономических последствий ожидаемого антропогенного потепления климата.

Значительные затраты связаны с необходимостью обеспечения комфортной температуры воздуха в жилых и производственных помещениях в течение года. Количественно оценить такого рода последствия потепления можно, рассчитав изменения продолжительности отопительного периода, а также дефицит тепла и суммы температур, превышающих заданный уровень физиологического комфорта.

В Республике Беларусь широкое распространение получили системы центрального отопления, для которых разработаны стандарты и нормативы. Согласно этим нормам, отопительный период начинается при понижении среднесуточной температуры воздуха до 8 °С, при этом система должна обеспечивать внутри помещения температуру около 18 °С [7].

Согласно прогнозу модели ЕСНАМ–1А, изменения температуры воздуха в высоких широтах к середине текущего столетия будут в пределах от 0,5 до 2,5 –3 ,0 °С [6].

При анализе вопросов влияния изменения климата на энергетику следует обратить внимание на изменение характеристик отопительного сезона (табл. 4.2).

Таким образом, отопительный период сократился на 6 – 9 дней в основном в связи с более ранним его окончанием. На 1 – 1,5 °С увеличилась средняя температура отопительного периода (больше на севере). Все это привело к уменьшению суммы градусодней на 9 – 11 %. Это соответствующим образом должно отразиться на расходах топлива на отопление.

Наблюдающееся изменение климатических характеристик потребует уточнения параметров строительной климатологии и «Строительных норм Беларуси».

Нами проведен также анализ изменения среднемесячной и среднегодовой температуры в Республике Беларусь за период 1964 – 2000 гг. и на основании его с учетом исследований [8 - 11] определена прогнозная среднемесячная температура для республики.

Анализ изменения температуры показал, что в летние месяцы она повышается не так значительно, как в зимние месяцы, что согласуется с исследованиями в других странах. При этом температура воздуха более существенно повышается в первой половине года, а в ноябре, декабре наблюдается даже некоторое понижение температуры.

Расчет изменения температуры проводили, исходя из изложенных выше положений для изменения климата от 0,5 °С до 3 °С через интервал 0,5 °С.

Таблица 4.2

## Изменение характеристик отопительного сезона

Область	Период, дата		Продолжительность, дни		Средняя температура, °С		Сумма, градусодни		
	До 1990	1989 – 2001	до 1990	1989 – 2001	до 1990	1989 – 2001	до 1990	1989 – 2001	разность в %
Витебская	3.X – 26.IV	4.X – 21. IV	206	200	-1,9	-0,4	3895	3474	11
Минская	6.X – 24. IV	6.10 – 19. IV	201	196	-1,4	-0,1	3705	3356	9
Гродненская	8.10 – 23. IV	8.10 – 17. IV	198	192	-0,9	0,45	3535	3182	10
Могилёвская	4.X – 24. IV	5.X – 18. IV	202	195	-1,9	-0,8	3833	3468	9,5
Брестская	11.X – 20. IV	12.X – 13. IV	192	184	-0,55	0,5	3370	3033	10
Гомельская	9.X – 20. IV	10.X – 13. IV	195	186	-1,3	-0,2	3553	3202	10

На рис. 4.1 и 4.2 и в таблице 4.3 приведены фактические изменения среднемесячной температуры в различные периоды – от наиболее холодного до наиболее теплого. Для прогнозных расчетов изменения продолжительности отопительного периода и экономии топлива за базу принят период 1991–2000 г., т. е. конец XX столетия.

В соответствии с принятыми допущениями были построены графики распределения среднемесячных температур в зависимости от изменения среднегодовой температуры (рис.4.3).

Базовая продолжительность отопительного периода составила 6,5 месяцев. При повышении среднегодовой температуры воздуха от 0,5 °С до 3 °С отопительный период уменьшается соответственно на 6 и 36 суток (рис. 4.3 и табл. 4.4.).

Наши расчеты изменения отопительного периода хорошо согласуются с данными [ 6 ]. При этом основное повышение температуры прогнозируется в первой половине года.

Кроме влияния повышения температуры воздуха на продолжительность отопительного периода, будет отмечаться влияние теплотерь зданий в холодный период времени.

Методики оценки теплотрат на отопление в качестве основных метеорологических факторов, влияющих на тепловой режим зданий, учитывают температуру воздуха, скорость ветра и солнечную радиацию.

Важным параметром для расчета тепла является температура внутри помещений. Расчет величины потерь с учетом всех факторов достаточно сложен. Однако, как отмечается в [2] достаточно хорошие результаты можно получить при использовании только одного параметра – температуры наружного воздуха, и в первом приближении дефицит тепла, можно определить путем суммирования разностей между температурой воздуха внутри помещения ( $18^{\circ}\text{C}$ ) и средней температурой наружного воздуха в холодный период (с температурой воздуха ниже  $8^{\circ}\text{C}$ ).

Нами проведены расчеты теплотерь зданий с учетом вышеуказанных допущений.

Уменьшение теплотерь, а следовательно, экономия топлива на отопление помещений при повышении температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  составит 3,5 %, а при повышении температуры на  $3^{\circ}\text{C}$  – 15,3 %.

Таким образом, суммарная экономия топлива при повышении температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  составит 6,6 %, а при повышении на  $3^{\circ}\text{C}$  – 33,8 % (рис.4.4).

Полученные результаты довольно неплохо согласуются с результатами, полученными для стран западной Европы и Европейской части России [6].

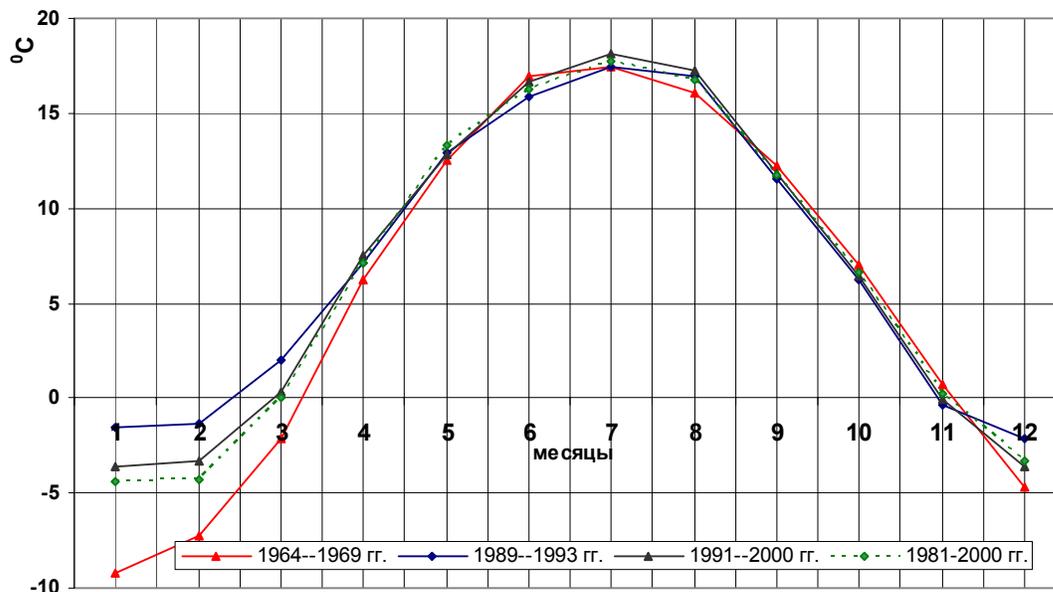


Рис. 4.1. Изменение среднемесячной температуры

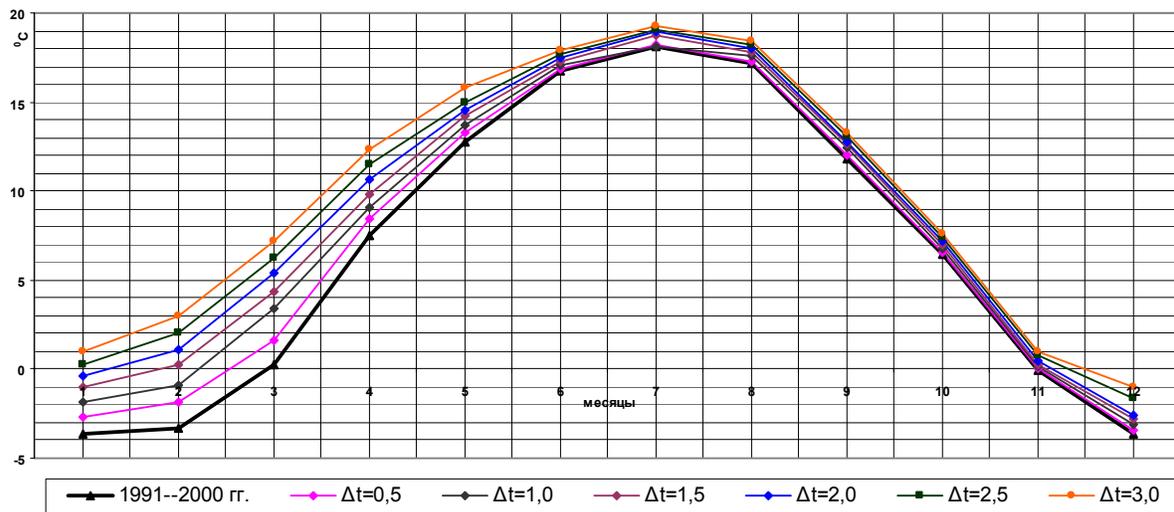


Рис. 4.2. Прогноз изменения среднемесячной температуры

Таблица 4.3

### Сокращение отопительного периода и экономия топлива

Наименование	Изменения температуры, °C					
	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3
Изменение отопительного периода, сутки	6	11	16,2	22,4	28,6	36
Экономия топлива за счет сокращения отопительного периода, %	3,1	5,6	8,3	11,9	14,7	18,5
Экономия топлива за счет изменения температуры наружного воздуха в отопительный период, %	3,5	6,5	8,2	9,5	13,2	15,3
Суммарная экономия топлива, %	6,6	12,1	16,5	21,4	27,9	33,8

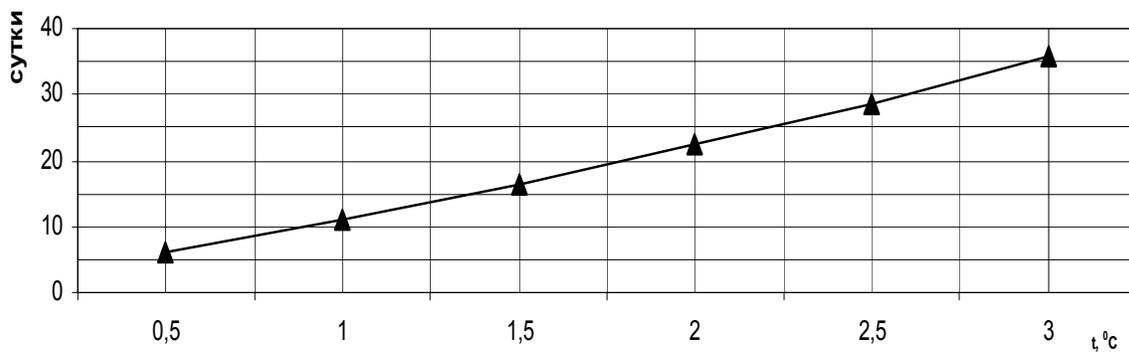


Рис. 4.3. Зависимость сокращения отопительного периода от среднегодовой температуры

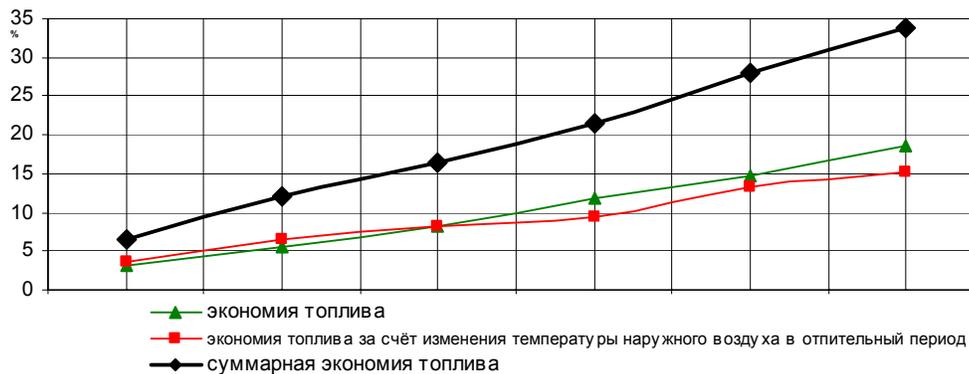


Рис. 4.4. Сокращение отопительного периода и экономия топлива

Таблица 4.4

**Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха, °С**

Период	Средняя температура по месяцам												Средне-годовая	Амплитуда повышения среднегодовой температуры
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1991–2000 гг.	-3,6	-3,3	0,3	7,5	12,8	16,7	18,1	17,2	11,8	6,4	-0,1	-3,6	6,7	
1981–2000 гг.	-4,4	-4,3	0	7,1	13,3	16,3	17,7	16,8	11,7	6,6	0,2	-3,3	6,5	
1964–1969 гг.	-9,2	-7,2	-2,1	6,2	12,5	17	17,4	16,1	12,2	7	0,7	-4,7	5,5	
1989–1993гг.	-1,5	-1,3	2	7,1	12,9	15,9	17,4	17	11,5	6,2	-0,4	-2,1	7,1	
Прогноз	-2,7	-1,9	1,6	8,4	13,3	16,8	18,2	17,3	12	6,6	0	-3,4	7,2	0,5
	-1,8	-0,9	3,4	9,1	13,7	17,1	18,1	17,6	12,4	6,8	0,1	-3,1	7,7	1
	-1	0,3	4,3	9,8	14,2	17,3	18,7	17,8	12,6	7	0,2	-2,8	8,2	1,5
	-0,4	1,1	5,4	10,7	14,5	17,5	18,9	18	12,8	7,2	0,5	-2,6	8,7	2
	0,2	2	6,2	11,5	15	17,7	19,1	18,2	13,1	7,4	0,8	-1,6	9,2	2,5
	1	3	7,2	12,3	15,8	17,9	19,3	18,4	13,3	7,6	1	-1	9,7	3

## 4.2. Оценка воздействия климата на здоровье

Важнейшим аспектом проблемы изменения климата является здоровье человека. В глобальных масштабах в связи с изменением естественных экосистем может произойти рост экологических беженцев, вероятность ослабленного здоровья, болезней, и, как следствие, доля смертности среди которых будет велика. Ожидается, что глобальное потепление приведет к созданию благоприятных условий для определенных вредителей и болезней, что негативно отразится на здоровье населения [9].

Истощение озонового слоя на 1 %, которое также связано с потеплением климата, может вызвать рост заболеваемости меланомой на 2 %, немеланомным раком на 3 %, катарактой на 0,6 – 0,8 % [12].

Существенное влияние на здоровье оказывают условия комфортности работы, отдыха и проживания. Обеспечение комфортности при изменении климата позволит сгладить негативные социально-экономические последствия.

Влияние погоды и климата зависит от величины (и знака) отклонения фактически наблюдаемых значений климатических факторов от некоторого сочетания их, которое считается «комфортным».

Прямое воздействие этих факторов может быть «мгновенным», т.е. вызываться преобладающей погодой, а может зависеть и от последовательности событий, т.е. от синоптической обстановки. Эффекты могут быть кумулятивными и возникать в результате длительного воздействия различных условий.

*Влияние изменений температуры на организм человека.* Температура окружающей среды является основным фактором, оказывающим непосредственное влияние на организм человека. От температуры зависит глубина и частота дыхания, скорость циркуляции крови, характер кроветворения, снабжение кислородом клеток и тканей и, значит, интенсивность окислительных процессов, а также особенности углеводного, солевого, жирового и водного обмена и работа мышц.

Температура воздуха от 15 до 25°C характеризует для большинства здоровых людей, находящихся в покое, нормальные тепловые ощущения [13, 14] и составляет зону комфорта. Задержка потери тепла, происходящая при высоких температурах, может способствовать подавлению важных функций организма, снижению его жизнеспособности и predisposing к инфекционным заболеваниям. Значительное снижение температуры воздуха приводит также к разладу терморегуляции в конечностях и слизистых оболочках дыхательных путей, что сопровождается простудными заболеваниями. Смертность от сердечно-сосудистых болезней в умеренных и высоких широтах также неизменно наивысшая в холодное время года, в январе-феврале, и наиболее низкая в теплые месяцы – в июле-августе. Очевидно, это связано с воздействием термических факторов на эластичность и периферическое сопротивление кровеносных сосудов, активность симпатической нервной системы и физико-химическое состояние крови (вязкость, время свертывания).

Крайние степени жары или холода, то есть избыточные термальные стрессы, несомненно, вредны: умеренно жаркий климат увеличивает подверженность организма кишечным заболеваниям, а умеренно холодный – заболеваниям дыхательных путей. К умеренному термально-стрессовому типу можно отнести такие состояния, как астма, бронхит, аллергический ринит (сенная лихорадка), ревматические болезни (в частности, ревматоидный артрит), сердечные болезни (в частности, инфаркт миокарда и стенокардия),

инсульт, некоторые глазные заболевания (например, острая глаукома, острый конъюнктивит) и сосудистые расстройства.

Наиболее комфортной для человека и благоприятной для проведения климатотерапии температурный режим наблюдается в Беларуси в теплый период года, когда средние суточные температуры достигают 15 – 25 °С. Наиболее комфортны для человека летние месяцы: июнь (средние температуры составляют 15 – 17 °С), июль (17,5 – 18,5 °С) и август (16 – 17,5 °С). Временная изменчивость температуры летом минимальна. Лишь в 5 % лет температура летних месяцев может понизиться до 13 °С и ниже и лишь в 5 % лет в июле она повышается выше 20 °С. В июне и августе такое характерно лишь для южных районов. Кроме этих месяцев наиболее комфортными по показателю температуры воздуха являются 2 и 3 декады мая, когда отмечается переход среднесуточных температур через 14 °С, и первая декада сентября. В мае и сентябре 65-75 % теплых дней со средней суточной температурой 10 – 20 °С, благоприятной для проведения климатотерапии [15].

Заметное влияние на заболеваемость и смертность оказывают резкие колебания температуры. Установлено, что межсуточное изменение температуры на 6 °С и выше вызывает отрицательные ощущения у человека.

Большие значения межсуточной изменчивости температуры связаны с циркуляционными процессами, со сменой воздушных масс над территорией Беларуси. Минимально межсуточная изменчивость температуры в июле – августе (1,4 – 1,8 °С). К зиме, с усилением циркуляционных процессов, она возрастает, достигая максимума в январе – феврале (2,5 – 3,0 °С). Неблагоприятные для здоровья человека величины межсуточной изменчивости температуры (свыше 6 °С) наблюдаются в основном в зимний период – около 6 % на юго-западе и 10 – 11 % на северо-востоке – и значительно уменьшаются лишь летом (3 – 5 %).

Таким образом, теплый период года (2 – 3 декада мая – 1 декада сентября) характеризуется оптимальными значениями температуры воздуха, при которых возникает минимум метеопатических реакций. Однако и при более низких температурах в определенных случаях целесообразно проведение закалывающих и тренирующих процедур.

*Влияние изменений влажности воздуха на организм человека.* Влияние влажности воздуха на человеческий организм связано прежде всего с регуляцией водного обмена. С резким увеличением влажности воздуха связываются заболевания почек и появление легочных кровотечений [14]. Однако слишком сухой воздух также вреден, поскольку может вызывать раздражение дыхательных путей, кашель, одышку, общее возбуждение, головные боли, бессонницу. Комфортные условия создаются при средней влажности воздуха (50 %) и отсутствии резких ее колебаний.

Беларусь характеризуется повышенной влажностью воздуха в течение всего года. В холодную часть года с октября по март среднемесячные значения относительной влажности находятся в пределах 80 – 90 %, изменение влажности по территории не прослеживается. Максимальные значения влажности воздуха наблюдаются в ноябре-декабре (87 – 90 %).

Весной, с увеличением температуры воздуха относительная влажность уменьшается от 77 – 83 % в марте, до 65 – 70 % в мае, достигая минимума в годовом ходе.

Суточный ход относительной влажности зимой почти не выражен. Летом разность между предельными ее значениями в течение суток составляет 15 – 25 % (на юго-востоке свыше 30 %). Наибольшая влажность наблюдается перед восходом солнца, когда

температура достигает самых низких значений. Самые малые значения относительной влажности наблюдаются в послеполуденные часы, когда температура воздуха достигает максимума.

Сухие дни с влажностью менее 30 % в Республике Беларусь отмечаются редко – в основном в апреле-мае – около 5 % на юге и еще меньше на севере.

Таким образом, в условиях избыточного увлажнения в течение года на территории республики наиболее благоприятные условия для человека по режиму относительной влажности наблюдаются в весенне-летний период (май-август). Однако и в этих месяцах отмечается до 10 % влажных дней.

*Влияние изменений атмосферного давления на организм человека.* С медицинской точки зрения преимущественное значение имеет не столько абсолютная величина давления, сколько резкие изменения этой величины [16].

Понижение атмосферного давления уже на 5 – 6 мб влечет за собой нарушение дыхательного процесса, снижение легочного и тканевого газообмена, обеднение крови и тканей кислородом, что увеличивают вероятность сердечно-сосудистых заболеваний.

В Беларуси в большинстве случаев атмосферное давление от суток к суткам изменяется плавно: в 30 – 50 % случаев не более чем на 2 мб в сутки. Неблагоприятные для здоровья человека перепады давления свыше 10 мб за сутки отмечаются в 25 – 35 % случаев зимой; в 60 % весной; в 10 – 30 % случаев осенью. А в период активной циклонической деятельности в холодный период межсуточные изменения атмосферного давления достигают наибольших значений – до 30 мб, летом – до 12 – 16 мб.

*Влияние изменений ветра на организм человека.* Зависимость состояния человеческого организма от направления ветра определяется физико-химическими характеристиками перемещающегося воздуха. Преобладающие направления ветров необходимо учитывать, чтобы исключить возможность негативного влияния производств и крупных промышленных центров на качество воздуха.

Большое значение имеет сила ветра. Чем сильнее ветер, тем больше он препятствует правильному дыханию, вызывая одышку; утомляет, раздражает нервную систему, вызывая беспокойство, головные боли, бессонницу [14]. Ветер регулирует кровенаполнение сосудов кожи, воздействуя непосредственно на кожные рецепторы, рефлекторно повышает обмен веществ, оказывает влияние на газообмен. При низких температурах он резко усиливает теплоотдачу тела, что может привести к переохлаждению организма. Это увеличивает риск простудных заболеваний. Полное отсутствие ветра в теплый период года действует расслабляюще, ведет к изнеживанию организма и, наоборот, небольшой ветер, усиливая кожное испарение, оказывает тонизирующее и стимулирующее действие на организм. Скорость ветра в пределах до 2 м/с считается весьма благоприятным фактором при климатолечении [16].

Ветровой режим в Республике Беларусь обусловлен общей циркуляцией атмосферы над Евразией. Это обуславливает преобладание в зимний период года ветров юго-западной четверти горизонта (Ю, ЮЗ, 3 – 45 – 50 %), и западной составляющей в летний период года (СЗ, З, ЮЗ – 50 %). Весной и осенью воздушные течения менее определены, чем летом и зимой. Ветры всех направлений почти равновероятны, хотя весной более выражены ветры юго-восточного направления, а осенью – юго-западного и западного.

На показатели значимой для курортного лечения скорости ветра у земной поверхности влияют в первую очередь характер земной поверхности, как в макроклиматическом, так и в микроклиматическом плане (особенности рельефа, растительность, наличие водных объектов, сооружений и т.д.).

Республика Беларусь относится к зоне очень слабых и слабых ветров. В среднем по республике штилевые условия и очень слабые ветры (0 – 1 м/с) повторяются в течение 14 – 30 % всего времени года. Наибольшая их повторяемость в залесенных долинах рек, наименьшая – на возвышенностях, открытых пространствах. Слабые ветры (2 – 5 м/с) наиболее характерны для республики. Их повторяемость 60 – 75 % времени года. Она минимальна в Полесье и максимальна – на открытых равнинах и возвышенных участках центральной части Беларуси. Доля сильных ветров в республике невелика (до 1 – 3 %), и наблюдаются они лишь на открытых пространствах в холодный период года.

Максимальные скорости ветра характерны для осенне-зимнего сезона, когда усиливается циклоническая деятельность. Минимальные наблюдаются в конце лета, когда уменьшается повторяемость и глубина циклонических образований.

*Влияние облачности на организм человека.* Облачность оказывает влияние на световой режим: облака препятствуют прохождению солнечной радиации к земле и ее благотворное действие резко ограничивается; а также является причиной выпадения атмосферных осадков, которые резко нарушают суточную температуру и влажность воздуха. Именно эти два фактора, если они резко выражены, и могут оказывать неблагоприятное влияние на организм при облачной погоде [17].

В медицинской климатологии облачность рассматривается как один из основных факторов, обуславливающих продолжительность гелиопроцедур, поскольку она оказывает непосредственное влияние на приход, интенсивность солнечной радиации и продолжительность солнечного сияния.

В Республике Беларусь в среднем солнечное сияние наблюдается примерно в течение 40 % времени, когда солнце находится над горизонтом. В остальное время оно закрыто облаками и к земле приходит только рассеянная радиация. Общая среднегодовая облачность уменьшается с севера, северо-запада на юг, юго-восток от 7,0 – 7,2 балла до 6,6 – 6,9 балла. Среднее число пасмурных дней в году достигает 145-155 на юго-востоке и 165-175 на северо-западе.

Годовой ход облачности имеет четкий максимум в ноябре-декабре и минимум в июне. Зимой пасмурные дни составляют примерно 80 %. Летом облачность уменьшается до 40 – 50 %. Число ясных дней увеличивается с северо-запада на юго-восток.

В суточном ходе облачности по сезонам года также наблюдаются некоторые различия, и в весенний и в осенний периоды минимум облачности близок к полудню, летом он сдвигается на 10 – 11 часов, зимой облачность минимальна в послеполуденное время (12-14 часов). Необходимо также отметить, что продолжительность солнечного сияния в эти часы летом составляет в среднем 42 минуты в час, а зимой лишь 17 – 20 минут. Это оказывает влияние на дозирование гелиотерапевтических процедур в разное время года.

В заключение необходимо отметить, что все описанные факторы внешней среды действуют на организм человека не изолированно, а комплексно. В зависимости от характера сочетания этих факторов воздействие их будет различным.

По современным представлениям, в комплексном воздействии климата на организм человека существенная роль принадлежит интенсивности изменений погоды. Возникающие метеорологические реакции усугубляют течение болезни, вызывают нежелательные изменения в самочувствии человека, его настроении. Среди большого числа элементов, характеризующих физическое состояние приземного слоя атмосферы, имеются факторы, непосредственно влияющие на организм, – температура и влажность воздуха, атмосферное давление и ветер. Их действие на организм не вызывает сомнений. Для ритма физиологических функций и обменных процессов (в течение года) имеют значения как периодические, так и аperiodические изменения элементов физического состояния приземного слоя атмосферы. И именно аperiodические процессы в большей степени влияют на организм при наличии патологии. Данные исследований свидетельствуют о том, что до 80 % больных с различными болезнями реагируют на неустойчивую погоду обострением.

Все сказанное позволяет рассматривать влияние погодных условий на организм как действие многократно повторяющихся в определенных амплитудных соотношениях периодических и непериодических физических элементов приземного слоя атмосферы, главная роль среди которых принадлежит общим элементам. Изменениям этих элементов соответствует периодичность физиологических функций и обменных процессов, биологических реакций, что характеризует жизнедеятельность организма человека, а влияние их на возникновение метеотропных реакций, заболеваемость и смертность обусловлено степенью недостаточности компенсаторно-приспособительных механизмов организма.

Пользуясь особенностями того или иного климата (солнечной радиацией, свойствами воздуха, ландшафтом и другими климатическими лечебными факторами), можно уменьшать или увеличивать нагрузку, связанную с приспособительной деятельностью организма, можно тренировать организм, повышая и совершенствуя деятельность его защитных механизмов. Если учесть, что эти же защитные механизмы организма человека играют решающую роль в борьбе с различными вредными влияниями (инфекция, регенеративные процессы, токсикозы, кислородное голодание и др.), то становится понятным большое практическое значение использования курортных лечебных факторов с оздоровительной целью.

Рассмотрим изменения индекса патогенности температуры, влажности, скорости ветра, междусуточных изменений давления, а также годового хода комплексного индекса патогенности за последние 30-40 лет.

Для биоклиматической оценки погодных условий была использована методика расчета индексов патогенности (ИП) отдельных метеорологических показателей и их совокупности (по В.Г. Бокше). Индексы патогенности дают возможность выявить степень раздражающего действия на человека отдельных метеорологических элементов и погоды в целом, определить характер ее изменения и уровень патогенности. Анализируя ИП погоды местности, можно определить за счет каких метеозаэментов он формируется, а также характер изменения погоды и ее возможное влияние на организм человека. Так, в ходе анализа ИП была выявлена зависимость заболеваемости сердечно-сосудистой системы человека в первую очередь от величины междусуточного изменения давления. На динамику заболеваемости органов дыхания наибольшее влияние оказывает режим влажности воздуха. Большое влияние на динамику заболеваемости системы органов дыхания также оказывает

величина ИП температуры воздуха и ИП скорости ветра, так как низкая температура и скорость ветра при высокой влажности способствует переохлаждению организма, вызывая усиление теплоотдачи, что приводит к увеличению числа простудных заболеваний.

Результаты проведенного анализа показали, что годовой ход ИП характеризуется наибольшими значениями в холодный период года (острая погода) и наименьшими летом. Весной и осенью наблюдается постепенное возрастание значений ИП по направлению к зимним месяцам (раздражающая погода). Это подтверждается годовым ходом показателей заболеваемости населения, которые в зимний период достигают максимальных значений и минимальны летом.

Наблюдается тенденция к общему снижению среднегодовой величины комплексного индекса патогенности погоды (КИП) на всей изучаемой территории.

В годовом ходе выявлена тенденция уменьшения величин КИП в холодный период года как следствие перестройки температурно-влажностного режима.

Перестройка режима общей циркуляции атмосферы привела к изменению динамики частных индексов патогенности. За последние 30 – 40 лет наблюдений на всей территории республики наблюдается устойчивая тенденция снижения среднегодовых величин индексов патогенности температуры воздуха (ИПТВ) и скорости ветра (ИПСВ).

Наибольшая величина снижения ИПТВ наблюдается в северной части Беларуси (сан. «Летцы», Витебской обл.). Уменьшение ИПСВ наименее выражено только на юго-западе страны (сан. «Буг», Брестской обл.). Снижение величины индекса патогенности влажности воздуха (ИПВВ) максимально также для севера страны, где за период наблюдения его величина снизилась более чем на 1,5 единицы (сан. «Летцы»). В центральных и юго-западных областях это снижение выражено не так заметно. Напротив, для юго-востока республики в динамике ИПВВ прослеживается заметный рост среднегодовых показателей (Гомель). Также на всей территории республики наблюдается устойчивый рост индекса патогенности межсуточного изменения атмосферного давления (ИПМИАД).

Годовой ход частных индексов патогенности также претерпевает определенные изменения. Так величины ИПТВ на всей изучаемой территории имеют тенденцию к снижению в зимний и весенний период года с декабря по апрель, когда они максимальны. В летние месяцы ИПТВ наиболее низкие и за исследуемый период практически остаются неизменными. Однако, особенно на севере и северо-западе страны (сан. «Нарочь») указанные величины несколько снижаются в августе. В осенний период, напротив, наблюдается тенденция к увеличению ИПТВ, что в совокупности с увеличением ИПСВ делает осенний период уже с третьей декады сентября практически непригодным для проведения климатотерапевтических процедур. Наибольшее увеличение ИПТВ в осенний период отмечается в ноябре, по абсолютным показателям патогенности он приближается к зимним месяцам, а в ряде лет является самым неблагоприятным месяцем года. Особенно ярко это выражено в северной части Беларуси.

В северной части Беларуси также наблюдается снижение ИПСВ. Особенно заметно это в весенне-летний период. По направлению к центральным областям республики изменения ИПСВ сглаживаются, а в южных районах вообще не проявляются и даже имеют некоторую тенденцию роста (Гомель).

В динамике ИПВВ наблюдается снижение показателей в северных областях страны в основном за счет весенне-летнего периода, однако тенденция к снижению показателей

ИПВВ прослеживается и в осенний период на северо-востоке (сан. "Летцы"). Это создает предпосылки для улучшения лечебных свойств климата (по режиму тепла и влаги), так как снижение ИПВВ позволяет легче переносить высокие температуры в теплый период года, что очень важно для больных с заболеваниями органов дыхания; а также улучшить условия зимнего отдыха и оздоровления. Снижение ИПВВ в южных и юго-западных областях (сан. "Буг") позволяет большую часть года проводить здесь курортное лечение и является самым благоприятным регионом для климатотерапии по температурно-влажностному режиму.

Величины ИПМИАД в северных (сан. "Летцы", сан. "Нарочь") и центральных (Минск) областях республики имеют тенденцию к росту, что существенно ухудшает условия оздоровления в этих районах людей с сердечно-сосудистой патологией. Лишь на юге республики (Брест, Гомель) величина показателя ИПМИАД остается практически неизменной, наблюдается лишь незначительный рост показателей в весенний период.

Приведенная информация о наблюдающемся воздействии погоды на организм человека позволяет отличить ухудшение здоровья под влиянием метеофакторов от других причин.

Прогнозируемый рост температуры, уменьшение скорости ветра, увеличение изменчивости атмосферного давления, рост влажности воздуха обеспечат разнонаправленный характер трендовых изменений индексов патогенности.

Следует отметить, что при анализе вопросов влияния климата на здоровье необходимо обратить внимание на следующие обстоятельства: сравнительно небольшое наблюдающееся повышение летних температур уже сейчас привело к заметному повышению повторяемости высоких температур, так, среднее число дней с максимальной температурой > 30 °С за летние месяцы изменилась следующим образом (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Изменение летних температур в различных городах Беларуси  
в разные периоды времени, °С

Годы	Температура	Витебск	Минск	Брест
1881 – 1990	Т от 20,1 °С	13,0	15,0	22,4
1989 – 2001	до 25,0 °С	18,0	20,4	25,6
1881 – 1990	Т от 25,1 °С	0,11	0,18	0,59
1989 – 2001	до 30,0 °С	1,24	1,38	3,31

Таблица 4.6

Изменение летних максимальных температур (Т > 30 °С) в различных  
городах Беларуси и разные периоды времени, °С

Годы	Витебск	Минск	Брест
1881-1990	1,7	1,9	4,6
1989-2001	3,3	3,5	9,2

Данные, приведенные в табл. 4.6, свидетельствуют об увеличении повторяемости максимальных летних температур почти в 2 раза. Аналогичный вывод можно сделать и для температур выше 20 °С (табл. 4.5). Дальнейшее повышение летних температур приведет к еще большим различиям, так как максимальные температуры хорошо коррелируют со среднемесячными. Повышение числа дней и периодов с высокими температурами создает дополнительную нагрузку на организм, особенно для больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, снижает работоспособность. Должны быть предусмотрены меры защиты, в

частности, в помещениях (кондиционеры, вентиляторы, возможны и архитектурные решения).

В период наблюдавшегося потепления, происходящего пока в основном в связи с повышением температуры зимних месяцев, существенно изменились характеристики оттепелей. Увеличилось число оттепельных дней и непрерывная продолжительность оттепельных периодов. Если раньше повторяемость оттепельных периодов продолжительностью более 10 дней составляла 9 % от общего числа таких периодов, то в последние годы около 14 %. Увеличилась и интенсивность оттепелей – максимальные и среднесуточные температуры при оттепелях стали более высокими. Повторяемость оттепелей с максимальной температурой более 4 °С увеличилась почти с 13 до 21 %, а со средней такой температурой увеличилась в 1,5 раза.

Все это также создает дополнительную нагрузку на организм, поскольку требует определенной перестройки при наступлении оттепелей и последующего похолодания. При этом увеличивается число простудных заболеваний.

Помимо непосредственного влияния погодных факторов существует не прямое воздействие климата, поскольку климатические условия определяют во многом характер потребляемой пищи, санитарные методы, конструкцию жилых зданий, учреждений и промышленных предприятий, влияют на социальную и семейную структуру, а также на жизнеспособность насекомых и животных – переносчиков патогенных микроорганизмов в местах их обитания.

Особую тревогу вызывают заболевания, не свойственные нашей республике. Это инфекции, которые стали диагностироваться за последние 40 лет. В последнее время в мире появились сообщения о распространении тропических вирусов, появление которых большинство ученых связывают с происходящими в природе изменениями: малярия и «вирус Западного Нила» достигли Соединенных Штатов, вспышка вируса Эболы в Лондоне, тропическая лихорадка в Москве, малярия, захватившая Италию, эпидемия брюшного тифа в Португалии или вспышка холеры в Мадриде. В настоящее время в России вновь возникают очаги с местной передачей трехдневной малярии, которая в течение нескольких десятилетий была для страны лишь завозной инфекцией. Распространению вирусов в немалой степени способствует развитие транспортного сообщения, в частности возросла частота авиаперелетов. Благоприятные условия для жизни и размножения далеко не безопасных насекомых создает глобальное потепление климата нашей планеты: теплые весны посещают теперь даже те страны, где тропические болезни всегда считались экзотикой. Популяции возбудителей таких опасных заболеваний, как чума, холера, малярия, дирофиляриоз, как уже доказали медики способны к мутациям, способствующим приобретать клетки, адаптирующиеся к изменяющимся условиям среды и сохраняющие жизнеспособность в неблагоприятных условиях. Как было отмечено на конференции Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСД), если фармацевтическая промышленность развитых странах не будет уделять должного внимания тропическим болезням в развивающихся странах, эти заболевания беспрепятственно проникнут в северное полушарие.

В 1998 г. в результате изучения кровососущих комаров в Республике Беларусь был выявлен антиген вируса лихорадки Западного Нила (ЛЗН). Комары были собраны во всех ландшафтно-климатических зонах республики (ЛКЗ). Зараженность комаров этим вирусом в

целом по РБ составила 7,1 %. Наиболее высокая инфицированность (12,0 %) отмечена в южной ЛКЗ; в средней ЛКЗ этот показатель составил 11,8 % и в северной только 2,8 %. В разрезе областей высокая зараженность комаров наблюдалась в Гомельской (15,0 %) и Минской (11,8 %) областях; ниже всего этот показатель был в Витебской области - 2,8 %. В Гродненской области антиген вируса ЛЗН в комарах не обнаружен.

Остается актуальным и клещевой энцефалит (КЭ); из болезней, передающихся насекомыми, в восточной и центральной части Сибири существуют малые очаги клещевого тифа.

В результате исследований в РФ установлено, что показатель заболеваемости КЭ на 100 тыс. населения колеблется от 53,7 (1964 г.) до 4,8 (1985 г.). В последнее десятилетие заболеваемость стабилизировалась и наблюдаются подъемы в отдельные годы (1987, 1990, 1993, 1996 гг.). Математический анализ показывает, что в ближайшие годы улучшения ситуации не произойдет ввиду продолжающейся активизации природных очагов данного заболевания. Ведущими причинами эпидемического неблагополучия в периоды подъема заболеваемости являются, в первую очередь, изменения природных факторов, и, как следствие их, численности грызунов, клещей и их вирофорности, оказывающих прямое влияние на заболеваемость. За эпидемический сезон 1996 года зарегистрировано 1225 случаев (40,7 на 100 000 населения), по сравнению с предшествующим сезоном число заболеваний возросло в 4,7 раза.

В Республике Беларусь распространен так называемый пастбищный клещ, который может быть переносчиком двух возбудителей - клещевого энцефалита и клещевого боррелиоза (болезнь Лайма). Ежегодно в республике диагностируется несколько десятков случаев. Однако реальная заболеваемость значительно выше. Наиболее неблагоприятны по этим заболеваниям следующие районы: Беловежская пуца, Березинский заповедник, Борисовский и Докшицкий районы, отдельные районы Могилевской и Гомельской областей. В 2001 году в Беларуси зарегистрирован 61 случай заболевания клещевым энцефалитом (из них 5 детей). Хуже ситуация с болезнью Лайма – 181 случай за 2001 год, из них 18 – дети.

Памятуя о сибирском варианте энцефалита, а также о том, что более «сильные» штаммы, имеющие тяжелое клиническое значение, постепенно могут вытеснить европейский вариант заболевания с более мягкой клиникой, можно считать, что энцефалит является весьма важной проблемой, требующей детального изучения.

Таким образом, при прогнозируемых изменениях климата произойдут существенные изменения в состоянии здоровья человека.

#### **4.3. Адаптация социальных и экономических систем к изменениям климата**

К настоящему времени имеются только отдельные работы по оценке социально-экономических последствий прогнозируемого изменения климата, и поэтому предлагаемые выводы основаны в значительной мере на экспертных оценках, которые требуют дальнейшего уточнения.

К сожалению, в нашей стране не изучены вопросы выбора стратегии потребителя, не произведены оценки средних потерь потребителя и оценки метеорологических потерь, т.е. потерь, которые несет потребитель из-за несоответствия принятого хозяйственного решения фактическим метеорологическим или климатическим условиям, а также вопросы выбора критериев оптимальной стратегии (средние метеорологические потери, минимум

вероятности потерь, превышающих заданный уровень, максимум среднего дохода), принятия климатически оптимального решения, определения экономического эффекта от использования метеорологической и климатической информации.

Потенциальный ущерб от неблагоприятных погодных и климатических условий для стран умеренной зоны наибольший в сельскохозяйственном производстве (около 70 %). При принятии защитных мер он может быть снижен на 35 – 40 %. Процент потенциального ущерба на долю авиации, строительства, электроэнергетики, отопления, обрабатывающей промышленности, транспорта и др. отраслей колеблется от 0,1 до 2 % от валового национального дохода, а предотвратимые потери изменяются от 20 до 40 % общих потерь.

Установлено уменьшение скорости ветра на 15 – 20% за последние 20 – 25 лет, что уменьшает возможности использования ветровой энергии. Существенное значение для развития республики в условиях потепления климата имеет проблема водопотребления. Запросы на пресную воду существенно растут на фоне прогнозируемого относительного снижения количества и качества пресных вод. В связи с потеплением климата гарантированный урожай связывается с орошением, а капвложения для создания системы орошения составляют около 1 тыс. долл. США на 1 га. Известно, что производство 1 т зерна на поливных землях требует соответственно 1 – 3 тыс. т воды.

Наиболее значительными последствия от изменения климата ожидаются в высокоурбанизированных районах. Такие последствия могут проявляться в затруднении водоснабжения, увеличении тепловых нагрузок, возникновении благоприятных условий для разного рода инфекций [1, 5].

Наблюдающееся изменение климатических характеристик потребует уточнения параметров строительной климатологии и "Строительных норм Беларуси".

Оценки изменения индекса патогенности температуры, влажности, скорости ветра, междусуточных изменений давления, а также годового хода комплексного индекса патогенности за последние 40 лет показали разнонаправленный характер трендовых изменений указанных индексов патогенности. Индексы патогенности влажности воздуха, междусуточной изменчивости атмосферного давления растут, что отрицательно сказывается на здоровье населения. В то же самое время скорость ветра уменьшается, а температура растет, что обеспечивает положительную динамику индекса патогенности скорости ветра и температуры.

Потепление климата увеличит время пребывания людей в зонах отдыха (в лесу, на берегах рек, озер, водохранилищ), поэтому следует ожидать увеличение антропогенной нагрузки на эти экосистемы и, как следствие, – ухудшение качества воды и обострение эпидемиологической ситуации.

Таким образом, при прогнозируемых изменениях климата произойдут существенные изменения в состоянии здоровья человека.

В заключение следует подчеркнуть, что экосистемы (водные, лесные и сельскохозяйственные) нельзя рассматривать изолированно, так как в природе все со всем связано. Здоровье человека во многом определяется состоянием окружающей среды, в связи с чем актуальным является проведение в будущем интегрированных оценок влияния изменения климата на экосистемы, экономику и здоровье населения. Это позволит выбрать наиболее "выигрышные" мероприятия по адаптации не только на национальном уровне, но и перейти на межгосударственный (региональный) уровень.

## ЧАСТЬ V. ИССЛЕДОВАНИЯ И СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

### 1. Общая политика

Меры по снижению выбросов парниковых газов должны стать неотъемлемой составляющей программ развития отраслей народного хозяйства. В некоторых из них уже разработаны основные направления развития на среднесрочный и краткосрочный периоды. Для формирования национальной стратегии сокращения выбросов газов, вызывающих парниковый эффект, необходимо для уже имеющихся программ расширить заблаговременность прогноза, выделить в них перечень важнейших мер, касающихся влияния различных факторов на климат, оценить степень этого влияния; во вновь разрабатываемых программах предусмотреть комплекс мер по снижению выбросов парниковых газов.

Центральная задача в рамках проблемы «парниковый эффект» – снижение энергоемкости производства. Беларусь потребляет значительно большее количество энергии на единицу ВВП, чем развитые страны. Энергоемкость ВВП и национального дохода в настоящий момент более чем в два раза превышает аналогичные показатели государств Европейского Сообщества. В настоящее время в республике формируется энергетическая политика на ближайшую и дальнюю перспективу, в рамках которой намечается:

- проведение энергосбережения во всех секторах экономики;
- использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, вторичных энергоресурсов;
- преимущественное использование природного газа;
- разработка и внедрение экологически чистых новых технологий и оборудования;
- создание законодательно-правовой базы функционирования ТЭК.

Важным направлением работ является подготовка системы мер различными отраслями экономики с целью смягчения последствий возможных изменений климата.

### 2. Исследования

Имеются основания считать, что за последние 50 лет потепление в значительной мере определяется человеческой деятельностью и антропогенный "сигнал" выделяется на фоне естественной изменчивости климата.

За последние 140 лет потепление глобального климата составило  $0,6 \pm 0,2$  °С, 1990–е годы были самыми теплыми, а 1998 г. – самым теплым годом с 1861 г. Современная положительная флюктуация температуры в 1979–2000 гг. была самой мощной за период инструментальных наблюдений. 10 из 11 самых крупных положительных аномалий температуры приходится на последние 20 лет. Последняя положительная флюктуация климата была также самой мощной за последнее тысячелетие [17].

Генеральные пространственно-временные особенности изменения температуры земного шара следующие [17]:

Наибольшие скорости изменения температуры приходятся на два периода: 1910–1945 и 1976–2001 гг. Скорость роста температуры за одно десятилетие в обоих случаях составляет 0,15 °С. Максимальное потепление климата за последние 25 лет наблюдалось в континентальных районах высоких и умеренных широт Северного полушария. Предыдущее

потепление (1910–1945 гг.) было самым интенсивным в Северной Атлантике, а в последующие годы (1946–1975 гг.) в этих районах наблюдалось похолодание.

В 1946–1975 гг. более интенсивное потепление наблюдалось в Южном полушарии, а в 1976–2000 гг. – в Северном полушарии. Тренды среднегодовых температур с 1901 по 2000 г. в подавляющем большинстве районов земного шара были положительными, что свидетельствует о потеплении глобального масштаба.

С 1950-х годов уменьшилась частота экстремально низких температур при соответствующем увеличении повторяемости экстремально высоких температур.

За период инструментальных наблюдений количество осадков увеличивалось на 0,5–1,0% за каждое десятилетие в XX столетии главным образом в средних и высоких континентальных районах.

В последней половине XX столетия обнаружено увеличение на 2–4% повторяемости сильных осадков в средних и высоких широтах Северного полушария.

Обнаружено 2%-ное увеличение облачности в средних и высоких широтах северного полушария в течение XX столетия. В большинстве районов это согласуется с уменьшением амплитуды суточного хода температуры.

По данным спутниковых наблюдений установлено 10%-ное уменьшение площади снежного покрова с конца 1960-х годов. Происходило также отступление горных ледников в Северном полушарии. Имеется основание считать, что в средних и высоких широтах Северного полушария в XX столетии произошло уменьшение на две недели продолжительности стояния ледового покрова на реках и озерах. Ледовитость морей в Северном полушарии в теплое время года уменьшилась на 10–15%, начиная с 1950-х годов.

В XX столетии уровень Мирового океана поднялся на величину 0,1–0,2 м. Данные спутниковых наблюдений свидетельствуют о повышении уровня Мирового океана со скоростью 5,8 мм в год за период с 1993 по 1996 г.

В ряде районов Европы, Азии и Африки увеличилась частота и повторяемость засух в последние десятилетия.

### ***Изменения температуры и осадков в Республике Беларусь.***

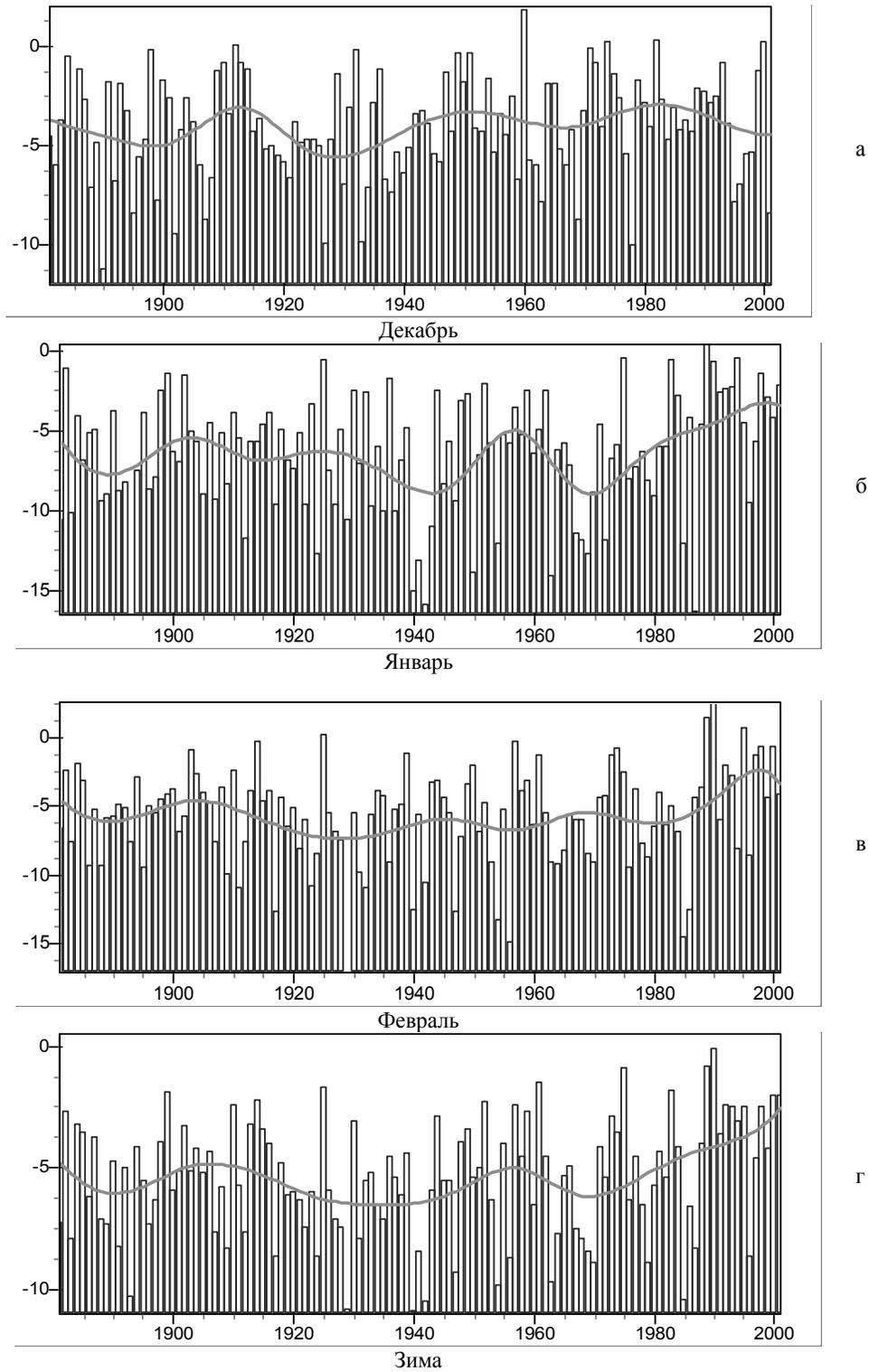
В качестве исходного материала использованы результаты наблюдений температуры воздуха и осадков по 50 станциям Департамента гидрометеорологии за период с 1881 по 2001 г. [ 8, 13]. Длина рядов наблюдений колебалась от 60 до 121 года.

Учитывая высокую пространственную корреляцию температуры можно ограничиться анализом осредненной температуры Республики Беларусь для каждого месяца и года в целом. Изменения осадков в силу их большей пространственной изменчивости представлены для северного, центрального и южного регионов республики.

На рис. 2.1 приведено изменение среднемесячных и сезонных значений температуры.

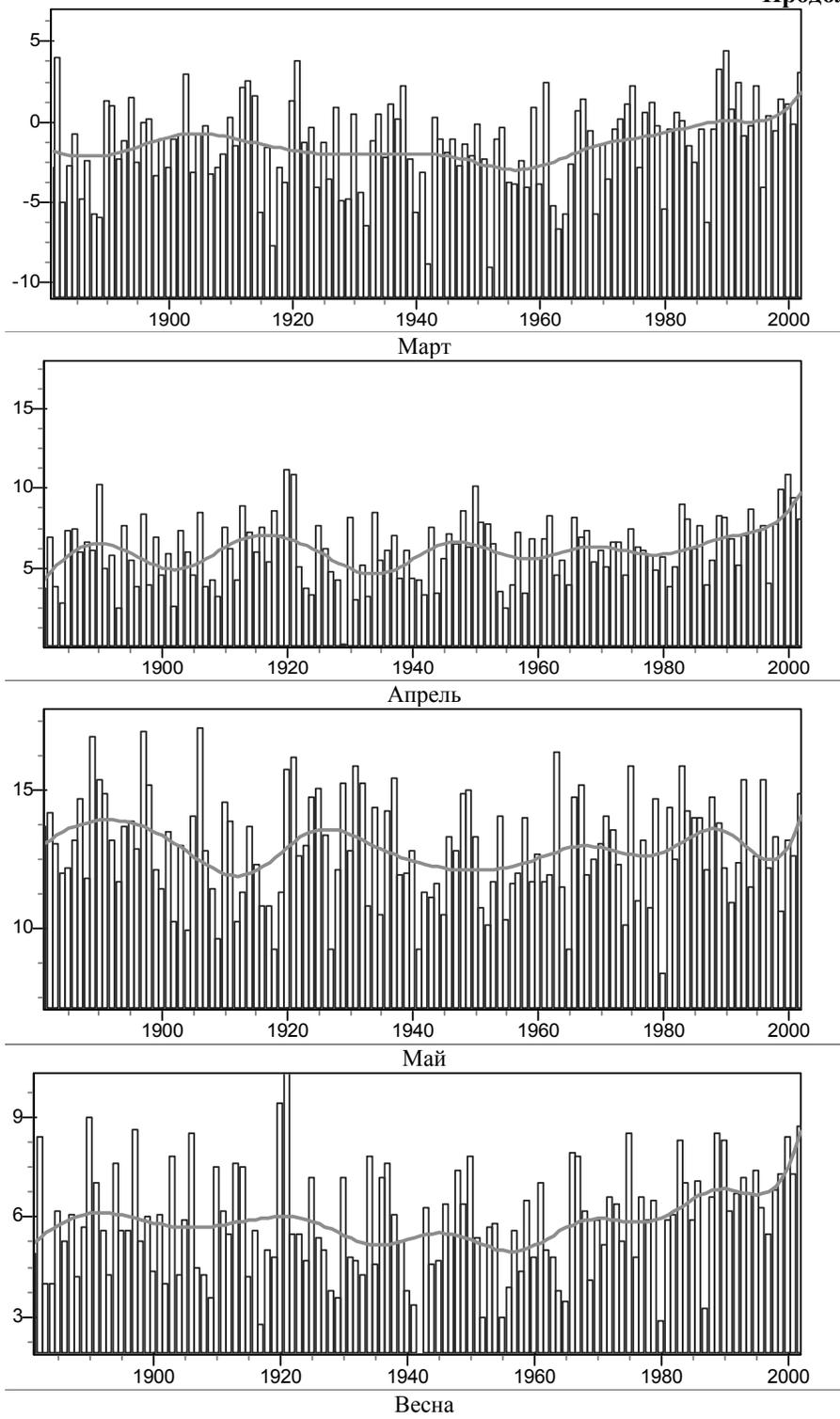
Наиболее существенные характерные особенности изменения температуры за период инструментальных наблюдений состоят в следующем [ 8, 13].

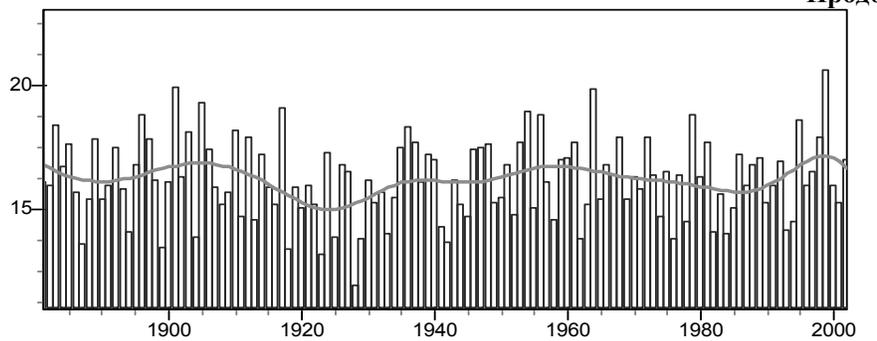
В подавляющем числе месяцев года, за исключением декабря, мая и сентября, с середины 1960-х годов отмечался рост температуры (рис. 2.1 а-р). Он оказался наиболее существенным в январе-апреле. Рост температуры летом зафиксирован только в 1980-е годы, т. е. почти на двадцать лет позже, чем в январе-апреле. Он оказался наиболее выраженным в июле последнего десятилетия (рис. 2.1 и-м).



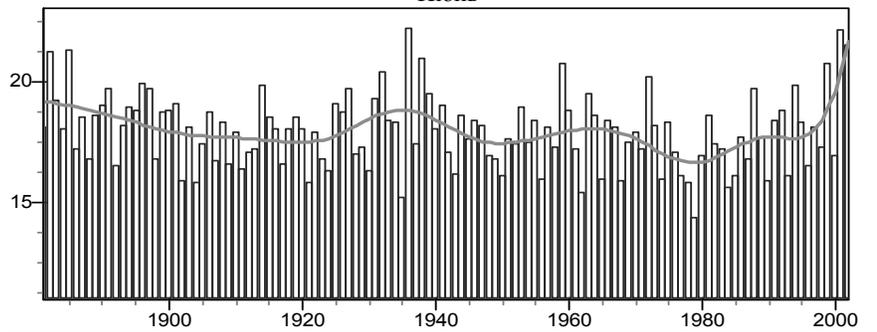
**Рис. 2.1 .** Изменение среднемесячной температуры в Беларуси зимой (а–г), весной (д–з), летом (и–м) и осенью (н–р)

Продолжение рис. 2.1

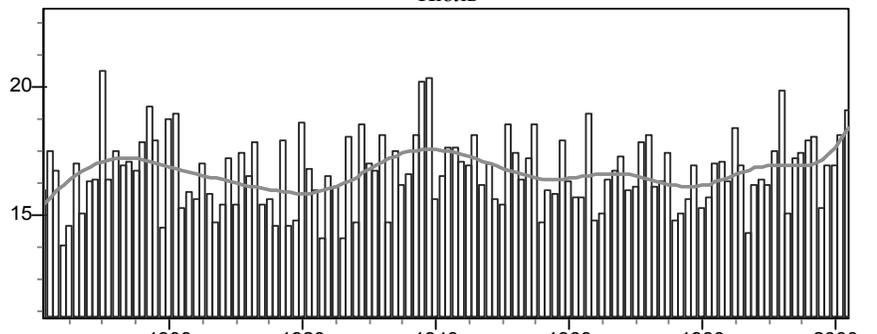




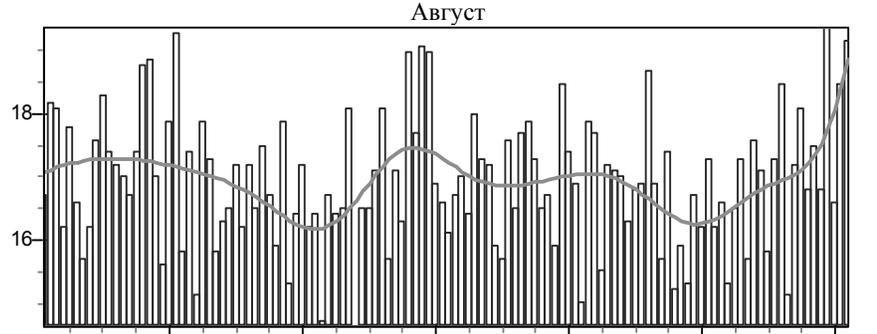
и



к

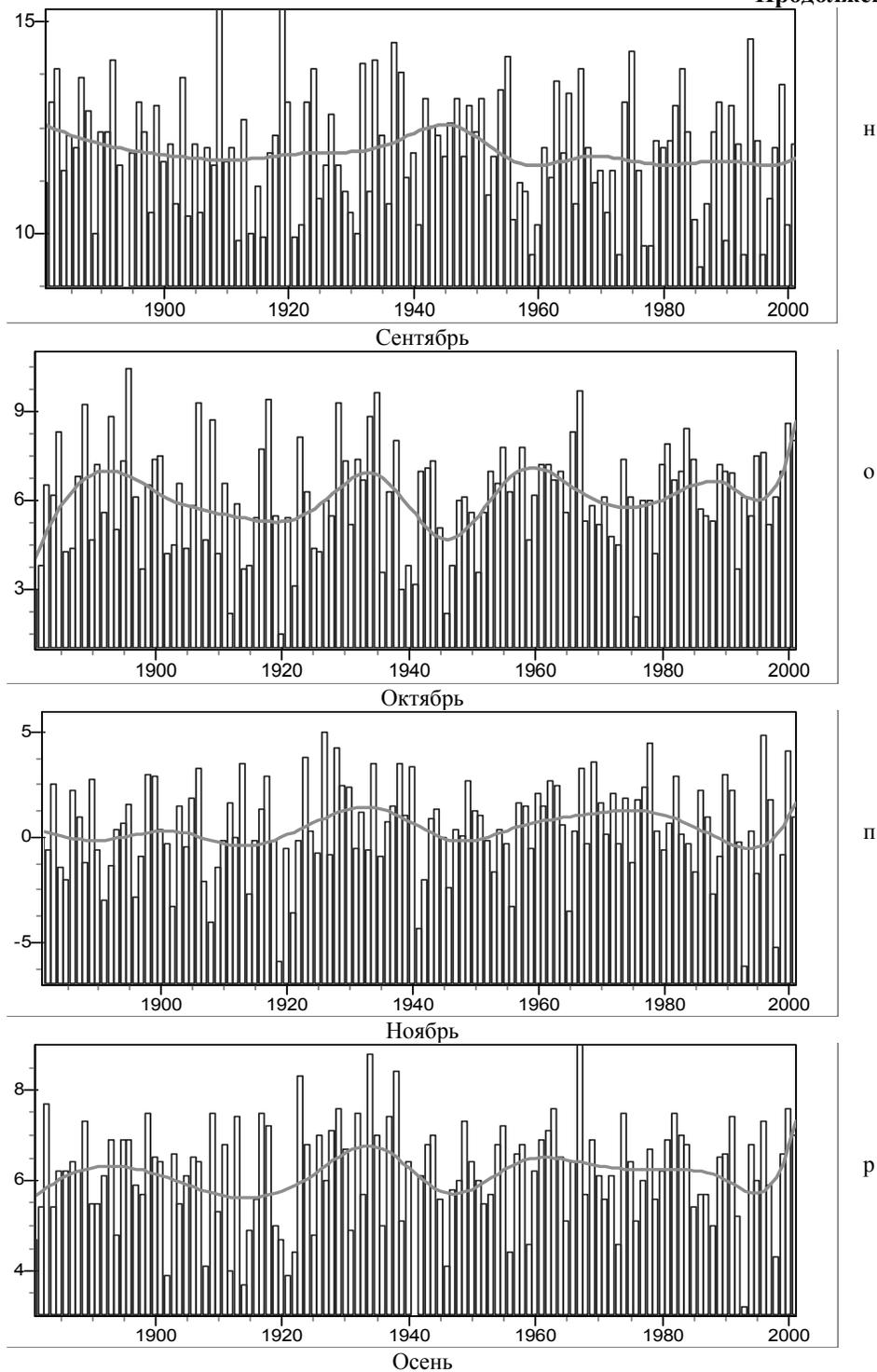


л



м

Лето



Наиболее продолжительное и сильное повышение температуры наблюдалось летом в 20–30-е годы XX столетия. Особенно высокими оказались температуры в 1936–1939 г. в июле и августе. Последняя положительная флюктуация температуры (1997–2002 гг.) в июле соизмерима по амплитуде с положительной флюктуацией температуры этого же месяца года в 1936–1939 гг. Несколько меньшие по продолжительности, но близкие по величине значения температуры летом наблюдались в конце XIX столетия (особенно в июле).

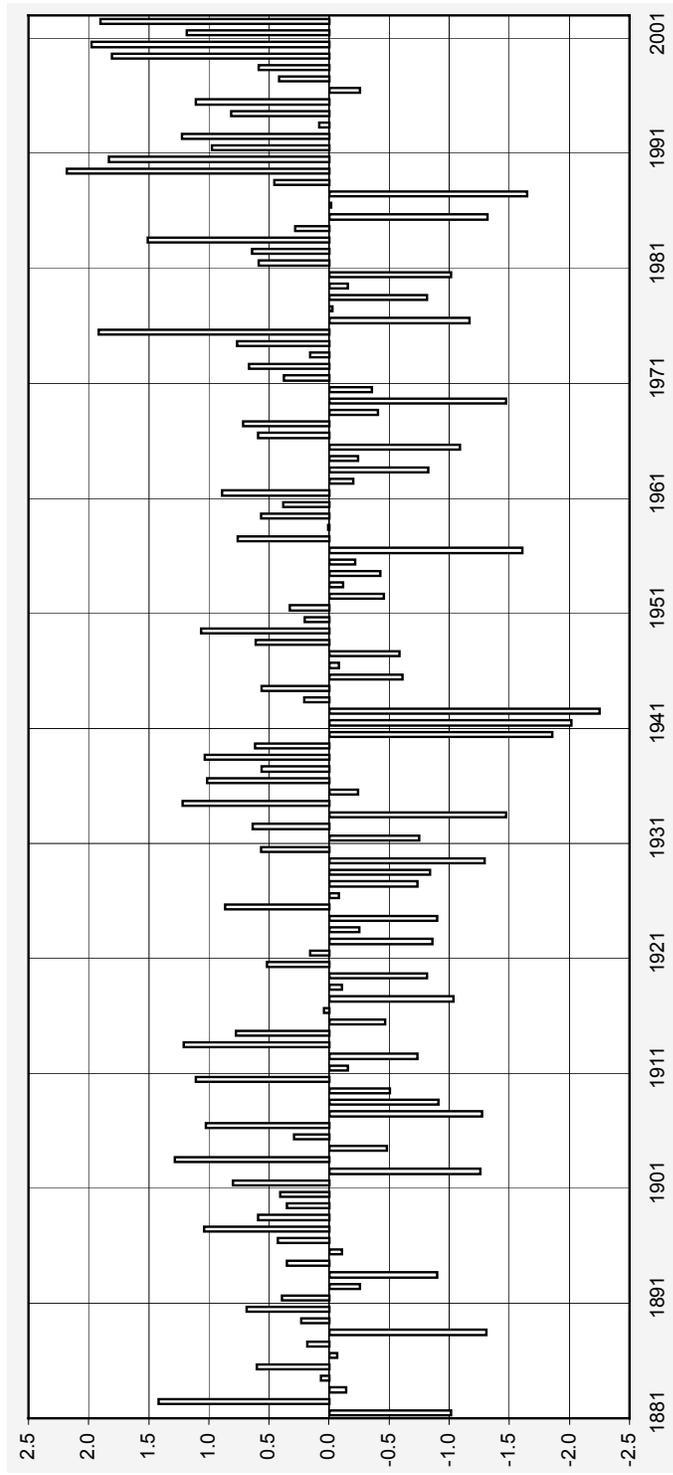


Рис. 2.2. Отклонение средней годовой температуры воздуха от средней многолетней по Республике Беларусь

Осенью наблюдалось слабое понижение температуры с 1960-х до середины 1990-х годов. В последние годы в октябре, ноябре и осенью в целом отмечается небольшой рост температуры. В сентябре каких-либо заметных изменений температуры не зафиксировано (рис. 2.1 н-р).

Отклонения средней годовой температуры воздуха от средней многолетней по Республике Беларусь представлены на рис. 2.2. Из рисунка следует, что начиная с 1988 по 2002 г. температура была выше нормы (исключение составляет 1996 г.). Эта последняя положительная флюктуация температуры была самой мощной за всю историю инструментальных наблюдений. Вероятность случайности двух 7-летних серий положительных аномалий температуры менее 5%. Из 7 самых крупных годовых положительных аномалий температуры ( $\Delta t > 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 5 приходится на последние 14 лет. Потепление 30-х годов XX столетия, если судить по изменению среднегодовых аномалий температур, выражено слабо.

Таким образом, генеральной особенностью изменения температуры является наличие двух наиболее существенных потеплений в последнем столетии. Первое потепление, известное как потепление Арктики, наблюдалось в основном в теплое время года в период с 1910 по 1939 г. Далее последовала мощная отрицательная аномалия температуры в январе-марте 1940–1942 г. Указанные годы были самыми холодными за всю историю инструментальных наблюдений. Среднегодовая аномалия температуры в эти годы составляла около  $-3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в январе и марте 1942 г. – среднемесячная аномалия температуры соответственно составила около  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Текущее потепление наиболее выражено в большинстве месяцев холодного времени года, оно оказалось более мощным, чем предыдущее; в отдельные месяцы холодного периода года температура за 30 лет возросла на несколько градусов. Особенно мощным было потепление в январе месяце (около  $6 \text{ }^\circ\text{C}$  в отдельные годы). За последние 14 лет (1988–2001 гг.) только одна зима была холодной (1996 г.) (рис. 2.1 г). Другие детали изменения климата Беларуси в последние годы следующие.

Важнейшей особенностью изменения климата Беларуси является изменение годового хода температуры (I–IV месяцы) в 1988–2001 гг. (рис. 2.3).

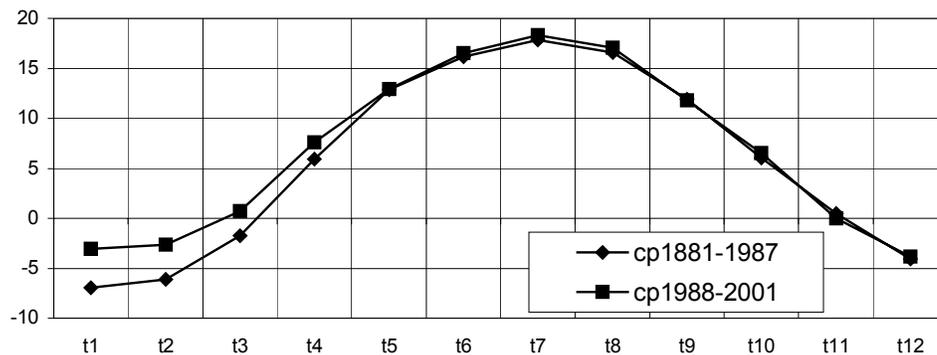


Рис. 2.3. Изменение значений температуры в Беларуси за периоды 1881-1987 и 1988-2001 гг.

Современное потепление началось в 1988 г. и характеризовалось очень теплой зимой в 1989 г., когда температура в январе и феврале была на  $7,0-7,5 \text{ }^\circ\text{C}$  выше нормы. Средняя годовая температура в 1989 г. была самой высокой за всю историю инструментальных

наблюдений. Положительная аномалия среднегодовой температуры составила 2,2 °С. В среднем за период с 1988 по 2002 г. температура была выше нормы на 1,1 °С. Потепление было более выраженным на севере республики, что согласуется с основным выводом численного моделирования температуры, свидетельствующем о большем повышении температуры в высоких широтах.

В изменении температуры Беларуси в последние несколько лет наметилась тенденция к повышению температуры не только в холодное время, но и летом, особенно во вторую половину лета. Очень теплым оказались 1999, 2000 и 2002 гг. Если учесть, что среднеквадратическое отклонение температуры зимой почти в 2,5 раза выше, чем летом, то нормированные на среднеквадратические отклонения аномалии температуры в июле и августе приближаются по величине к зимним. Однако особенно теплыми были июль 1936 г. и август 1938–1939 гг. В переходные сезоны года имеются несколько месяцев (май, октябрь, ноябрь), когда наблюдалось небольшое снижение температуры (около 0,5 °С). Наиболее яркой особенностью изменения температуры в Беларуси является максимальное повышение температуры в январе и, как следствие, смещение ядра зимы на декабрь, а иногда и конец ноября. Зимой (2002/2003 гг.) температура декабря была существенно ниже нормы, т. е. сохранилась указанная особенность изменения температуры зимних месяцев.

Положительные аномалии марта и апреля приводили к раннему сходу снежного покрова и переходу температуры через 0° в среднем на две недели раньше. В отдельные годы переход температуры через 0° в самые теплые годы (1989, 1990 и 2002) наблюдался еще в январе.

Изменение осадков на территории Республики Беларусь отличается большой пестротой не только в пространстве, но и во времени.

В связи с этим, анализ осадков был выполнен отдельно для северного, центрального и южного регионов.

Указанные регионы выбраны с учетом границ агроклиматических областей. В целях экономии места приведены значения осадков для холодного и теплого периодов года каждого из районов (рис. 2.4, 2.5 и 2.6), а описание изменения осадков представлено с большей детальностью.

Наибольшее количество осадков в северной, центральной и южной части Беларуси выпадало в подавляющем числе месяцев года зимой, весной в период с 1893 по 1918 г.; летом и осенью максимум осадков сместился на 20–30-е годы XX столетия в северной и центральной части Беларуси, в южной и центральной части непродолжительный вторичный максимум осадков наблюдался в большинстве месяцев в начале 90-х годов XIX столетия.

В последние 25–30 лет отмечался рост осадков в зимнее время года. Этот рост особенно выражен в северной и центральной части республики в феврале. В южной части республики зарегистрировано небольшое падение осадков зимой с середины 60-х годов до середины 90-х годов XX столетия. В феврале минимум осадков отмечался в 80-е годы XX столетия на всей территории страны.

Весной в северной и центральной части Беларуси наблюдается падение осадков, начиная с 1910-х до середины 80-х годов XX столетия, на юге падение осадков прерывалось небольшой положительной флюктуацией осадков в конце 1960-х годов. В 1990-е годы также отмечался небольшой рост осадков, сменившийся их падением в последние годы.

Характер изменения осадков в летнее время года отличается большой

пространственной неоднородностью. В августе наблюдается резкое падение осадков на всей территории Беларуси с конца 1950-х годов. На фоне этого понижения осадков отмечается слабая и непродолжительная положительная флюктуация осадков в конце 1980-х годов. Флюктуация особенно выражена на севере страны. В июне наблюдается незначительный рост осадков в конце 1980-х, сменившийся падением осадков в последние 10–15 лет. В июле отмечается две положительные флюктуации осадков (1970-е и 1990-е годы).

Минимум осадков в июле на юге страны приходится на конец 1980-х – начало 1990-х годов. В 2001-2002 гг. количество выпавших осадков было ниже нормы особенно на востоке страны.

Осенью наблюдается падение осадков в последнее десятилетие. Предыдущий минимум осадков отмечался в 1980-е годы в октябре и ноябре. Продолжительный рост осадков (1965–1995 гг.) отмечался в сентябре.

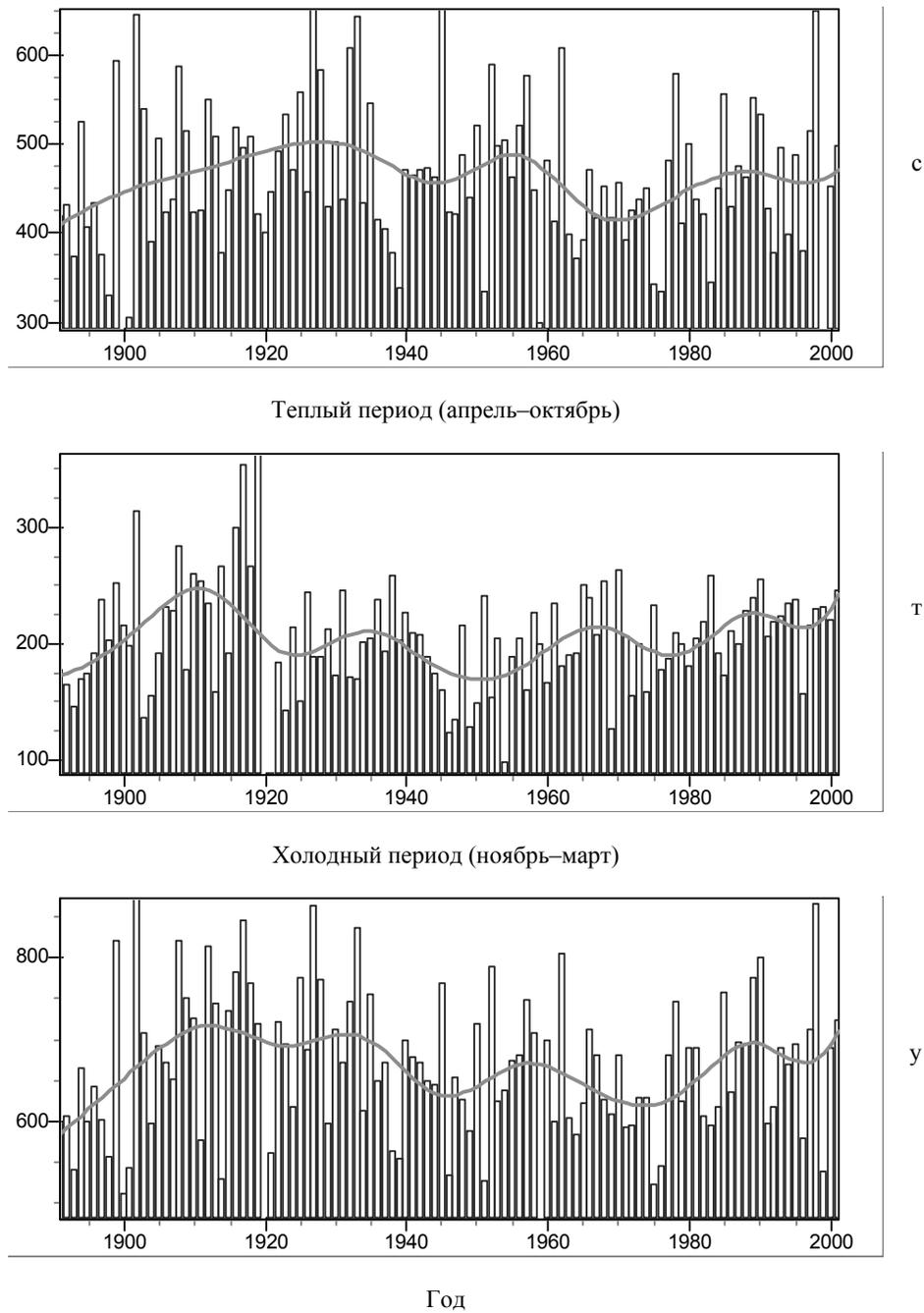
Анализ осадков за теплое и холодное полугодие, а также год в целом, показывает падение среднегодовых осадков в период с 1950 по 1990 г. по сравнению с периодом 1891–1935 гг. на юге страны на величину около 60 мм. Уменьшение осадков на севере страны менее выражено и закончилось в середине 1970-х годов. Асинхронность в изменении среднегодовых осадков на севере и юге страны отмечалось с 1891 по 1910 г., когда высокие значения выпадающих осадков отмечались на юге, а низкие – на севере. Второй раз асинхронность в изменении осадков на севере и юге наблюдались в 1970–1980-е годы, т. е. через 80 лет. Определенная асинхронность осадков, выпадающих на севере и юге, выражена меньше в изменении осадков теплого полугодия. В холодное время года отмечается скорое синхронное изменение осадков на севере и юге до середины 1960-х годов. В последние 20–25 лет на севере выпадало осадков выше нормы, а на юге – ниже нормы. Исключение составляют последние 5 лет, когда в среднем на юге и севере выпадало около нормы осадков.

Количество выпадающих осадков в центральной части Республики Беларусь теснее скоррелировано с количеством выпадающих осадков на юге страны. Исключение составляют период с 1891 по 1910 г., когда изменение осадков на юге лучше согласуется с изменением осадков на севере.

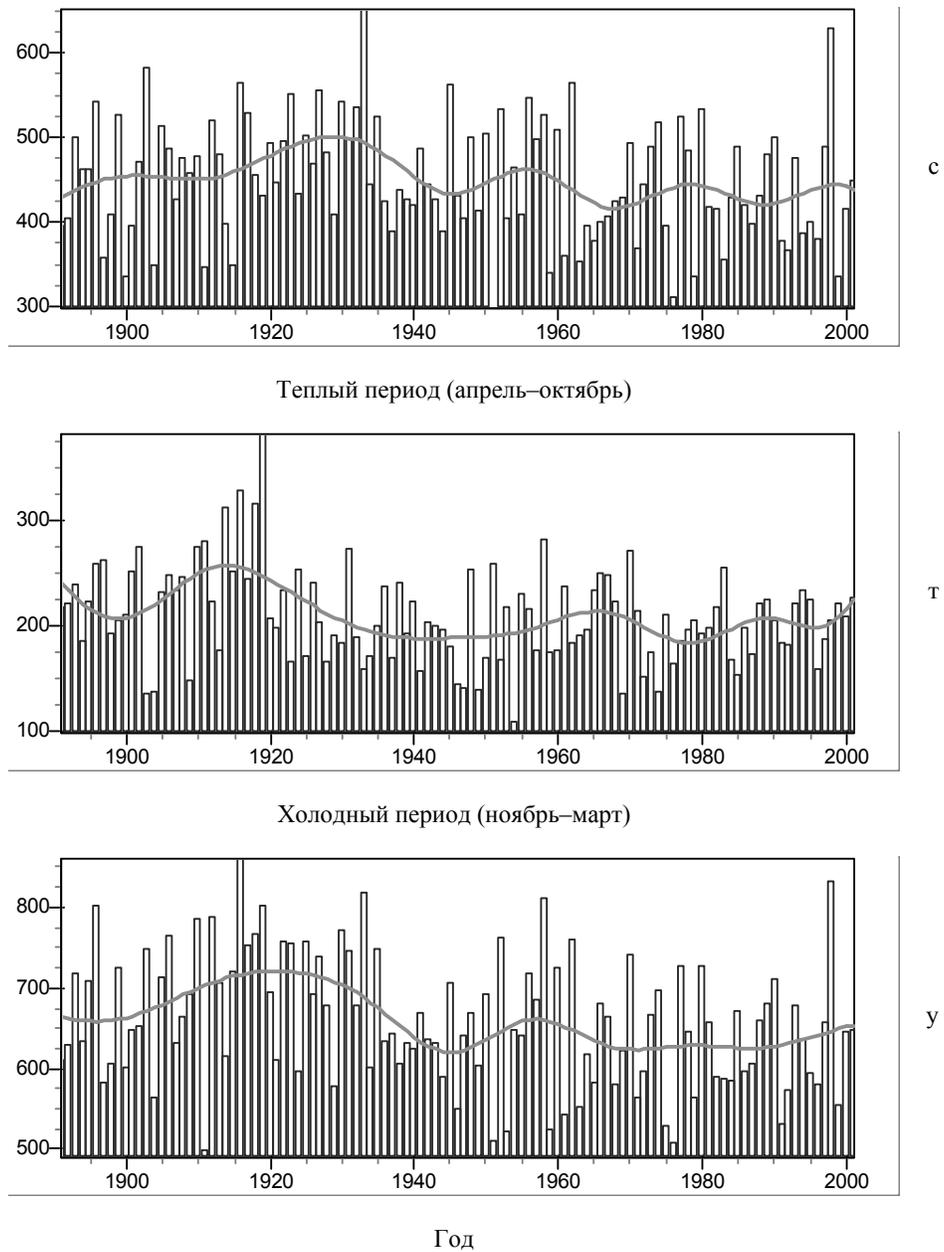
Анализ разностей осадков на метеорологических станциях, расположенных в западной (западнее 28° меридиана в.д) и в восточной части страны, показал, что последние 50–60 лет больше осадков выпадало в западной части страны в холодное время года; противоположная ситуация отмечалась в конце XIX – первой трети XX столетия, когда больше осадков выпадало на востоке страны. В теплый период года больше осадков выпадало в 40–80-е годы XX столетия в западной части. Ситуация была противоположной в конце XIX столетия – первой трети XX столетия и в 90-х годах XX столетия, когда больше осадков выпало в восточной части страны. В среднем величины разностей осадков составляют  $\pm 25$  мм в месяц, хотя в отдельные годы они превышают указанную величину в 2–3 раза.

Эти особенности в изменении разностей осадков в западной и восточной части страны наиболее четко выражены зимой и осенью, особенно в ноябре. Такой характер изменения разностей осадков в западной и восточной части Беларуси связан с изменением географического положения высотных гребней и ложбин и соответственно форм атмосферной циркуляции. Известно, что под восточными частями высотных гребней и западными частями ложбин у поверхности Земли формируются области положительных аномалий давления, отрицательных аномалий температуры и дефицита осадков. В восточной

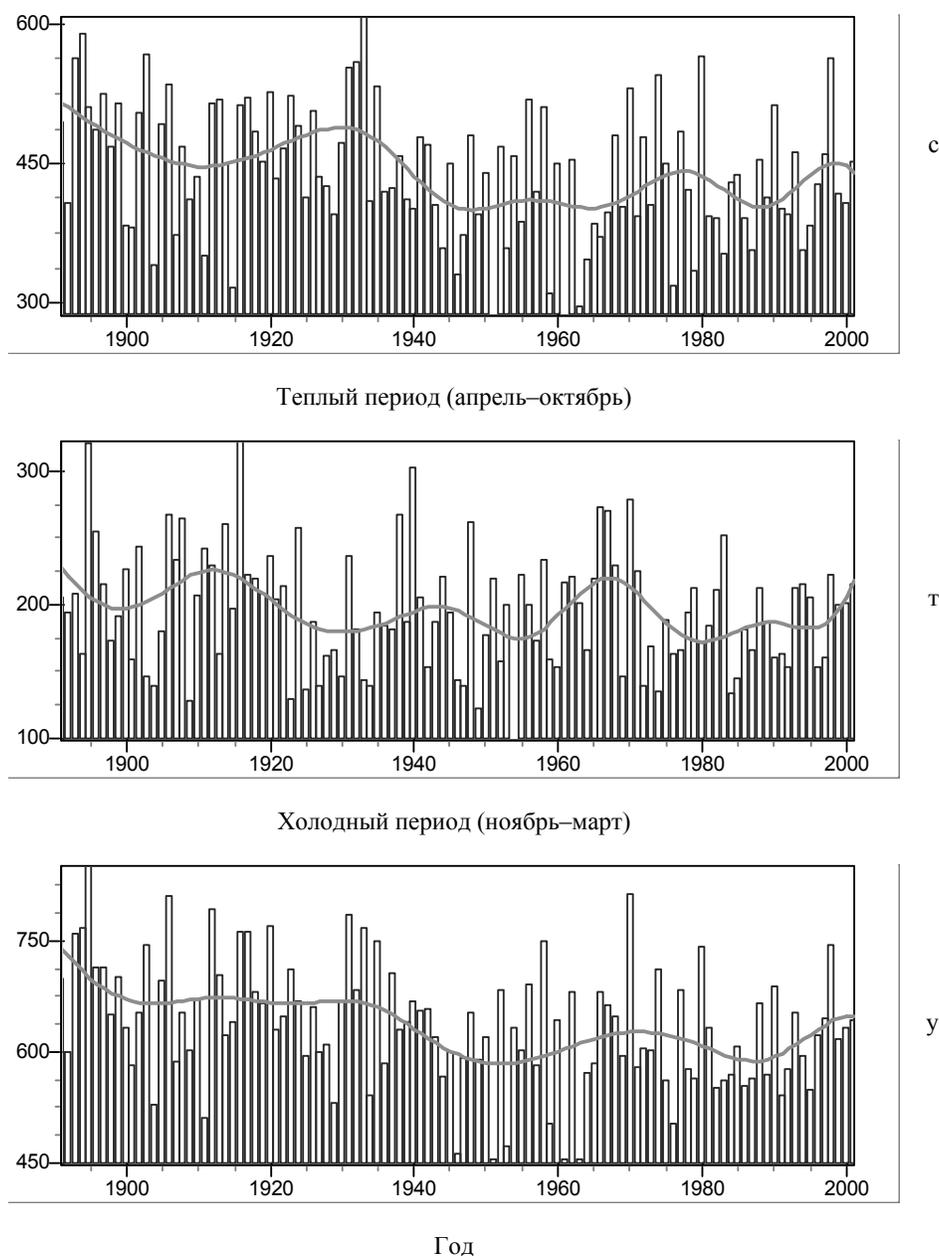
части Беларуси выпадало больше осадков по сравнению с западной в годы наибольшего развития западной формы циркуляции атмосферы по Г. Я. Вангенгейму (1891–1928 гг.).



**Рис. 2.4.** Изменение осадков в теплый и холодный период года для северного района



**Рис. 2.5.** Изменение осадков в теплый и холодный период года для центрального региона



**Рис. 2.6. Изменение осадков в теплый и холодный период года для южного региона**

В это время западная часть ложбины чаще была расположена над восточной частью Беларуси, что и обеспечивало в этом районе дефицит осадков. В послевоенное время наибольшее развитие получили восточная и меридиональная форма циркуляции по Г. Я. Вангенгейму.

Таким образом, изменение осадков на территории Беларуси отличается большей пространственно-временной изменчивостью по сравнению с температурой. Генеральной особенностью изменения осадков является понижение их количества в послевоенное время по сравнению с довоенным. Особенно сильные различия осадков наблюдались для периода с 1905 по 1935 г., когда осадков выпадало на 60–70 мм больше по сравнению с периодом

1950–2002 гг. Среднегодовые суммы осадков в период современного потепления существенно не изменились, но значения среднемесячных сумм осадков в августе, апреле и мае несколько уменьшились, а в июне и сентябре – несколько увеличились. Пространственные особенности изменения осадков за последние 20–30 лет заключаются:

- в росте выпадающих осадков на севере республики зимой и в отдельные месяцы теплого времени года (июнь и сентябрь);
- в падении осадков в южной и центральной части Беларуси и особенно в Брестской, на юге Минской и юго-востоке Гомельской областей. В последней расширились территории, где количество выпадающих осадков стало меньше 600 мм (Брагин).

В последние годы отмечается также бóльшая пространственная неоднородность выпадающих осадков, чем это было раньше. Появились новые районы, где среднегодовое количество осадков превысило 700 мм. Это северные районы Витебской области, а также Житковичский район.

Характер изменения осадков в теплое время года претерпел изменения. Разность осадков в первую (май-июнь) и вторую (июль-август) половину теплого периода имеет положительный тренд, связанный в большей мере с уменьшением осадков во вторую половину летнего периода после интенсивной мелиорации Полесья. Эти результаты не противоречат установленному экспериментальному факту увеличения суммарного испарения и влажности воздуха на болотах, интенсивно освоенных под посевы сельскохозяйственных культур, особенно в первой половине лета; после уборки урожая на освоенном болоте воздух становится более теплым и сухим. Увеличение засух во второй половине лета также подтверждает установленную особенность изменения осадков и температуры после интенсивной мелиорации в южной части Беларуси, сопредельных районах Украины и Польши.

Обнаружены также местные особенности в изменении осадков. На ст. Житковичи, например, в год выпадает на 40–50 мм осадков больше, чем на ст. Лельчицы и Полесская, что, вероятно, связано с особенностями подстилающей поверхности в рассмотренном районе, а именно наличием крупного оз. Червоное, которое несколько увеличивает роль местного испарения в общем влагообороте.

Таким образом, за период инструментальных наблюдений произошли существенные изменения осадков внутри года и за отдельные годы. Это особенно заметно в августе, когда месячные значения осадков уменьшились на одну пятую часть. Стали наблюдаться большие недоборы осадков в апреле-мае и рост выпадающих осадков в феврале, июне и сентябре в последние годы. Отмечались исключительно влажные годы (1998 г, первая половина лета 1991 г. и вторая половина лета 1993 г. и др.). Возросла флюктуируемость осадков в июле за последнее десятилетие.

### ***Сценарии изменения глобального климата и климата Беларуси***

Изменения глобального климата есть совокупность его региональных изменений различных временных и пространственных масштабов. В связи с этим разработка прогнозов (сценариев) изменения климата в конкретном районе должна осуществляться с учетом глобальных изменений и в связи с макропроцессами на всем земном шаре.

Причины изменения регионального климата одновременно и глобальны, и региональны по масштабу. В связи с этим диагноз и прогноз изменения климата Беларуси должны осу-

ществляться в контексте глобальных изменений в атмосфере, гидросфере, криосфере, литосфере и биосфере. Поэтому остановимся коротко на возможных сценариях изменения глобального климата, подготовленных группой ученых под эгидой ВМО и ЮНЕП [17].

Современные многочисленные модельные оценки [17] показывают увеличение глобальной температуры на 1,4–5,8° за период с 1990 по 2100 г. Прогнозируемая скорость увеличения температуры будет выше, чем в XX столетии и за последнюю тысячу лет. Антропогенное потепление будет находиться в интервале 0,1–0,2 °С за десятилетие. Потепление в континентальных районах будет более быстрым, особенно в высоких широтах и в холодные сезоны года. Потепление в северной части Северной Америки, северной и центральной Азии превысит среднее глобальное потепление более чем на 40%. Напротив, потепление будет меньше, чем среднее глобальное, в южной и юго-восточной Азии летом и на юге Южной Америки зимой.

Потепление в восточной части тропиков Тихого океана прогнозируется более интенсивным, чем в западной части тропиков Тихого океана. Это, вероятно, связано с явлением "Эль-Ниньо-Южное колебание".

Прогнозируется повышение влажности воздуха и атмосферных осадков в XXI столетии. Ко второй половине XXI столетия увеличение осадков произойдет в средних и высоких широтах Северного полушария и в Антарктиде зимой. В низких широтах в континентальных районах может отмечаться как увеличение, так и уменьшение осадков.

Оценки изменения экстремальных климатических явлений в XXI столетии менее определенные. Более вероятно увеличение повторяемости экстремальных температур и жарких дней в континентальных районах, повышение минимальных температур, уменьшение числа холодных и морозных дней, уменьшение суточного хода температуры над большей частью континентальных районов. В континентальных районах средних широт может возрасти количество сухих дней и увеличится повторяемость засух. Имеется меньшая вероятность увеличения повторяемости и интенсивности тропических циклонов, усиления скорости ветра и атмосферных осадков в некоторых тропических районах.

Нет достаточной ясности относительно повторяемости, амплитуды и пространственных особенностей Эль-Ниньо, но, очевидно, количество засух и наводнений, связанных с этим глобальным явлением, увеличится во многих районах.

Более вероятно увеличение изменчивости летних осадков, связанных с азиатским муссоном. Прогнозируемое изменение продолжительности и интенсивности муссонов определяется используемым при прогнозе эмиссионным сценарием.

В XXI столетии площадь снежного и ледового покрытия в Северном полушарии будет уменьшаться, а ледники будут отступать. Полной ясности относительно динамики Антарктического и Гренландского ледовых щитов в XXI столетии нет.

Уровень Мирового океана будет повышаться, и это повышение с 1990 до 2100 г. составит, по разным оценкам, от 0,09 до 0,88 м. Это произойдет в результате термического расширения воды, таяния ледников и ледовых щитов.

Антропогенное изменение климата будет сохраняться в течение многих десятилетий, а возможно, и нескольких столетий, поскольку время жизни парниковых газов составляет много десятков и даже несколько сотен лет. Увеличение температуры и подъем уровня океана будут также продолжаться несколько сотен лет после стабилизации концентрации парниковых газов из-за большой термической инерционности глубоководных слоев

Мирового океана. Ледовые щиты и уровень Мирового океана будут реагировать на потепление климата еще в течение нескольких тысяч лет после его стабилизации. Естественно, что после стабилизации концентрации парниковых газов средняя скорость роста глобальной температуры будет уменьшаться.

Существенный разброс оценок изменения климата в XXI столетии свидетельствует о том, что наше понимание механизмов и факторов изменения климата не является исчерпывающим [2, 15, 18]. Дальнейшее развитие исследований, включение в модели не учитываемых или плохо учитываемых естественных и антропогенных климатообразующих процессов, а также физических и биогеохимических обратных связей в климатической системе, разработка более обоснованных эмиссионных сценариев, создание более совершенных математических климатических моделей для прогнозирования изменчивости климата, региональных климатических изменений и экстремальных явлений позволят существенно уменьшить разброс прогнозируемых изменений климата и их последствий. Не менее важным представляется дальнейшее усовершенствование системы управления климатическими данными, включая сбор, обработку, контроль, хранение и распространение косвенных данных об изменении климата, о содержании в атмосфере парниковых газов и аэрозолей, об изменении свойств подстилающей поверхности, солнечной и геомагнитной активности и др.

При прогнозировании чаще всего используются статистические схемы прогнозирования. В качестве предикторов в таких схемах обычно используют предикторы, имеющие большую "память". Основным механизмом, ответственным за долгопериодные климатические аномалии, определяется взаимодействием системы "океан-атмосфера". В этой системе возникают автоколебания. Последние могут модулироваться внешними периодическими или квазипериодическими источниками, такими, например, как солнечная активность, вулканическая деятельность и др.

В последние годы одним из основных предикторов стала считаться антропогенная деятельность, которая приводит к изменению газового и аэрозольного состава атмосферы, а также свойств подстилающей поверхности. Она ответственна за трендовые составляющие в изменении климата.

Одной из важнейших задач при разработке прогнозов (сценариев) климата является оценка соотношения детерминированной и случайной компонент в изменении климата. Природные процессы можно представить в виде суммы детерминированной и случайной функций.

В настоящее время предел предсказуемости атмосферных процессов определяется на основе "мгновенного" состояния атмосферы как промежутка времени, в течение которого прогноз индивидуальных процессов обеспечивает дополнительную информацию сверх той, которую дает их статистическое описание [11]. Это максимальный период упреждения, оцениваемый в 3–4 недели, при котором дисперсия ошибки прогноза становится равной среднеквадратической дисперсии прогнозируемой характеристики. Предел предсказуемости определяют процессы, вызывающие изменчивость климата.

Предел предсказуемости климатической системы можно увеличить путем использования осредненных данных, а также использованием закономерностей последовательного развития макропроцессов, учета сопряженности атмосферных процессов, характера взаимодействия океана и атмосферы, различного рода цикличностей в атмо-

сферных процессах и явлениях, связанных с влиянием внешних факторов [7]. Для длительных периодов времени большое значение придается притокам тепла от внешних источников, вызывающих граничное возбуждение атмосферы.

Опишем два подхода к разработке сценариев климата будущего: территориальные и временные аналоги, а также компьютерные оценки.

В качестве территориальных аналогов для региона (страны в целом) взяты, с одной стороны, европейская часть России, с другой – Польша; для анализа внутренних различий в сценариях потепления в качестве аналога для северной части страны – Прибалтика, для южной – Украинское Полесье. Следует иметь в виду, что умозаключения по аналогии относятся к классу правдоподобных.

Как отмечалось выше, согласно оценкам, в ближайшие 20–50 лет прогнозируется перестройка глобального климата в сторону потепления. При этом в ближайшие 10–15 лет прогнозируется переходный период, в течение которого на фоне общего потепления резко возрастут внутригодовые (межсезонные) и межгодовые колебания температуры и осадков, т. е. аномальные сильные морозы зимой на фоне аномально жаркого лета при крайне неустойчивой погоде зимой и осенью. Для Северного полушария наиболее вероятные оценки потепления составляют 3,0–5,0 °С, т.е. они являются более высокими, чем оценки глобального потепления. Именно этими величинами руководствовался П. М. Хомяков в своих модельных оценках влияния потепления климата на хозяйство России. Он отмечает, что наблюдаемое потепление не является продолжительным и происходит на фоне глобального похолодания, связанного с изменениями орбитальных параметров Земли, которое переломит нынешнюю тенденцию, однако в кратко- и среднесрочной перспективе вопрос о похолодании, как неактуальном, им не рассматривался [16].

Метод палеоаналогов разработан российскими учеными и основан на выборе палеоклиматических аналогов для сценарных значений изменения температуры (табл. 2.1) [12]. Он использован для выявления последствий изменения климата на хозяйство России. Показано, что наряду с отрицательными аспектами в ряде регионов будет наблюдаться улучшение климатических условий для сельскохозяйственного производства и других видов деятельности.

Таблица 2.1

Палеоклиматические аналоги сценарных значений

Палеоклимат	Аналог (год)	Изменение температуры, °С	Концентрация CO <sub>2</sub> , млн. т <sup>-1</sup>	
			в прошлом	предполагаемая
Оптимум голоцена	2000	+1	280	380
Межледниковье	2025	+2	280	420
Плиоцен	2050	+4	500–600	560

Для прогноза запасов влаги в почвах Восточной Европы [1] рассматриваются два сценария потепления, которые основаны на палеоаналогах. В качестве сценария повышения среднеглобальной температуры на +1,0 °С авторы рассматривают условия оптимума голоцена, а потепления на +2 °С – оптимум последнего микулинского (муравинского) межледниковья. Для атмосферных осадков в эти периоды характерна тенденция к некоторому увеличению. Так, для микулинского межледниковья на широте Беларуси оно не превышало 50 мм.

При разработке мероприятий по адаптации экономики Польши к возможным изменениям климата с использованием моделей общей циркуляции атмосферы GISS и GFDL (США) разработаны 4 сценария, которые могут обуславливать развитие сельского хозяйства до 2030 г. (табл. 2.2) [20].

Таблица 2.2

## Возможные сценарии изменения климата (Польша)

<p>I. <i>Теплый и влажный климат</i>            Рост осадков <math>\approx</math> на 20% (до 700 мм)            Рост температуры <math>\approx</math> на 2 °С            Концентрация CO<sub>2</sub> – 450 млн. т<sup>-1</sup></p>	<p>III. <i>Теплый и сухой климат</i>            Уменьшение осадков <math>\approx</math> на 20% (до 450 мм)            Уменьшение температуры <math>\approx</math> на 2 °С            Концентрация CO<sub>2</sub> – 450 млн. т<sup>-1</sup></p>
<p>II. <i>Очень теплый и влажный климат</i>            Возрастание осадков <math>\approx</math> на 20% (до 700 мм)            Возрастание температуры <math>\approx</math> на 2 °С            Концентрация CO<sub>2</sub> – 600 млн. т<sup>-1</sup></p>	<p>IV. <i>Очень теплый и сухой климат</i>            Уменьшение осадков <math>\approx</math> на 20% (до 450 мм)            Возрастание температуры <math>\approx</math> на 2 °С            Концентрация CO<sub>2</sub> – 600 млн. т<sup>-1</sup></p>

Из вычислительных методов, используемых при разработке прогнозов (сценариев) глобального и регионального климата, можно выделить составление статистических и динамических моделей. Среди статистических подходов наиболее простым является метод экстраполяции временных рядов. Успех прогнозирования, основанный на экстраполяции временных рядов, определяется стационарностью ряда и величиной квазипериодической вариации, которая определяется внешними и внутренними факторами. Привлекательность метода экстраполяции периодичностей (цикличностей) состоит в том, что он позволяет предсказать климат с большой заблаговременностью. Хотя метод и не выделяет годы экстремальных климатических явлений, но он позволяет предвидеть систематические тенденции изменения климата. Доступность информации в данный момент не является критическим ограничением для таких прогнозов. В последние годы теоретические и эмпирические периодичности обнаружены в многочисленных работах, и хотя вклад этих периодичностей в общую изменчивость климатических характеристик не очень велик, использование их в сверхдолгосрочных прогнозах имеет под собой определенную физическую основу.

Более высокую степень оправданности прогнозов можно получить, если гидрометеорологические элементы рассчитываются как средние по территории, а не для отдельных станций. При этом успешность снижается по мере увеличения периода экстраполяции, поскольку со временем связи прошлого с будущим постепенно размываются за счет включения новых факторов или изменения характера их действия.

Как показывают исследования амплитуда выделенных циклов невелика и меняется во времени, что не позволяет рассчитывать на успех при прогнозировании температуры с использованием известных спектральных методов, методов периодограмм, методов максимальной энтропии [9].

Поиски модулирующей функции, которая описывает изменение амплитуды циклов, не привели к определенным результатам.

Использование методов множественной корреляции позволило построить уравнение для прогнозирования температуры Беларуси и получить оправдываемость прогнозов температуры несколько выше случайных при использовании выявленных предикторов.

Прогноз климата Беларуси, разработанный с помощью линейной экстраполяции, должен постоянно уточняться. Такой антропогенный фактор климата, как парниковые газы, обеспечивающие восходящий тренд температуры за последние десятилетия, не является единственным. Восходящий тренд температуры может быть трансформирован за счет непрерывного роста содержания в атмосфере аэрозоля антропогенного происхождения, а также короткопериодного, но зачастую мощного выброса (или выбросов) в атмосферу аэрозоля естественного (вулканического) происхождения. Надо учитывать также изменение притока радиации за счет солнечной активности, наличие векового и других циклов, которые установлены в многочисленных работах [3, 4, 5, 14, 18, 21]. Это обстоятельство не позволяет рассчитывать на высокую оправдываемость экстраполяционных прогнозов климата.

Предметом дискуссии служат результаты моделирования климата в масштабах времени от десятилетий до столетия с помощью моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА).

В ряде работ [15] предлагается рассматривать результаты моделирования ОЦА не как прогнозные, а как эвристические, лишь для оценки чувствительности климатической системы к воздействию отдельных возмущающих факторов. Однако, поскольку модели делаются на основании существующего уровня знаний о поведении природных систем, нет оснований отказываться от использования МОЦА для прогнозных оценок климата.

При составлении оценочных прогнозов изменения климатических показателей использовались результаты, предоставляемые Центром распределения данных при Межправительственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК – International Panel on Climate Change, IPCC).

В работе [10] на основе методики, описанной в работах [5], было проведено сравнение результатов нескольких моделей ОЦА с экспериментальными данными по Беларуси за период 1961–1990 гг., выбранный базовым. Оказалось, что модель *HadCM2* (Великобритания) наилучшим образом моделирует данные базового периода, основной вариант внешнего воздействия – совместное увеличение парниковых газов и сульфатных аэрозолей на 0,5% в год. Этот сценарий представляет собой нижнюю границу известного сценария *IS92*, который предполагал диапазон ежегодного изменения от 0,5 до 1,2%. Такой выбор соответствует более поздним уточнениям предполагаемых внешних воздействий. Отметим, что модель *HadCM2* является единственной из представленных МГЭИК, рассматривающей такой "мягкий" вариант эмиссии. Несколько худшие результаты сравнения показывает модель *CSIRO Mk2* (Австралия). Наиболее далеки от реальных данных результаты модели *CGCM1* (Канада).

Сценарные оценки изменения параметров величин осадков и температуры воздуха, полученные авторами по модели *HadCM2* на горизонт «середина XXI столетия», приведены в табл. 2.3 [10].

Путем обработки данных за базовый период установлены регрессионные зависимости различных агроклиматических показателей от среднемесячной температуры. Среди таких показателей – даты устойчивого перехода воздуха через 0°, 5°, 10° и 15 °С весной и осенью, продолжительность периодов с температурой выше этих пределов, а также соответствующие суммы активных температур. Прогнозы, сделанные на период 2010–2039 гг., показывают

увеличение среднегодовой температуры воздуха на 1 °С, при этом среднегодовая дневная температура повышается на 0,92, а ночная – на 1,15 °С. Приращения сумм температур выше 0°, 5° и 10 °С ожидаются примерно одинаковыми и составляют приблизительно 200–220°, приращение сумм для 15 °С значительно выше, причем оно больше в Минске (387 °С), чем в Василевичах (294 °С).

Таблица 2.3

Сценарий возможного изменения средних годовых показателей климата Беларуси на XXI век согласно модели *HadCM2* (Великобритания)

Параметр	Воздействие	Временной срез	
		2010–2039 гг.	2040–2069 гг.
Средняя температура воздуха, °С	ПГ	1,37	2,28
	ПС	0,99	1,84
Максимальная температура воздуха, °С	ПГ	1,31	2,17
	ПС	0,90	1,75
Минимальная температура воздуха, °С	ПГ	1,52	2,51
	ПС	1,13	2,03
Осадки, мм/месяц	ПГ	1,5	2,7
	ПС	1,5	2,1
Давление водяного пара, hPa	ПГ	0,757	1,355
	ПС	0,596	1,040
Скорость ветра, м/с	ПГ	0,06	0,11
	ПС	-0,01	-0,01

Примечание: ПГ – воздействие только парниковых газов;

ПС – совместное воздействие парниковых газов и сульфатных аэрозолей

Таким образом, проведенные численные эксперименты свидетельствуют о большей скорости изменения среднегодовых ночных температур по сравнению с дневными. Этот вывод подкрепляется данными текущих метеорологических наблюдений. Прогнозные оценки агроклиматических показателей следующие: начало периодов с температурой выше 10 °С можно ожидать весной на 3–7 дней раньше, а осенью – на 2–6 дней позже, что обеспечит увеличение продолжительности вегетационного периода почти на две недели в период 2010 – 2039 гг.

## **ЧАСТЬ VI. ОБРАЗОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМИРОВАННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОСТИ**

Научно-технический прогресс позволил создать благоприятные условия для существования людей, но, вместе с тем, породил острейшие глобальные проблемы на Земле, ставящие под вопрос само существование человечества. Одной из глобальных проблем, затрагивающих Республику Беларусь, является проблема изменения климата.

Современное состояние окружающей среды можно охарактеризовать как своеобразный рубеж, когда возникла необходимость новой организации общества, нового мировосприятия. В связи с этим необходимо изменить цели общества – перейти от быстрого роста избыточного потребления, основанного на расточительной экономике, к устойчивому развитию, когда потребности людей должны соизмеряться с экологической емкостью страны, континента и в конечном счете – планеты Земля. Для этого должен измениться тип экологического сознания и мышления. Основной методологической посылкой переориентации экологического сознания является переход от антропоцентризма к экоцентризму и соблюдение условий устойчивого развития.

Способность любого государства создать базу для устойчивого развития зависит от готовности населения и органов государственного управления понять сложный процесс управления хозяйственной деятельностью с учетом требований охраны окружающей среды в условиях изменяющегося климата. Последнее невозможно без системы экологического образования с освещением климатических вопросов, четкими приоритетами и последовательностью их реализации на практике.

Беларусь как центральноевропейский регион имеет свою специфику преломления глобальных экологических проблем. Ее территория подвержена интенсивному антропогенному воздействию, которое выражается в загрязнении атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, деградации растительных и животных биоценозов, загрязнении и эрозии почв. Показатели состояния здоровья в республике значительно хуже, чем в экономически развитых странах.

В Конституции Республики Беларусь (II раздел, ст. 46) записано, что "каждый имеет право на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права" и что "охрана природной среды – долг каждого" (ст. 55). Впервые в Закон Республики Беларусь об образовании включена статья 9 "Образование и экология", которая предусматривает экологизацию учебно-воспитательного процесса на всех ступенях обучения. Это положение получило дальнейшее развитие в "Концепции образования и воспитания в Беларуси", "Концепции воспитания в национальной школе Беларуси", проекте "Концепции экологического образования и воспитания школьников".

Право на получение экологической информации обеспечивается в стране Конституцией Республики Беларусь, в ст. 34 которой записано: "Гражданам Республики Беларусь гарантируется право на получение, хранение и распространение полной достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды".

### **1. Экологическое образование**

Совершенствование образования в области окружающей среды является одним из приоритетных направлений развития национальной системы образования. Экологическое

образование и воспитание основывается на преемственности учебных программ и согласованности уровней подготовки для всех ступеней образовательной системы от дошкольных учреждений до учреждений последипломного образования.

Система экологического образования страны находится в стадии развития. С целью формирования гражданина, сознательно относящегося к окружающей среде и ее проблемам, 14.03.1991 Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 85 утверждена Республиканская программа по образованию в области охраны окружающей среды на 1991 – 1995 гг. В этой первой республиканской программе были сформулированы конкретные задачи каждой из форм системы образования:

- дошкольного, общего среднего образования, внешкольного воспитания и обучения;
- профессионально-технического;
- высшей школы и средне-специальных учебных заведений;
- переподготовки кадров и повышения квалификации.

Целью программы ставилось научить человека принимать экологически грамотные решения в области природопользования. Единый непрерывный процесс включал в себя дошкольное воспитание, образование учащихся школ, подготовку высококвалифицированных рабочих в профессионально-технических училищах, подготовку специалистов в области охраны окружающей среды со средним специальным и высшим образованием, природоохранную подготовку специалистов других профессий, повышение квалификации и переподготовку руководящих работников, специалистов народного хозяйства и педагогических кадров в системе послевузовского образования, подготовку кадров высшей научной квалификации.

Программа своевременно доведена до всех исполнителей, утверждены рабочие планы практических мероприятий, состоялись семинары и различные конференции по проблемам экологического образования и воспитания.

Проблема организации экологического воспитания является сложной, так как она межведомственная и в ее решении должны участвовать многие государственные и общественные, неправительственные организации, учреждения науки. Оно должно охватывать людей всех возрастов на всех ступенях формального и неформального образования. Система образования не может быть решена традиционными способами.

Началом формирования экологической направленности личности по праву можно считать *дошкольное образование*, так как в этот период закладывается фундамент осознанного отношения к окружающей среде. Действующая "Программа воспитания и обучения в детском саду" ограничивает возможности экологического воспитания детей дошкольного возраста и не может обеспечить достаточный уровень формирования у них экологического сознания и экологической культуры. Пришло время идти дальше, подходить к этой проблеме более широко, помня, что сегодняшние дошкольники – это взрослое поколение XXI века, которое будет определять стратегию отношения человека к природе.

Осознавая это, педагогические коллективы многих дошкольных учреждений начали поиск новых подходов к решению задачи экологического воспитания. В республике уже накоплен и обобщен интересный опыт детских садов по данной проблеме. Среди дошкольных учреждений, в которых ведется углубленная, целенаправленная, систематическая работа по экологическому воспитанию детей, можно выделить дошкольные учреждения №№ 491, 535, 393, 282 г. Минска, №№ 35, 36 г. Могилева, № 38 г. Борисова,

№№ 42, 77 г. Витебска, № 3 г. Новолукомля, № 1 г. Докшицы, №№ 23, 27, 30, 50 г. Гродно и др. Некоторые из них работают по своим программам экологического воспитания.

В решении этой сложной проблемы наметились позитивные сдвиги.

Так, разработан и читается курс лекций по экологическому воспитанию дошкольников в институтах повышения квалификации учителей. Огромную помощь педагогам в решении проблем экологического воспитания дошкольников окажет новая, впервые созданная в республике Национальным институтом образования программа экологического воспитания дошкольников (автор – сотрудник лаборатории дошкольного и семейного воспитания А.А.Петрикевич), которая является составной частью национальной программы воспитания и обучения в детском саду "Пралеска" (раздел "Природа и экология"). Стержень программы – идея единства человека и природы.

В настоящее время детские сады испытывают недостаток в специальной литературе по вопросам экологического воспитания дошкольников. Одним из наиболее доступных источников, откуда они черпают сведения по данной проблеме, является пока что журнал "Пралеска", в котором выделена специальная рубрика "Экалагічная сцяжынка".

Еще более высокий уровень экологической грамотности детей и юношества должна обеспечить *общеобразовательная школа*. Общее среднее образование в области окружающей среды представляет собой процесс овладения общенаучными сведениями о природе, обществе и человеке, формирования творческой, нравственной, психически и физически здоровой личности. Формирование знаний об окружающей среде, навыков грамотного и ответственного отношения к природе, воспитание высокой общей и в том числе экологической культуры – приоритетная задача современной школы. Общее среднее образование осуществляется на трех уровнях: начальном, базовом и среднем.

В общеобразовательной школе важна экологизация всех без исключения изучаемых предметов, возможно изучение спецкурсов различных уровней сложности, сотрудничество с промышленными предприятиями, экологическими государственными, научными и общественными организациями.

До последнего времени программами средней школы по биологии предусмотрено изучение экологических аспектов в таких курсах, как ботаника (6 – 7 классы), зоология (7 – 8 классы), человек и его здоровье (9 класс), общая биология (10 класс). На профильном и углубленном уровнях выделена тема "Основы экологии и охраны природы", которую изучают в 10 классе. Используя часы школьного компонента, учителя пользуются программами факультативных курсов и курсов по выбору, таких, как "Охрана природы", "Общество и природа", "Основы экологии и охрана природы", "Здоровье человека и окружающая среда", "Техника и окружающая среда" и др., а также межпредметных курсов по химии, географии, физике. Предусмотрена система экологического образования и воспитания, начиная с первого класса, в связи с переходом на новое содержание образования.

С 1996/97 учебного года начался поэтапный переход на новое содержание биологического образования с введением курса "Вселенная". Планируется введение специального предмета "Экология" в 10–11 классах (профильный и углубленный уровень, 2 часа в неделю).

Наметилась тенденция к открытию профильных классов в лицеях и гимназиях республики (химико-биологический, естественно-географический), где большое внимание

уделяется экологизации всего учебно-воспитательного процесса. Примером служит экологическая гимназия в г. Барановичи, политехническая гимназия № 1 г. Минска, а также школы №№ 84, 65, 144 г. Минска и др. Создан Домжерицкий экологический лицей в Лепельском районе. Ряд базовых и средних школ взяли курс на экологизацию всего учебно-воспитательного процесса. Среди них Борковская и Ореховская средние школы Брестской области, Прошковская средняя школа Витебской области, Бабичская средняя школа Гомельской области и многие другие.

Кроме того, отдельные регионы республики берут на себя инициативу разработки "Комплексных программ непрерывного экологического образования и воспитания детей дошкольного и школьного возраста". Примером такой программы может служить программа, подготовленная в 1996 г. большим творческим коллективом учителей и преподавателей ВУЗов г. Гродно, которая основана на принципе преемственности экологического воспитания дошкольников и учащихся начальных, средних и старших классов.

В Гомельской области также разработана региональная программа экологического образования и воспитания учащихся на 1997 – 2000 гг., которая является межведомственным документом, имеющим силу нормативного акта на территории области.

В настоящее время работа по экологическому образованию, воспитанию и просвещению учащихся молодежи проводится на основе Концепции образования и Республиканской программы совершенствования образования в области охраны окружающей среды, одобренных постановлением коллегии Министерства образования от 21 апреля 1999 г. № 12/362 и постановлением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 19 марта 1999 г. № 31.

Существуют отдельные программы курса экологии для гимназий, которые разработаны учеными-практиками, преподавателями ВУЗов и школьными учителями. Примером такой программы является программа для гимназических классов, разработанная политехнической гимназией г. Минска и кафедрой экологии Белорусского национального технического университета (С.Г. Шевцова, Г.Г. Парфенова, М.Ю. Калинин).

В республике насчитывается 126 учреждений, обеспечивающих экологический профиль и получение общего среднего образования. Действуют 25 центров экологического и натуралистическо-биологического направлений, 45 музеев природы и 37 микрозаказников. Несмотря на очевидные сдвиги в постановке образования в области окружающей среды на уровне дошкольных и школьных учреждений, слабым местом является недостаточная координация работы на республиканском уровне, дефицит преподавателей, низкий уровень обеспечения учебниками, методическими пособиями, информационными материалами по природоохранной тематике и вопросам влияния изменения климата на экономику и природные экосистемы.

Экологическое образование является в настоящее время приоритетным направлением в проблеме обновления всех общеобразовательных систем, и именно поэтому ставится вопрос о создании системы непрерывного экологического образования: семейного, школьного, среднего специального, высшего, послевузовского повышения квалификации и переподготовки кадров, а также пропаганды экологических знаний среди населения. Определенная роль в этом принадлежит *внешкольным учреждениям* экологи-

натуралистического профиля. Кроме того, работают натуралистические объединения в других внешкольных учреждениях.

Эколого-натуралистической работой в системе внешкольных учреждений охвачено около 30 тысяч учащихся. Вопросы экологии широко рассматриваются также в центрах технического творчества и туризма. Образование во внешкольных учреждениях существенно дополняет и компенсирует недостатки школьного базового образования по всем направлениям, особенно в области экологии (не случайно их все более называют центрами образования). Работу внешкольных учреждений республики в этом направлении координирует учреждение образования «Республиканский экологический центр детей и юношества». Сложилась определенная система экологического образования и воспитания учащихся, главная цель которой – формирование экологического мышления и экологической культуры подрастающего поколения.

Детские научные коллективы работают при всех областных внешкольных учреждениях, к руководству ими привлечены ученые вузов и научных учреждений, на базе которых нередко ведется внешкольная экспериментальная работа. Итоги ее ежегодно подводятся на республиканских конференциях и конкурсах творческих работ, победители которых участвуют в Международной экологической олимпиаде в Турции и регулярно становятся ее призерами. С 1992 г. представители нашей республики участвуют в Международных олимпиадах школьников по биологии. За это время нашими учениками завоевано 7 золотых, 20 серебряных и 11 бронзовых медалей. Опыт участия в международной олимпиаде показал, однако, что материально-техническая база учреждений, где проводят исследования и эксперименты, очень слабая. В последние годы практически не развивается сеть научных обществ учащихся. Научные общества существуют в основном в тех регионах, где имеется научный потенциал, вузы и другие научные учреждения, а для многих ребят из глубинки существуют заочные формы обучения: "Белорусская малая лесная заочная академия", школы юных фермеров, биологов, "Компьютер, экология и биология". Многие старшеклассники после окончания учебы во внешкольных учреждениях выбирают профессию, связанную с природой, и продолжают учебу в высших учебных заведениях.

Для научных обществ Республиканский экологический центр детей и юношества выпускает журналы «Эковестник» и "Гэта ідэя", на страницах которых члены научных обществ публикуют свои научные статьи. На страницах «Учительской газеты», журналов «Внешкольное образование», «Образование и воспитание», «Здоровый образ жизни» и других периодических научно-методических изданиях печатаются материалы по экологическому образованию и воспитанию.

Значительное внимание экологическому образованию уделяется в *средних специальных учебных заведениях*, где проведена корректировка учебных планов, включены в учебный процесс специальные дисциплины по экологии, осуществляется межпредметный подход, укореняются активные формы и методы воспитания специалистов, природоохранные вопросы отражаются в дипломных и курсовых проектах. Во всех учебных заведениях этого типа на II курсе введен предмет "Основы экологии" (20 часов), который предусматривает изучение экологических понятий, знакомство с законодательством в этой области, рассмотрение экологических проблем с локальной, региональной и глобальной точек зрения. На старших курсах в техникумах химико-технологического профиля введен интегрированный предмет "Промышленная экология" (50 – 60 часов). Подготовка

специалистов по охране окружающей среды осуществляется в Гродненском химико-технологическом техникуме по специальности "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов".

Подготовка специалистов высшей квалификации происходит в высших учебных заведениях страны, после окончания которых бывшие студенты становятся руководителями производств, и от их экологической компетентности зависит многое (в частности, сохранение климата). В республике действует достаточно большое количество ВУЗов. Функционирует также учреждение образования (экологической направленности) «Международный государственный университет имени А.Д. Сахарова».

Большое значение в экологическом образовании играют экологические проекты, выполняемые учащимися и студентами, в рамках международных образовательных программ «Кислотные дожди», «Охрана озонового слоя Земли», «GLOBLE» и других.

Образование специалистов в области окружающей среды проводится в соответствии с Международной программой по экологическому образованию ООН и решениями Международной конференции по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (Глобальный форум-92), законодательством Республики Беларусь в области охраны окружающей среды.

Первым этапом на этом пути стало введение с 1 сентября 1994 г. нового перечня специальностей. В него, помимо традиционных специальностей "Теплообеспечение, вентиляция и охрана воздушного бассейна", "Водообеспечение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов", введены "Экология", "Радиоэкология", "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов", "Радиобиология и радиационная медицина". Всего на новые специальности в последние годы принимают около 200 человек.

Учебные планы предусматривают осуществление обязательной экологической подготовки в высшей школе на базе курса "Основы экологии" объемом 54 часов. Кроме того, для студентов неэкологических специальностей читают различные курсы, среди них "Радиационная безопасность" (34 – 36 часов), "Экологическая безопасность" (40 – 50 часов), "Химические основы жизнедеятельности" (70 часов), "Экология и рациональное природопользование" (58 часов), "Радиобиология" (20 часов), "Биогеография с основами экологии" (100 часов), "Экологические проблемы промышленного и сельскохозяйственного производства" (24 часа), "Правовые основы охраны природы" (18 часов), "Комплексное использование и охрана водных ресурсов" (22 часа), "Использование полезных ископаемых и охрана геологической среды" (22 часа), "Использование и охрана животного мира" (22 часа), "Экологический мониторинг" (22 часа), "Гидроэкология Беларуси" (22 часа), "Охрана атмосферного воздуха" (24 часа), "Использование и охрана земельных ресурсов и растений" (26 часов), "Основы экологических экспертиз" (24 часа), "Геохимическая экология" (22 часа), "Экологическое право" (68 часов), "Социодинамика экологического сознания" (50 часов) и т.д.

Содержание экологической подготовки в ВУЗах подчинено следующим целям: вооружить обучающихся основами знаний по экологии, познакомить с мерами по защите окружающей среды и показать взаимосвязь климатических, экономических и экологических факторов.

В качестве такого примера можно привести учебное пособие "Основы экологии и природопользования" (издательство: Полоцкий госуниверситет, 1997 г., 2000 г., автор В.Ф.

Логинов), содержащее в частности, в качестве одного из основных разделов "Глобальные и региональные экологические проблемы (изменение климата и его социально-экономические последствия, оценка экономических, социальных и экологических последствий экстремальных климатических явлений и возможных изменений климата, сохранение озонового слоя...)". Специалистов по гидрометеорологии готовят в Белорусском государственном университете на географическом факультете.

В Брестском государственном техническом университете вопросы климата изучаются на курсах "Инженерная гидрология и регулирование стока", "Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации", "Общая гидрология и гидрография Беларуси".

Масштабы экологических проблем Беларуси требуют особого внимания органов государственного управления, работников сферы науки, культуры, средств массовой информации, общественных организаций и движений, всех граждан к проблемам охраны окружающей среды и осуществлению немедленных мер по ее оздоровлению, усилению охраны всех природных объектов, созданию благоприятных условий для работы и жизни людей. Одним из важнейших направлений в этой многогранной, долговременной программе мер является *последипломное экологическое образование*. Общая цель этого вида образования состоит в ознакомлении руководящих работников и специалистов с последними достижениями в области окружающей среды и смежных наук, способах внедрения этих достижений в их профессиональной деятельности. Элементы образования в области окружающей среды должны вводиться во все виды и формы повышения квалификации руководящих кадров и специалистов, всех категорий работающих.

Особо следует остановиться на необходимости переподготовки руководителей и специалистов, работающих непосредственно в системе государственного экологического контроля. Положительным примером является то, что на базе Белорусского научно-исследовательского центра "Экология" Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь с 1993 г. функционируют Республиканские курсы повышения квалификации экологических кадров. Курсы на практике реализуют положение Закона "Об охране окружающей среды", которое предполагает систематическое повышение экологического кругозора руководителей различного уровня, должностных лиц и специалистов, связанных с деятельностью, оказывающей влияние на окружающую среду и здоровье человека. С 2001 г. начата подготовка специалистов по экологическому аудиту.

Другим положительным примером переподготовки руководящих работников экологических служб (областного, районного и городского уровней) является периодическая учеба в Академии Управления (при Президенте Республики Беларусь). В этой же Академии получают современные экологические знания руководители различных министерств и ведомств, областей, районов и городов.

Переход к устойчивому развитию возможен лишь на основании экологической грамотности всего населения, поэтому просвещение *в области окружающей среды* должно охватывать людей всех возрастов. Необходимо повысить уровень понимания населением своей причастности к решению проблем окружающей среды и достичь большей заинтересованности в процессе устойчивого развития как на глобальном уровне (всего человечества), так и на локальном уровне (Республики Беларусь и России).

Необходимо содействовать широкой информированности населения по вопросам окружающей среды и влияния изменения климата через государственные и общественные

организации, средства массовой информации. В связи с этим особое внимание следует уделить планам подготовки журналистов, редакторов газет, режиссеров-постановщиков радио и телевидения, работающих в области экологии и рационального использования природных ресурсов, для того, чтобы грамотно освещать вопросы охраны среды и способствовать обмену программами и фильмами на государственном и региональном уровнях. В республике необходимо предусмотреть информационную систему в области окружающей среды для ознакомления общественности с соответствующими национальными, региональными и глобальными экологическими проблемами, организовать государственную поддержку мероприятий по неформальному повышению экологической культуры, проводимых молодежными, туристическими и общественными организациями, музеями, национальными парками и заповедниками, международными специализированными экологическими и просветительскими организациями.

Таким образом, определенные успехи в экологическом образовании и в подготовке специалистов по экологии уже достигнуты, но для развития этого процесса необходимо осуществление ряда мер:

- повышения уровня методологического руководства в этой области со стороны Министерства образования и науки, республиканских методических центров, организации с этой целью базовых центров по экологическому образованию в высших и средних специальных учебных заведениях;
- создания во всех ВУЗах кафедр экологии (охраны окружающей среды);
- разработки каждым учебным заведением последовательной и непрерывной для всего периода обучения системы экологической подготовки (в качестве примерной, базовой модели такой подготовки для ВУЗов рекомендуется схема, разработанная Белорусским национальным техническим университетом);
- организации экологического всеобуча среди руководителей системы образования и для всех преподавателей различных типов учебных заведений;
- вовлечения в процесс экологического образования государственных и негосударственных организаций и учреждений, средств массовой информации;
- целевого инвестирования экологического образования;
- создания базовых центров по повышению квалификации преподавателей экологических дисциплин учебных заведений;
- придания особого значения экологической подготовке студентов педагогических учебных заведений и т.д.

## **2. Научно-технические программы**

В 1997 – 1998 гг. в рамках государственной научно-технической программы "Природопользование и охрана окружающей среды" (научный руководитель – академик НАН Беларуси И.И. Лиштван) выполнены работы, связанные с дальнейшим совершенствованием экологического образования в Беларуси: "Разработать концепцию экологического образования и воспитания", "Разработать программу совершенствования подготовки специалистов в области окружающей среды", "Разработать рекомендации по совершенствованию системы повышения квалификации экологических кадров", "Оценить современное состояние, направления развития и разработать программные модули экологических обучающих и игровых экспертно-информационных компьютерных систем",

"Разработать игровые обучающие тренажеры, компьютерные справочные пособия, графические и мультипликационные плакаты по эффективному природопользованию и охране окружающей среды".

В результате разработана "Республиканская программа совершенствования образования в области окружающей среды", которая призвана привести в соответствие с современными требованиями содержание и организационную структуру всех ступеней образования в области окружающей среды. Она обеспечивает реализацию на практике основных положений концепции экологического образования.

*Научно-технические программы и систематические исследования.* В республике в рамках государственных и научно-технических программ "Природопользование и охрана окружающей среды" (1990 – 2000 гг.), "Экологическая безопасность" (2001 – 2005 гг.), а также по программам и фонду фундаментальных исследований выполняются отдельные проекты:

– Оценить эмиссионные факторы по тяжелым металлам (ТМ), характерным для стран СНГ (Россия, Украина, Беларусь, Казахстан), – ртуть, свинец, кадмий, никель, медь, цинк. Исполнитель – ИПИПРЭ НАН Беларуси;

– Изучить спектральный состав и распределение тяжелых металлов по размерам несущих частиц аэрозольных эмиссий промышленных производств, характерных для стран СНГ (Россия, Украина, Беларусь, Казахстан). Исполнитель – ИПИПРЭ НАН Беларуси;

– Оценить влияние изменяющегося климата на хозяйственную деятельность и хозяйственной деятельности на климат. Исполнитель – ИПИПРЭ НАН Беларуси;

– Оценить экологическую устойчивость лесов Минска и окрестностей в связи с хозяйственной деятельностью и текущей динамикой климата, разработать научные рекомендации по ее повышению. Исполнитель – ИЭБ НАНБ;

– Провести анализ образования выбросов летучих органических соединений (ЛОС) в Республике Беларусь и разработать научные эколого-экономические рекомендации сокращения их выбросов. Исполнитель – БелНИЦ "Экология";

– Оценить эмиссионные факторы стойких органических загрязнителей для основных источников выбросов в атмосферу. Исполнитель – ИПИПРЭ НАНБ.

Однако в них крайне мало уделено внимания вопросам влияния изменения климата на водные ресурсы. Вопросы влияния климата на водное хозяйство и водного хозяйства на климат не рассматриваются, так же, как и вопросы уязвимости и адаптации водных экосистем.

### **3. Интернет сайт**

Основная информация об экологической ситуации включена самостоятельным разделом в ежегодный статистический сборник, публикуемый Министерством статистики и анализа. В 2001 г. был издан на русском языке и на английском языке Национальный доклад "Состояние окружающей среды Республики Беларусь".

Минприроды регулярно обновляет информацию о состоянии природной среды в Республике Беларусь и принимаемых мерах по ее оздоровлению на своем сайте в сети Интернет, который расположен на сервере Администрации Президента Республики Беларусь на сайте [www.president.gov.by](http://www.president.gov.by).

#### **4. Сотрудничество со средствами массовой информации**

Обеспечение информацией населения (в первую очередь детей и молодежи) о состоянии природной среды, мерах по ее охране и об изменении климата происходит в основном через средства массовой информации: журналы "Родная природа", "Пралеска", газеты "Экология Минска", "Экологический вестник" (Гомель), "Набат", "Беловежская Пуща", еженедельную радиопрограмму "Экологический вестник", "Родная природа".

Начиная с 1991 г. Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук и Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды ежегодно издают экологический бюллетень "Состояние природной среды Беларуси". Белорусским научно-исследовательским центром «Экология» издается библиотека Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, а Центральным научно-исследовательским институтом комплексного использования водных ресурсов издается «Государственный водный кадастр» и журнал «Водные ресурсы».

Во всех перечисленных изданиях отражаются, хотя и не регулярно, вопросы, связанные с изменением климата.

#### **5. Сотрудничество с негосударственными организациями**

В настоящее время стал все более очевиден тот факт, что глобальные проблемы охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности не могут быть успешно решены усилиями только одних лишь государственных институтов. Одним из важнейших условий реализации политики государства является вовлечение широкой общественности в процесс принятия экологически значимых решений. Во многих межгосударственных документах, в частности в решениях конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД, Бразилия, 1992 г.), конференции министров окружающей среды Европы в Люцерне (1993 г.), Софии (1995 г.) и Орхусской конференции министров отмечалось, что экологические проблемы решаются эффективно только при участии всех заинтересованных граждан.

Существенным шагом по дальнейшему сохранению окружающей среды и развитию процесса демократии стало принятие 23-25 июня 1998 г. в Орхусе (Дания) "Конвенции о доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды" (Орхусская конвенция).

Утверждение Президентом Республики Беларусь этого важного документа означает, что республика признает и берет на себя обязательства неуклонно выполнять все положения Орхусской конвенции.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь проводит работу по реализации положений Орхусской конвенции, в частности, по укреплению контактов с общественными экологическими организациями, вовлечению их в совместную работу, направленную на оздоровление и защиту окружающей среды.

В июле 2001 г. в целях реализации положений Орхусской конвенции и обеспечения взаимодействия структурных подразделений Минприроды с общественными организациями и объединениями природоохранной направленности при министерстве создан и действует общественный координационный экологический совет, в который вошли представители 17 общественных организаций и объединений, таких как "Эколайн", "Экоправо", "Экодом",

"Белорусское общество охраны природы", "Охрана птиц Беларуси", "Экологический менеджмент", "Некст Стоп - Нью Лайф", "Белорусская ассоциация детей и молодежи", "Международное общественное экологическое объединение "Буренко", "Зеленая область", и др.

Создание совета открыло возможность для негосударственных организаций принимать участие в процессе принятия экологически значимых решений, участвовать в обсуждении направлений экологической политики (национальных планов действий, проектов законов, нормативных правовых актов и др.).

## 6. Конференции

В 1992 г. была проведена Республиканская научно-практическая конференция "Актуальные проблемы экологического образования и воспитания", участники которой обратили внимание руководителей органов образования, учебных заведений, комитетов по экологии на проблемы в области экологического образования. Прежде всего, констатировано отсутствие глубокого научного анализа состояния проблемы, научно обоснованного определения обязательного объема экологических знаний для разных ступеней обучения, конкретных производств, специальностей. Из-за отсутствия необходимых средств медленно разворачивалась работа по разработке и изданию нового поколения учебников, учебных пособий, методической и научно-популярной литературы экологической направленности.

В 1995 г. состоялась II республиканская конференция "Экопедагогика: состояние, проблемы, перспективы", которая практически подвела итоги выполнения программы по образованию в области окружающей среды. Конференция отметила серьезные позитивные изменения в решении существующих проблем, внесла конструктивные предложения.

В том же году, в Бресте состоялись "X Республиканские педагогические чтения", посвященные Европейскому году охраны природы, на которых заслушан 31 доклад об опыте, проблемах и перспективах развития экологического образования в Республике Беларусь.

В 1995, 1996, 1997 гг. состоялся международный телефорум "Экомир", в рамках которого продемонстрированы телефильмы, направленные на экологическое воспитание широких слоев населения.

В 1996 г. в Минске под эгидой Минприроды и Минобразования РБ прошел республиканский научно-методический семинар "Экологическое образование - 96".

В 1997 г. состоялся республиканский методический семинар "Новые педагогические технологии в экологическом образовании" на базе Республиканского экологического центра учащихся.

В 1998 г. в рамках программы "ТАСИС" "Повышение информированности населения о проблемах окружающей среды" прошел обучающий семинар по участию общественности в принятии экологических значимых решений.

В 1999 г. состоялась международная научно-практическая конференция «Европа – наш общий дом».

В период 2000 – 2003 гг. в республике состоялись многочисленные научные конференции, на которых в той или иной мере затрагивались вопросы влияния климата на природные комплексы и области экономики, а также влияния антропогенного влияния на климатические изменения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

### ЧАСТЬ I. НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВА

1. Атлас Рэспублікі Беларусь. – Мн.: ДКЗРГК РБ, 1998. – 49 с.
2. Беларусь на мяжы тысячагодзяу. – Мн.: БелЭн, 2000. – 432 с.
3. Белорусский государственный энергетический концерн «Белэнерго». – Мн., 2001. – 20 с.
4. Голод Д.С. Растительные ресурсы Беларуси, их состояние и рациональное использование // Природные ресурсы: Межведомственный бюллетень. – 1999. – № 1. – С. 88 – 101.
5. Готовский А.В. Динамика ценовых пропорций Беларуси в 1996 – 2000 гг. // Белорусский экономический журнал. – 2001. – № 1. – С. 31 – 43.
6. Доклад о мировом развитии 2000/2001 года. Наступление на бедность. – М.: Издательство «Весь мир», Всемирный банк, 2001. – 376 с.
7. Национальная климатическая программа / Логинов В.Ф., Сенько А.С., Елисеева И.В., Жуковский В.М. – Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1999. – 116 с.
8. Национальный отчет о человеческом развитии: ПРООН. – Мн., 2000. – 105 с.
9. Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: 2001. – Мн., 2001. – 196 с.
10. Отчетный топливно-энергетический баланс Республики Беларусь за 2000 год. Экземпляр № 26. – Мн., 2001. – 146 с.
11. Природная среда Беларуси: Монография / Под ред. В.Ф.Логинова. – Мн.: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.
12. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001 – 2005 годы. – Мн.: Беларусь, 2001. – 167 с.
13. Республика Беларусь в цифрах: Краткий статистический сборник. – Мн., 2001. – 329 с.
14. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2000 г. / Под ред. В.Ф.Логинова. – Мн.: Минсктиппроект, 2001. – 230 с.
15. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2001. – Мн., 2001. – 606 с.
16. Фізічная геаграфія Беларусі. – Мн.: Універстэцкае, 1995. – 181 с.
17. Шимов В.Н. Экономика Республики Беларусь на рубеже столетий: итоги, тенденции, направления развития // Белорусский экономический журнал. – 2001. – № 1. – С. 4 – 20.

### ЧАСТЬ II. НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ И ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

#### Индустриальные процессы

1. Руководящие принципы для подготовки национальных сообщений Сторон Приложения I к РКИК, часть I: руководящие принципы для представления докладов о годовых кадастрах (документ FCCC/CP/1999/7).
2. Руководящие принципы для подготовки национальных сообщений Сторон Приложения I к РКИК, часть II: руководящие принципы для подготовки национальных сообщений (документ /CP/1999/7).

3. Руководящие принципы РКИК по отчетности по вопросам глобальных систем наблюдения за климатом (документ /СР/1999/7).
4. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, МГЭИК, 1996.
5. Руководство по практическим методам и контролю неопределенности в национальном учете парниковых газов, МГЭИК, 2000.
6. Статистический ежегодник Республики Беларусь 2001. Минстат РБ, 2002.
7. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ по отраслям промышленности, 1991.
8. Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств – основных источников загрязнения атмосферы, Санкт – Петербург, 2001.
9. Голованов Л.В. Общая технология цемента. М, 1984.
10. Определение ПДВ в атмосферу и ПДС в водоемы на предприятиях азотной промышленности. Отчет о НИР (ДСП). ГИАП. ГР 0181101573.
11. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. Л. Гидрометеиздат, 1986.
12. Провести анализ образования и выбросов летучих органических соединений (ЛОС) в Республике Беларусь и разработать научные эколого – экономические рекомендации сокращения их выбросов. Отчет о НИР «БЕЛНИЦЭКОЛОГИЯ», Минск, 1999.

#### **Изменение землепользования и лесное хозяйство**

1. Ракович В.А., Бамбалов Н.Н. Классификация функций болот в природе и обществе // Природные ресурсы. 1996, №1. С.119-124.
2. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А., Шишко А.А. Роль болот в формировании газового состава атмосферы // Хімія, праблемы выкладання 1997, Вып. 9. С.18-26.
3. Таргульян В.О. Развитие почв во времени // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982.С. 108-112.
4. Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск: Наука и техника, 1984. 176 с.
5. Раковский В.Е., Ривкина Х.И. Потери органического вещества торфа при осушении торфяной залежи // Тр. Ин-та торфа. 1951. Т.1. С.19-29.
6. Пигулевская Л.В., Раковский В.Е. Химический состав торфообразователей и влияние его на состав торфа // Тр. Ин-та торфа. 1957. Т.6. С.5-15.
7. Пигулевская Л.В., Раковский В.Е. Изменение химического состава отдельных видов торфов в зависимости от их возраста // Тр. Ин-та торфа. 1957. Т.6. С.16-18.
8. Позняк В.С., Раковский В.Е. О лигнине торфа // Тр. Ин-та торфа. 1957. Т.6. С.83.
9. Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. Мн., 1987.
10. Поваркова С.С. Влияние химического состава торфа на образование подвижных форм азота при хранении // Химия и химическая технология торфа. Мн., 1979. С.203.
11. Тишкович А.В. Свойства торфа и эффективность его использования на удобрение. Мн., 1978.

12. Повышение качества торфа как удобрения / Под ред. Н.С. Панкратова и С.С. Маль. Мн., 1978.
13. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1978.
14. Кулачкова А.Ф., Сапрыкин Ф.Я., Скобеева Е.И. Химический состав ископаемых торфов и зависимость его от условий формирования // Химия твердого топлива. 1972. №2. С.
15. Волосович Н.С., Маль С.С., Раковский В.Е. К вопросу об образовании азотистых соединений при термическом разложении топлива // Комплексное использование торфа. 1965. С.69.
16. Барановский А.З. Повышение плодородия торфяной почвы // Земледелие. 1977. №1. С. 62-64.
17. Барановский А.З. Влияние возделывания сельскохозяйственных культур на минерализацию торфа: Тез. докл. Респ. конф. по пробл. минерализации и эрозии торфа. Мн., 1978. С.20
18. Барановский А.З. Использование торфяно-болотных почв // Вестн. с.-х. науки, 1961. № 1. С.59-68.
19. Барановский А.З. Влияние использования торфяно-болотных почв на сработку торфа и урожай сельскохозяйственных культур // Почвоведение. 1981. № 2. С.105-115.
20. Барановский А.З. Роль сельскохозяйственных культур в продлении жизни мелиорированных торфяников // Проблемы Полесья. Мн. 1981. Вып. 7. С.66-72.
21. Барсуков А.И. Слово о торфяниках // Сельское хозяйство Белоруссии. 1970. № 11. С.18-19.
22. Барсуков А.И., Крот П.П., Дешкевич Н.В. и др. Уровень плодородия торфяных почв Полесья при различном их использовании // Изд. АН БССР. Сер. с.-х. наук. 1982. № 2. С.8-12.
23. Барсуков А.И. Режим грунтовых вод и урожай // Мелиорация мелкозалежных торфяников Белорусского Полесья. М. 1972. С.23-36.
24. Барсуков А.И. Характер использования и минерализация органического вещества мелкозалежных торфяных почв Полесья: Тез. докл. Респ. конф. по пробл. минерализации и эрозии торфа. Мн. 1978. С.22.
25. Белковецкий В.И., Кулеш С.В. Роль культур в повышении производительности торфяных почв и улучшении баланса органического вещества // Рациональное использование мелиорированных земель в Нечерноземной зоне РСФСР. Л. 1977. С.55-56.
26. Волков А.Е. Освоение и использование мелкозалежных торфяников. Мн. 1975.
27. Волков А.Е., Московченко Б.Ф., Козлов М.Ф. и др. Мелиорация и освоение поймы Припяти. Мн. 1982.
28. Зубец В.М. Осадка торфяной залежи // Мелиорация и проблема органического вещества. Мн. 1974. С.10-29.
29. Зубец В.М., Дуброва В.И. Осушение и водно-физические свойства торфа // Мелиорация и проблема органического вещества. Мн. 1974. С.29-43.
30. Кулеш С.В. Повышение продуктивности мелиорированных почв. Мн. 1975.
31. Малышев Ф.А., Конойко М.А. Изменение мощности торфяной залежи после осушения и выращивания сельскохозяйственных культур // Исследования по технологии, механической и химической переработке торфа. Мн. 1972. С.140-143.
32. Печуров А.Ф. О минерализации торфа // Тр. Ин-та мелиорации и водн. хоз-ва АН БССР. 1955. С.250-256.
33. Скоропанов С.Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв. Мн. 1961.
34. Скоропанов С.Г. Теоретические основы мелиорации и использования торфяно-болотных почв // Минской болотной станции - 50 лет. Мн. 1963. С.20-41.
35. Скоропанов С. Г. Основные принципы расширенного воспроизводства плодородия торфяных почв // Изв. АН БССР. Сер. с.-х. наук. 1984. № 2. С.15-20.
36. Скоропанов С.Г. Будущее торфяных почв // Изв. АН БССР. Сер. с.-х. наук. 1990. № 1. С.9-16.

37. Скоропанов С.Г., Барсуков А.И. Мелкозалежные торфяники и органическое вещество // Мелиорация и проблема органического вещества. Мн. 1974. С.56-61.
38. Скоропанов С.Г., Брезгунов В.С. Мелиорация торфяников, ее плоды и последствия // БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. Мн. 1980. С.93-110.
39. Скоропанов С.Г., Брезгунов В.С., Окулик Н.В. Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв. – Мн. 1987.
40. Скоропанов С.Г., Тиво П.Ф. Фактор времени и минерализация органического вещества // Комплексное использование торфа в народном хозяйстве. Мн. 1981. С.8.
41. Скоропанов С.Г., Шабунина М.М., Мицкевич М.М. Сельскохозяйственное использование и органическое вещество торфяной почвы // Мелиорация и проблема органического вещества. Мн. 1974. С.43-55.
42. Шабанова В.И. Динамика структуры почвенного покрова торфяно-болотных почв, подстилаемых песками: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Мн. 1975. 16 с.
43. Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф., Смирновский Д.Я. и др. Эволюция почв мелиорируемых территорий Белоруссии. Мн. 1990.
44. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника. 1975. 320 с.
45. Роджер М., Джиффорд. Глобальный фотосинтез и проблема пищевых и энергетических ресурсов // Фотосинтез. М.: Мир, 1987. Т. 2. С. 411-453.
46. Одум Ю. Экология: В 2-Х т. Пер. с англ. М.: Мир, 1986 – 328 с.
47. Махов Г.А., Бажин Н.М., Ефремов Т.Т. Эмиссия метана из болот междуречья Оби и Томи. //Химия в интересах устойчивого развития № 2, 1994. С619-622
48. Глаголев М.В. Математическое моделирование эмиссии метана из болот в атмосферу. // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. Матер. конфер. Москва 1999. С175-177.
49. Глухова Т.В., Ковалев А.Г., Смагина М.В., Вомперский С.Э. Оценка некоторых биотических компонентов углеродного цикла болот и лесов. // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. Матер. конфер. Москва 1999. С182-185.
50. Moore T.R. et al. Methane emissions from wetlands, southern Hudson Bay lowland // J. Geoph. Reserch 1994.99. 1455-1467.
51. Е.С. Лукошко, Н.Н. Бамбалов, А.В. Хоружик и др. Ход торфообразовательного процесса в естественных условиях // Сб. Заповедники Белоруссии. 1986, №10.
52. Пьявченко Н.И. Прирост фитомассы и скорость накопления торфа // Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л.: Наука, 1983. С. 42-46.
53. Franzen L.G. Can Earth afford to lose the wetlands in the battle against increasind green-house effect // Proc. the 9-th Intenational Peat Congress, 1992, Vol. 1. P. 1-18.
54. Справочник по торфу / Под ред. А. В. Лазарева и С. С. Корчунова. М., 1982.

### Отходы

1. Разработать экологоориентированные мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия условий хранения и удаления отходов на природные среды. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1993.
2. Инженерно – гидрогеологическая характеристика и геологическое обследование полигона лигнина и ТБО (г. Речица, д. Деражня). Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1993.

3. Инвентаризация объектов по размещению отходов. Анализ результатов инвентаризации и заключение о степени соответствия каждого объекта нормативным требованиям (Жлобинский район). Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1994

4. Экологическое обследование полигона твердых бытовых отходов г. Мозыря (д. Провтюки) и разработка рекомендаций, направленных на экологобезопасную его эксплуатацию, составление рабочего проекта. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1994.

5. Провести анализ результатов инвентаризации и подготовить заключения о соответствии объектов по размещению отходов нормативным экологическим требованиям. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1995.

6. Анализ экологического состояния полигона ТБО г. Витебска. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1995.

7. Провести анализ и оценить степень влияния полигона промтоходов на окружающую среду, разработать экологический паспорт полигона МТЗ. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1997.

8. Оценить региональные аспекты размещения объектов по захоронению и складированию отходов и выбрать перспективные участки для складирования и захоронения. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1997

9. Территориальная комплексная схема охраны окружающей среды г. Новополоцка и зоны его влияния. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1998.

10. Экологический паспорт полигона ТБО г. Борисова. 1998.

11. Разработка территориальной комплексной схемы охраны окружающей среды г. Борисова и района. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1998.

12. Разработать эколого- и экономически обоснованную схему размещения объектов по складированию и захоронению промышленных и бытовых отходов по районам Гродненской области. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 1999.

13. Разработать эколого- и экономически обоснованную схему размещения объектов по складированию и захоронению отходов в Минской области. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 2000.

14. Анализ экологического состояния и эксплуатационных возможностей действующих объектов с отходами и определение необходимого количества дополнительных объектов. Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 2000.

15. Провести наземное обследование свалок «Северная», «Тростенец» и полигона промтоходов «Прудичи». Отчет о НИР БелНИЦ «Экология», Минск, 2000.

16. Экологические паспорта 42 полигонов ТБО и ПО, разработанные «БЕЛНИЦЭКОЛОГИЯ» в 1992 – 2001гг.

### **ЧАСТЬ III. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

1. Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д. Лесопользование в Беларуси: история и современное состояние, проблемы и перспективы. – Минск, «Беларуская навука», 1996. – 368 с.

2. Биогеоэкологическое разнообразие Беларуси: Информационно-моделирующая система / Г.И. Сачок, В.В. Коляда, Г.А. Камышенко и др. – Минск, 1996. – 240 с.

3. Стратегический план развития лесного хозяйства Беларуси. – Минлесхоз Республики Беларусь. Минск, 1997. – 179 с.
4. Василюк Г.В., Клебанович Н.В. Эффективность известкования кислых почв // Землеробства і ахова раслін. №3. 2003.
5. Земля Беларуси. 2001. Справочное пособие / Авт. Богдевич И.М., Бамбалов Н.Н., Беленький С.С. и др. Под ред. Г.И. Кузнецова, Г.В. Дудко. – Мн., 2001. – 120 с.
6. Концепция единой транспортной политики Республики Беларусь (проект), 2003г.
7. Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2001–2020 годы. Т.3. Прогноз научно-технического прогресса в отраслях экономики Республики Беларусь на 2001–2020 годы. – Мн., 2000. – 388 с.
8. Методология Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), 1996 г.
9. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь, 1997
10. Основные направления социально-экономического развития Республики Беларусь до 2010г.
11. Основные направления энергетической политики Республики Беларусь на 2001-2005гг. и на период до 2015г.
12. Отраслевая программа по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды на 2003-2005 гг. Программа по экологии на 2003-2005гг., Минтранс Республики Беларусь
13. Постановление Совета Министров Республики Беларусь №1820 от 27.12.02 «О дополнительных мерах по экономному и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов»
14. Республиканская программа энергосбережения на 2001-2005гг.
15. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2001 г. / Под ред. В.Ф. Логинова – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2002. – 232 с.
16. Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь на 1 января 2002 г. – Минск, 2002. – 64 с.

#### **ЧАСТЬ IV. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ, ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ**

##### **Сельское хозяйство Беларуси**

1. Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2001–2020 годы. Т.3. Прогноз научно-технического прогресса в отраслях экономики Республики Беларусь на 2001–2020 годы. – Мн., 2000. – 388 с.
2. Прогноз социально-экономического развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь до 2015 года / Ю.Д. Мороз, В.Г. Гусаков, З.М. Ильина и др. – Мн.: БелНИИАЭ, 1999. – 262 с.
3. Программа совершенствования агропромышленного комплекса Республики Беларусь на 2001-2005 гг. (Одобрена указом ПРБ 14.05.2001 г. №256). – Мн., Минсельхозпрод, 2001. – 20 с.

4. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change/WMO/UNEP. Cambridge University Press. UK. 2001. P. 1032.
5. Израэль Ю.А., Груза В.Г., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. – 2001. – №5. – С.5–21.
6. Логинов В.Ф. Возможные сценарии изменения глобального и регионального климата // Выбр. навуковыя працы БДУ.Т.VII. Біялогія, геаграфія. – Мінск, БДУ, 2001, С. 293–297.
7. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России // Метеорология и гидрология. – 1994. – №4. – С. 101–112.
8. Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Парниковый эффект и продовольственная проблема России // Метеорология и гидрология. – 1995. – №7. – С. 5–16.
9. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В., Павлова В.Н. Чувствительность сельского хозяйства России к изменениям климата, химического состава атмосферы и плодородия почв // Метеорология и гидрология. – 1995. – №4. – С. 107–114.
10. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Агроклиматические ресурсы и физико-географическая зональность территории России при глобальном потеплении // Метеорология и гидрология. – 1998. – №3. – С. 92–103.
11. Логинов В.Ф., Кузнецов Г.П., Микуцкий В.С. Анализ и моделирование климатических процессов в Беларуси // Доклады НАН Беларуси, Т. 2003. – №2.
12. Логинов В.Ф., Кузнецов Г.П., Микуцкий В.С. Математические методы в исследовании климата Беларуси // Природопользование. Вып. 8. 2002. С. 75–87.
13. Сиротенко О.Д. Имитационная система климат - урожай СССР // Метеорология и гидрология. 1991, № 4. – С. 67 – 73.
14. Витченко А.Н. Теоретические и прикладные основы оценки агроэкологического потенциала ландшафта Беларуси / 11.00.01. Автореф. док. геогр. наук. – Минск, 1996. – 29 с.
15. Экономическая оценка выращиваемых в республике сельскохозяйственных культур (рекомендации). – Минск: БелНИИЭИ, 1999. – 58с.

#### **Гидрологический цикл, водные ресурсы, водный менеджмент**

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Л., 1966. Т. 5.
2. Логинов В. Ф., Калинин М. Ю., Иконников В. Ф. Антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси. Мн., 2000.
3. Оппоков Е. В. Колебание водоносности рек в историческое время // Исследование рек СССР. 1933. Вып. 4.
4. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Белорусская ССР. Л., 1985. Т. 3.
5. Основные гидрологические характеристики. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Л., 1974, 1978. Т. 5.
6. Мезенцев В. С., Карнацевич И. В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л., 1969.
7. Логинов В. Ф. Причины и следствия климатических изменений. Мн., 1992.

8. Ключева К. А., Покумейко Ю. М. Влияние осушительных мелиораций на годовой сток рек Белоруссии // Метеорология и гидрология. 1977. № 1.
9. Булавко А. Г. Влияние осушения болот на элементы водного баланса рек Белорусского Полесья. Л., 1961.
10. Булдей В. Р. О влиянии мелиоративных работ в Полесской низменности на водные ресурсы Днепра и мероприятия по повышению эффективности осушительных систем и охрана окружающей среды // Проблемы Полесья. Мн., 1980. Вып. 6. С. 30–48.
11. Шебеко В. Ф. Изменение микроклимата под влиянием мелиорации болот. Мн., 1977.
12. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал.: Н.А. Дзісько і інш. Мн., 1994.
13. Юркевич И. Д., Ловчий Н. Ф., Ярошевич Э. П. Влияние леса на водный режим малых рек Белорусского Полесья // Лесоведение. 1976. № 5. С. 3–11.
14. Пособие к строительным нормам и правилам П1-98 к СНИП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. Мн., 2000.
15. Рудковский П. П. Проблема наводнений в Республике Беларусь и пути ее решения / Природные ресурсы, 2001. № 2. С. 59–63.
16. Швец Г. И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР. Л., 1972.
17. Логинов В. Ф., Иконников В. Ф. Оценка влияния естественных и антропогенных факторов на сток рек Беларуси // Природопользование. Мн., 1997. Вып. 2. С. 26–30.
18. Калинин М. Ю., Логинов В. Ф., Иконников В. Ф., Синякевич Л. Н., Тимофеев А. В. Исследование изменений поверхностных и подземных вод в результате естественных и антропогенных факторов // Природопользование. Мн., 2002. Вып. 8. С. 88–98.
19. Климат Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. Мн., 1996.
20. Калинин М. Ю., Волчек А. А. Водные ресурсы Белорусского Полесья: использование и охрана // Природные ресурсы. 2001. № 4. С. 35–49.
21. Фащевский Б. В. Расчет экологически допустимого изменения характеристик водного режима рек Беларуси // Природные ресурсы. 1996. № 1. С. 30–35
22. Плужников В. Н., Фадеева М. В., Бучурин В. И. Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана // Природные ресурсы. 1996. № 1. С. 24–29.
23. Гриневич А. Г., Плужников В. Н. Оценка влияния возможного глобального потепления на водные ресурсы и водное хозяйство // Природные ресурсы. 1997. № 2. С. 49–54.
24. Республиканская программа инженерных водохозяйственных мероприятий по защите населенных мест и сельскохозяйственных угодий от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья. Мн., 2000.
25. Васильченко Г.В., Гриневич Л.А. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти // Проблемы Полесья. Мн., 1984. Вып. 9. С. 20–27.

#### **Часть V. ИССЛЕДОВАНИЕ И СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ**

1. Величко А. А., Карпачевский Л. О., Морозова Т. Д. Влагозапасы в почвах при глобальном потеплении климата: опыт прогнозирования на примере Восточной Европы // Почвоведение. 1995. № 8. С. 933–942.

2. Влияние глобальных изменений природной среды и климата на функционирование

экономики России / Алферов А. М., Бусаров В. Н., Менжулин Г. В. и др. М., 1998.

3. Герман Дж. Р., Голдберг Р. А. Солнце, погода и климат. Л., 1981.

4. Кожаринов А. В. Климато-хорологический анализ популяций лесных растений Белоруссии. Мн., 1989.

5. Коробов Р. М., Николаенко А. В., Годиращ В. А. Регионализация глобальных моделей изменений климата // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-климатические последствия. М., 2000. С. 157–173.

6. Логинов В. Ф. Характер солнечно-атмосферных связей. Л., 1973.

7. Логинов В. Ф. Причины и следствия климатических изменений. Мн., 1992.

8. Логинов В. Ф. Изменение глобального и регионального климата // Выбранные научные работы БДУ. Біялогія, геаграфія. Мн., 2002. Т. VII.

9. Логинов В. Ф., Геншафт В. Е., Каждан Е. Н. Изменение статистических моментов температуры и осадков в Беларуси // Природопользование. Мн., 1998. Вып. 4. С. 17–20.

10. Логинов В. Ф., Микуцкий В. С., Каждан Е. Н. Использование моделей общей циркуляции атмосферы для оценки климата в Беларуси // Природопользование. Мн., 2000. Вып. 6. С. 30–31.

11. Монин А. С. Введение в теорию климата. Л., 1982.

12. Оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата // Доклад рабочей группы II МГЭИК / Ред. Ю. А. Израэль и Ю. В. Вакалюк. Санкт-Петербург, 1992.

13. Полищук А. И. Опыт применения алгоритмов пространственного осреднения метеорологических полей // Исследование статистической структуры метеорологических полей. Материалы межд. симп. специалистов гидрометеослужб соц. стран. М., 1975. Т. 2. С. 58–65.

14. Рубашев Б.М. Проблемы солнечной активности. М.–Л., 1964.

15. Сун В., Балюнас С., Демирчан К. С., Кондратьев К. Я., Идсо Ш. Б., Постменьер Э. С. Влияние антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> на климат: нерешенные проблемы. 2001. Т. 133, вып. 2. С. 1–19.

16. Хомяков П. М. Некоторые аспекты влияния глобальных изменений природной среды и климата на социально-экономическое положение России // Экологические и социально-экономические аспекты развития России в условиях глобальных изменений природной среды и климата. М., 1997. С. 6-26.

17. Climate change 2001, IPCC, WMO/UNEP, Cambridge. Univ. press, 2001.

18. Labitzke K., Van Loon Harry Association Between the 11-year solar cycle, the CBO and atmosphere. J. Climatol., vol. 1, N° 9. P. 905–920.

19. Michels P.J., Stochbury D.E. Global Warming: a Reduced Threat? Bull.Amer. Meteor. Soc., 1992. v. 73, N° 10.

20. Strategies of GHG emission reduction and adaptation of the Polish economy to the changed climate. Synthesis. Ed. M. Sadowski. Warsaw, Inst. of Environment Protection, 1996.

21. Weather and climate responses to solar radiations, ed. by B.M. McCormac, Colorado Ass. University Press. 1983, 626 p.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Приложение 1. Тенденция эмиссии CO<sub>2</sub>  
(Лист 1 из 5)

Country  
Year  
Submission

Категории источников и стоков газов с парниковым эффектом	Базовый год <sup>(1)</sup>										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>1. Энергетика</b>	109 615,00	99 700,00	96 300,00	79 800,00	65 700,00	60 552,10	59 900,00	60 200,00	57 300,00	55 185,00	50 741,60
А. Сгорание топлива	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Энергетика											
2. Обрабатывающая промышленность и строительство											
3. Транспорт											
4. Прочие сектора											
5. Прочие											
В. Легучие топливные выбросы	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Твердые топлива											
2. Нефть и природный газ											
<b>2. Промышленные процессы</b>	1 856,35	1 781,71	1 725,06	1 578,70	1 082,80	902,65	985,14	1 248,22	1 438,14	1 405,65	1 277,78
А. Минеральные продукты	1 856,35	1 781,71	1 725,06	1 578,70	1 082,80	902,65	985,14	1 248,22	1 438,14	1 405,65	1 277,78
В. Химическая промышленность											
С. Металлургия											
Д. Другие производства											
Е. Производство галогенуглеродородов и SF <sub>6</sub>											
Ф. Потребление галогенуглеводородов и SF <sub>6</sub>											
С. Прочие											
<b>3. Использование сельхозтов</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А. Кишечная ферментация											
В. Отходы с/х-животных											
С. Выращивание риса											
Д. С/х-почвы <sup>(2)</sup>											
Е. Выжигание саванн											
Ф. Выжигание сельскохозяйственных остатков											
С. Прочие											
<b>5. Изменение землепользования и лесное хозяйство<sup>(3)</sup></b>	-12 720,21	-14 565,00	-15 650,00	-16 880,00	-17 685,00	-18 157,61	-18 155,00	-18 310,00	-18 520,00	-19 298,44	-18 981,37
А. Лесные изменения и другие стоки биомассы	-35 095,00	-35 025,00	-35 000,00	-35 000,00	-35 025,00	-35 093,74	-35 325,00	-36 000,00	-36 800,00	-38 179,29	-38 199,42
В. Преобразование леса и лугоиспользуемых угодий	8 412,45	6 650,00	5 800,00	5 000,00	4 900,00	4 705,04	4 700,00	4 750,00	4 900,00	5 219,26	5 638,71
С. Эксплуатируемые земли	1 347,50	1 310,00	1 300,00	1 260,00	1 200,00	1 155,00	1 080,00	1 020,00	960,00	924,00	885,50
Д. Эмиссия и удаление CO <sub>2</sub> от почвы	2 517,24	2 400,00	2 150,00	1 740,00	1 100,00	845,39	770,00	800,00	820,00	788,09	714,54
Е. Прочие	10 087,60	10 100,00	10 100,00	10 120,00	10 140,00	10 230,70	10 620,00	11 120,00	11 600,00	11 949,50	11 979,30
<b>6. Отходы</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А. Мусорные свалки											
В. Сточные воды											
С. Сжигание отходов											
Д. Прочие											
<b>7. Прочие (жизнь)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Общие выбросы/удаления с учетом п.5<sup>(4)</sup></b>	89 751,14	86 916,71	82 375,06	64 498,70	49 097,80	43 297,14	42 730,14	43 138,22	40 218,14	37 292,21	33 038,01
<b>Общие выбросы с учетом п.5<sup>(4)</sup></b>	102 471,35	101 481,71	98 025,06	81 378,70	66 782,80	61 454,75	60 885,14	61 448,22	58 738,14	56 590,65	52 019,38
<b>Графы для памяти:</b>											
Международный бункер	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Авиация											
Морской транспорт											
<b>Multilateral Operations (Сумма)</b>											
<b>Эмиссия CO<sub>2</sub> от биомассы</b>											

(1) Заполните базовый год, принятый Стороной Соглашения, если он отличается от 1990.

(2) См. сноску 4 к Резюме 1.

(3) Используйте суммарные выбросы как сообщено в Резюме 1.А. Пожалуйста обратите внимание, что с целью сообщения, знак для поглощения - всегда (-) и для эмиссии (+).

(4) Информация в этих строках для обеспечения сравнения данных, так как Стороны предоставляют разные сообщения по эмиссиям и удалениям CO<sub>2</sub> по модулю "Изменение землепользования и лесоводство".



Приложение 1. Тенденция эмиссии N<sub>2</sub>O  
(Лист 3 из 5)

Страна  
Год  
Submission

Категория источников и стоков газов с парниковым эффектом	Базовый год(и)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Total Emissions</b>	0,00	33,38	32,18	27,87	25,61	19,19	16,21	18,80	20,96	22,47	19,89	20,92
<b>1. Энергетика</b>	0,00	0,77	0,75	0,73	0,70	0,53	0,44	0,43	0,48	0,49	0,40	0,36
А. Сгорание топлива	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Энергетика												
2. Перерабатывающая промышленность и строительство												
3. Транспорт												
4. Прочие сектора												
5. Прочее												
В. Легучие топливные выбросы	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Твердые топлива												
2. Нефть и природный газ												
<b>2. Индустриальные процессы</b>	0,00	1,12	1,06	1,01	0,95	0,89	0,84	0,88	0,92	0,95	0,99	1,01
А. Минеральные продукты												
В. Химическая промышленность	1,12	1,06	1,01	1,01	0,95	0,89	0,84	0,88	0,92	0,95	0,99	1,01
С. Металлургия												
Д. Другие производства												
Е. Производство галогену глородов и SF <sub>6</sub>												
Ф. Потребление галогену глородов и SF <sub>6</sub>												
Г. Прочее												
<b>3. Использование удобрений</b>	0,00	30,68	29,57	25,36	23,24	17,08	14,28	16,81	18,84	20,27	17,71	18,76
<b>4. Сельское хозяйство</b>	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
А. Кашечная ферментация												
В. Отходы с/х-животных												
С. Выращивание риса												
Д. С/х-почвы <sup>(3)</sup>	30,66	29,55	25,35	23,23	17,07	14,27	14,27	16,80	18,83	20,26	17,70	18,75
Е. Выжигание саванн												
Ф. Выжигание сельскохозяйственных остатков												
Г. Прочее												
<b>5. Изменение землепользования и лесное хозяйство<sup>(3)</sup></b>	0,00	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
А. Лесные изменения и другие стоки биомассы												
В. Преобразование леса и дугосемянных углей	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
С. Эксплуатация земель												
Д. Эмиссии и удаления CO <sub>2</sub> от почв												
Е. Прочее												
<b>6. Отходы</b>	0,00	0,77	0,77	0,74	0,70	0,67	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,75
А. Мусорные свалки												
В. Сточные воды	0,77	0,77	0,74	0,74	0,70	0,67	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,75
С. Сжигание отходов												
Д. Прочее												
<b>7. Прочее (указать)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Графы для памяти:</b>												
Международный бункер	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Авиация												
Морской транспорт												
Multilateral Operations (Сумма)												
Эмиссия CO <sub>2</sub> от биомассы												

Приложение 1. Тенденция эмиссии ХФУ, ПФУ and SF<sub>6</sub>  
(Лист 4 из 5)

Страна  
Год  
Submission

Категории источников и сточков газов с парниковым эффектом	Базовый год <sup>(1)</sup>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(Gg)											
Эмиссии ХФУ <sup>(6)</sup> - в CO <sub>2</sub> эквиваленте (Гг)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ХФУ-23												11700
ХФУ-32												650
ХФУ-41												150
ХФУ-43-10mcc												1300
ХФУ-125												2800
ХФУ-134												1000
ХФУ-134a												1300
ХФУ-152a												140
ХФУ-143												300
ХФУ-143a												3800
ХФУ-227ea												2900
ХФУ-236fa												6300
ХФУ-245ca												560
Эмиссии ПФУ <sup>(6)</sup> - в CO <sub>2</sub> эквиваленте (Гг)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF <sub>4</sub>												6500
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>												9200
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>												7000
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>												7000
с-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>												8700
C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>												7500
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>												7400
Эмиссии SF <sub>6</sub> - в CO <sub>2</sub> эквиваленте (Гг)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SF <sub>6</sub>												23900

<sup>(6)</sup> Enter information on the actual emissions. Where estimates are only available for the potential emissions, specify this in a comment to the corresponding cell. Only in this row the emissions are expressed as CO<sub>2</sub> equivalent emissions in order to facilitate data flow among spreadsheets.

Введите информацию относительно фактических эмиссии. Где оценки только доступны для потенциальных(перспективных) эмиссии, определите это в

Таблица 10 Тенденция эмиссии (ОБЗОР)  
(Лист 5 из 5)

Страна  
Год  
Submission

Эмиссия газов с парниковым эффектом	Базовый год <sup>(1)</sup>	CO <sub>2</sub> эквивалент (Гг)											2000
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999		
Общие выбросы/удаления CO <sub>2</sub>	0,00	89 751,14	86 916,71	82 375,06	64 498,70	49 097,80	43 297,14	42 730,14	43 138,22	40 218,14	37 292,21	33 038,01	
Эмиссия CO <sub>2</sub> (без "Изменение землепользования...") <sup>(6)</sup>	0,00	102 471,35	101 481,71	98 025,06	81 378,70	66 782,80	61 454,75	60 885,14	61 448,22	58 738,14	56 590,65	52 019,38	
CH <sub>4</sub>	0,00	20 735,61	20 229,51	19 397,28	18 641,49	17 643,15	16 917,81	17 484,81	17 531,01	17 537,31	17 536,05	12 839,61	
N <sub>2</sub> O	0,00	10 347,80	9 975,80	8 639,70	7 939,10	5 948,90	5 024,48	5 828,00	6 497,60	6 965,70	6 165,59	6 483,96	
HFCs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
PFCs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SF <sub>6</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Сумма (включая "Общие выбросы/удаления CO <sub>2</sub> ")	0,00	120 834,55	117 122,02	110 412,04	91 079,29	72 689,85	65 239,43	66 042,95	67 166,83	64 721,15	60 993,85	52 361,58	
Сумма (без "Изменение землепользования...") <sup>(6)(8)</sup>	0,00	133 554,76	131 687,02	126 062,04	107 959,29	90 374,85	83 397,04	84 197,95	85 476,83	83 241,15	80 292,29	71 342,95	

Категории источников и стоков газов с парниковым эффектом	Базовый год <sup>(1)</sup>	CO <sub>2</sub> эквивалент (Гг)											2000
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999		
1. Энергетика	0,00	107 595,54	106 631,50	102 973,30	86 390,50	71 943,80	66 737,55	66 858,30	67 230,50	64 276,90	62 291,50	53 441,66	
2. Индустриальные процессы	0,00	2 227,70	2 134,46	2 060,84	1 892,52	1 376,97	1 179,43	1 276,42	1 538,62	1 761,62	1 742,58	1 624,69	
3. Исползование сольвентов	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4. Сельское хозяйство	0,00	20 630,93	19 843,73	17 977,09	16 788,80	14 321,65	12 905,14	13 284,76	13 697,55	13 991,33	12 842,31	12 827,10	
5. Изменение землепользования и лесное хозяйство <sup>(7)</sup>	0,00	-12 206,12	-14 074,17	-15 176,39	-16 422,93	-17 241,37	-17 722,59	-17 708,43	-17 845,84	-18 037,20	-18 805,14	-18 488,07	
6. Отходы	0,00	2 586,50	2 586,50	2 577,20	2 430,40	2 288,80	2 139,90	2 331,90	2 526,00	2 728,50	2 922,60	2 956,20	
7. Прочее	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

(6) Информация в этих строках для облегчения сравнения данных, так как Стороны предоставляют разные сообщения по эмиссиям и удалениям CO<sub>2</sub> по модулю "Изменение землепользования и лесоводство"

(7) Суммарные выбросы

(8) Информация в этих строках для облегчения сравнения данных, так как Стороны предоставляют разные сообщения по эмиссиям и удалениям CO<sub>2</sub> по модулю "Изменение землепользования и лесоводство". Обратите внимание, что эти суммы будут отличаться от данных, сообщенных в Обзорной Таблице 2 (Summary 2), если Стороны сообщают об эмиссиях не CO<sub>2</sub> газом по модулю "Изменение землепользования и лесоводство".

**Приложение 2. Вычисление неопределённости по уровню 1 национальной инвентаризации парниковых газов**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Категории источников МГЭЖК	Парниковый газ	Выбросы в базовом году	Выбросы в 2000 году	Неопределённость данных о деятельности	Неопределённость коэффициента эмиссии	Комбинированная неопределённость	Комбинированная неопределённость в % от общенационального выброса в 2000 году	Чувствительность типа А	Чувствительность типа Б
		Гг CO2 эквивалента	Гг CO2 эквивалента	%	%	%	%	%	%
1.1 Уголь	CO2	9803	3845	1	5	5,099	0,148	-0,013885	0,019
1.2 Нефть	CO2	63301	15630	1	2	2,236	0,264	-0,136878	0,079
1.3 Природный газ	CO2	27287	30426	1	2	2,336	0,513	0,061196	0,154
1.4 Другое (отходы)	CO2	224	837	1	5	5,099	0,032	0,003479	0,004
1.5 Топливо в целом	CH4	356	365	1	5	5,099	0,014	0,000638	0,002
1.6 Передача природного газа	CH4	6386	2224	1	5	5,099	0,086	-0,010469	0,011
1.7 Другое сжигание топлива (кроме транспорта)	N2O								
	N2O	1296	53	1	3	3,162	0,001	-0,004144	0,000
1.8 Транспорт	N2O	1023	12	1	5	5,099	0,000	-0,003422	0,000
2.1 Производство цемента	CO2	996,2	814,76	3	10	10,440	0,064	0,000737	0,004
2.2 Производство извести	CO2	860,15	463,02	3	10	10,440	0,036	-0,000582	0,002
2.3 Производство электростали	CH4	21	30,66	3	5	5,831	0,001	0,000084	0,000
2.4 Производство этилена	CH4	3,15	3,15	1	5	5,099	0,000	0,000005	0,000
2.5 Производство азотной кислоты	N2O	347,2	313,1	1	5	5,099	0,012	0,000405	0,002
3.1 Использование солевентов	HFC	1992	1130	35	5	35,355	0,301	-0,001056	0,006
4.1 Внутренняя ферментация	CH4	9897,3	6219,36	8	20	21,541	1,010	-0,002179	0,032
4.2 Операции с навозом	CH4	1215,9	787,71	8	20	21,541	0,128	-0,000148	0,004
4.3 Сжигание на полях	CH4	6,93	5,67	20	20	28,284	0,001	0,000005	0,000
4.4 Операции с навозом	N2O	4,96	3,1	8	20	21,541	0,001	-0,000001	0,000
4.5 Сельскохозяйственные почвы	N2O	9505,84	5811,26	5	20	20,616	0,904	-0,002914	0,029
4.6 Сжигание на полях	N2O	0	0,93	20	20	28,284	0,000	0,000005	0,000
5.1 Изменение землепользования и лесное хозяйство	CO2 (эмиссия)	23676,89	20583,64	15	10	18,028	2,799	0,023667	0,104
5.1 Изменение землепользования и лесное хозяйство	CO2 (поглощение)	36397,4	39565,02	15	10	18,028	5,380	0,076434	0,200
5.2 Изменение землепользования и лесное хозяйство	CH4	127,89	480,9	15	10	18,028	0,065	0,002002	0,002
5.3 Изменение землепользования и лесное хозяйство	N2O	12,4	12,4	15	10	18,028	0,002	0,000021	0,000
6.1 Захоронение твёрдых отходов	CH4	2348,43	2723,07	7	10	12,207	0,251	0,005803	0,014
6.2 Обработка сточных вод	N2O	246,4	243,2	6	10	11,662	0,021	0,000394	0,001
<b>ВСЕГО</b>		<b>197336,04</b>	<b>132582,95</b>				<b>6,288</b>		

A (продолжение)	В (продолжение) Парниковый газ	К	L	M	N	O	P	Q
Категории источников МГЭИК	Неопределенность тренда общенациональных выбросов, вносимая неопределенностью коэффициента эмиссии	Неопределенность тренда общенациональных выбросов, вносимая неопределенностью данных о деятельности	Неопределенность, вносимая в тренд общенациональных выбросов	Индикатор качества коэффициента эмиссии D/M/R %	Индикатор качества данных о деятельности D/M/R %	Номера ссылок на экспертные суждения	Индикатор качества данных о деятельности D/M/R %	Номер поясняющей сноски
1.1 Уголь	-0.069	0.028	0.075					
1.2 Нефть	-0.272	0.112	0.294					
1.3 Природный газ	0.122	0.218	0.250					
1.4 Другое (отходы)	0.017	0.006	0.018					
1.5 Топливо в целом	0.003	0.003	0.004					
1.6 Передача природного газа	-0.052	0.016	0.055					
1.7 Другое сжигание топлива (кроме транспорта)	-0.012	0.000	0.012					
1.8 Транспорт	-0.017	0.000	0.017					
2.1 Производство цемента	0.007	0.018	0.019					
2.2 Производство извести	-0.006	0.010	0.012					
2.3 Производство электростали	0.000	0.001	0.001					
2.4 Производство этилена	0.000	0.000	0.000					
2.5 Производство азотной кислоты	0.002	0.002	0.003					
3.1 Использование солей	-0.005	0.283	0.283					
4.1 Внутринная ферментация с навозом	-0.044	0.357	0.359					
4.2 Операции с навозом	-0.003	0.045	0.045					
4.3 Сжигание на полях навозом	0.000	0.001	0.001					
4.4 Операции с навозом	0.000	0.000	0.000					
4.5 Сельскохозяйственные почвы	-0.058	0.208	0.216					
4.6 Сжигание на полях	0.000	0.000	0.000					
5.1 Изменение землепользования и лесное хозяйство	0.237	2.213	2.225					
5.1 Изменение землепользования и лесное хозяйство (поглощение)	0.764	4.253	4.321					
5.2 Изменение землепользования и лесное хозяйство	0.020	0.052	0.055					
5.3 Изменение землепользования и лесное хозяйство	0.000	0.001	0.001					
6.1 Захоронение твердых отходов	0.058	0.137	0.148					
6.2 Обработка сточных вод	0.004	0.010	0.011					
<b>ВСЕГО</b>			<b>4,906</b>					