

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)**

**ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД  
ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*ТОМ I*

*ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА*

Москва — 2008

# ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## Том I. Изменения климата

---

УДК 551.583(470+570)  
ББК 19.3.4

**Научно-координационный комитет по подготовке “Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации”:**

Руководитель Росгидромета А. И. Бедрицкий (председатель), В. Г. Блинов, Д. А. Гершинкова (ответственный секретарь), Г. С. Голицын, В. П. Дымников, Ю. А. Израэль, В. М. Катцов, В. М. Котляков, В. П. Мелешко, В. И. Осипов, С. М. Семенов

**По поручению Росгидромета первый том доклада подготовлен Рабочей группой I “Изменение климата на территории Российской Федерации” в следующем составе:**

**Руководитель:** *В. П. Мелешко*

**Ведущие авторы:** *Г. В. Груза, А. С. Зайцев, И. Л. Кароль, В. М. Катцов, Н. В. Кобышева, В. П. Мелешко, А. В. Мещерская, В. М. Мирвис, А. И. Решетников, П. В. Спорышев*

**Авторы:** *Е. М. Акентьева, Г. В. Алексеев, О. А. Анисимов, Л. Н. Аристова, М. Ю. Бардин, Э. Г. Богданова, О. Н. Булыгина, В. Ю. Георгиевский, В. А. Говоркова, А. С. Зайцев, В. В. Иванов, Б. М. Ильин, В. М. Катцов, Л. К. Клещенко, М. В. Ключева, Н. К. Кононова, С. П. Малевский-Малевич, Е. Л. Махоткина, В. П. Мелешко, А. В. Мещерская, В. М. Мирвис, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, Н. Н. Парамонова, О. М. Покровский, В. Н. Разуваев, Э. Я. Ранькова, А. И. Решетников, Э. В. Рочева, Т. П. Светлова, П. В. Спорышев, В. В. Стадник, Е. И. Хлебникова, М. З. Шаймарданов, А. Л. Шальгин, И. А. Шикломанов, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров*

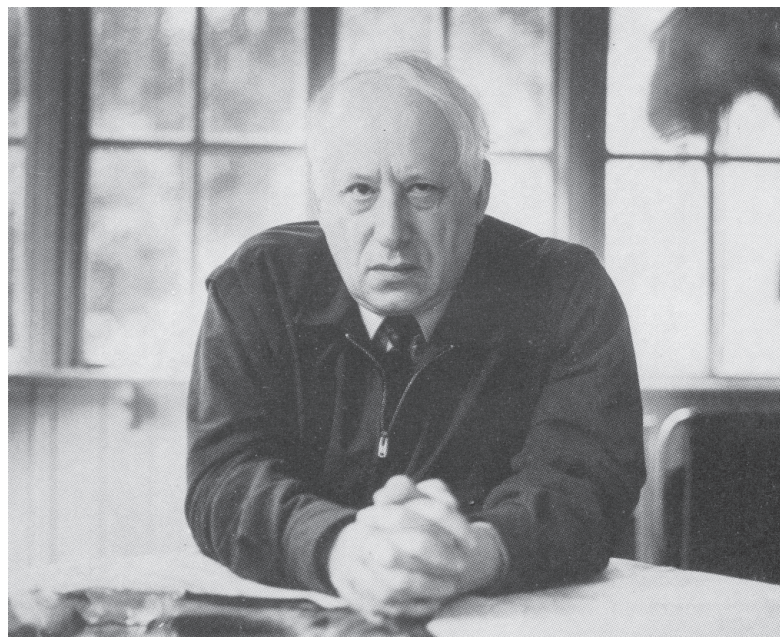
**Рецензенты:** *О. Н. Булыгина, А. С. Гинзбург, академик РАН Г. С. Голицын, П. Я. Гройсман, академик РАН В. П. Дымников, член-корреспондент РАН В. Н. Лыкосов, член-корреспондент РАН И. И. Мохов*

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА РОССИИ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Основные определения .....	9
1.2. Особенности климата России .....	10
1.3. Выводы .....	17
1.4. Литература .....	18
<b>2. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ В РОССИИ .....</b>	<b>19</b>
2.1. Климатическая информация международных программ .....	19
2.2. Наземная метеорологическая сеть .....	21
2.3. Аэрологическая сеть наблюдений .....	22
2.4. Гидрологическая сеть наблюдений .....	23
2.5. Наблюдения за криолитозоной .....	24
2.6. Наблюдения за парниковыми газами .....	25
2.7. Озонометрическая сеть наблюдений .....	25
2.8. Актинометрическая сеть наблюдений .....	26
2.9. Океанографические наблюдения .....	26
2.10. Спутниковые наблюдения за климатом .....	27
2.11. Выводы .....	29
2.12. Литература .....	30
<b>3. ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА РОССИИ ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ..</b>	<b>31</b>
3.1. Температура приземного воздуха .....	31
3.2. Атмосферные осадки .....	44
3.3. Облачность и солнечная радиация .....	54
3.4. Речной сток .....	59
3.5. Атмосферная циркуляция .....	62
3.6. Криосферные процессы .....	74
3.7. Выводы .....	79
3.8. Литература .....	80
<b>4. ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТ .....</b>	<b>88</b>
4.1. Парниковые газы атмосферы .....	88
4.2. Радиационное воздействие парниковых газов на климат .....	93
4.3. Влияние аэрозоля на парниковый эффект и климат .....	97
4.4. Другие антропогенные воздействия на климат .....	99
4.5. Эмиссия и стоки парниковых газов, взаимодействие с биосферой .....	101
4.6. Выводы .....	108
4.7. Литература .....	109
<b>5. МОДЕЛИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА .....</b>	<b>112</b>
5.1. Предсказуемость климата .....	112
5.2. Иерархия и структура современных моделей климатической системы .....	113
5.3. Чувствительность климата и обратные связи .....	115
5.4. Оценка качества моделей климата .....	117
5.5. Ансамблевый подход .....	119

5.6. Модели общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 .....	119
5.7. Архивы данных наблюдений и реанализа .....	122
5.8. Воспроизведение наблюдаемого климата России с помощью моделей СМIP3 .....	124
5.9. Региональные климатические модели .....	142
5.10. Выводы .....	144
5.11. Литература .....	144
<b>6. АНТРОПОГЕННЫЙ ВКЛАД В ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА .....</b>	<b>152</b>
6.1. Введение .....	152
6.2. Причины наблюдаемых изменений климата .....	156
6.3. Обнаружение антропогенного потепления на территории России .....	166
6.4. Антропогенное потепление климата и альтернативные гипотезы .....	168
6.5. Выводы .....	170
6.6. Литература .....	171
<b>7. ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА РОССИИ В XXI ВЕКЕ .....</b>	<b>174</b>
7.1. Сценарии изменения концентрации парниковых газов и аэрозолей в атмосфере .....	174
7.2. Неопределенности оценок будущих изменений климата .....	178
7.3. Регионы и базовые периоды, использованные в оценках изменения климата .....	180
7.4. Термические и динамические характеристики климата .....	182
7.5. Влагообмен между атмосферой и подстилающей поверхностью .....	189
7.6. Криосферные характеристики климата .....	200
7.7. Выводы .....	208
7.8. Литература .....	208
<i>Приложение 7.1</i> .....	213
<b>8. НЕОБХОДИМЫЕ ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА .....</b>	<b>214</b>
8.1. Задачи, стоящие перед современной наукой о климате .....	214
8.2. Наблюдения за эволюцией климатической системы .....	214
8.3. Проблемы, требующие дальнейших исследований .....	215
8.4. Развитие физико-математического моделирования климатической системы .....	217
8.5. Совершенствование вычислительных стратегий .....	218
8.6. Выводы .....	219
8.7. Литература .....	220
<i>Приложение 1</i> .....	221
<i>Приложение 2</i> .....	226

**Посвящается памяти выдающегося  
российского климатолога академика  
М. И. Будыко**



Академик Михаил Иванович Будыко (1920–2001 гг.) — один из крупнейших российских ученых прошедшего столетия в области наук об окружающей природной среде и, в первую очередь, климатологии.

В середине XX века М. И. Будыко создал новое направление метеорологической науки — физическую климатологию (теорию климата). Усилиями и трудами М. И. Будыко, его коллег и учеников теория климата стала одной из наиболее продвинутых и практически значимых наук о Земле. Работы М. И. Будыко, выполненные в конце 1960–х — начале 1970-х годов, сыграли исключительно важную роль в формировании современных научных взглядов на проблему антропогенных изменений климата в настоящее время и прогностических оценок на будущее. Благодаря своей научной прозорливости и активной исследовательской деятельности М. И. Будыко уже в 1972 г. впервые указал, что ближайшие десятилетия будут характеризоваться существенным потеплением глобального климата. Для того времени подобное мнение было слишком необычным. В наши дни вывод о глобальном антропогенном изменении климата разделяется подавляющим большинством ученых и подтвержден многочисленными натурными наблюдениями.

Труды М. И. Будыко широко известны и признаны в нашей стране и за рубежом. Они неоднократно отмечались высокими наградами. Наивысшей оценкой научной деятельности М. И. Будыко стала присужденная ему в 1998 г. за достижения в исследованиях окружающей среды премия международного фонда Асахи “Голубая планета”. Это награждение в особой степени свидетельствует о признании выдающегося вклада академика Михаила Ивановича Будыко в мировую климатологию и экологию.

## Предисловие

В своей современной постановке проблема антропогенного изменения климата неразрывно связана с именем выдающегося российского ученого Михаила Ивановича Будыко. Еще в конце 1960-х годов с удивительной прозорливостью он предсказал антропогенное глобальное потепление, которое мы наблюдаем последние десятилетия. Современная мировая наука предоставляет все более веские аргументы в подтверждение того, что парниковые газы, накопленные в атмосфере в результате хозяйственной деятельности человека, уже оказывают заметное влияние на климат. Согласно оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), опубликованным в 2007 г., с достоверностью, превышающей 90%, антропогенный фактор ответствен за большую часть глобального потепления, наблюдаемого с середины XX века. Вероятность усугубления антропогенных изменений климата в течение XXI века также превышает 90%. Особенную озабоченность научного сообщества вызывает высокая скорость наблюдаемых изменений климата, которая, как показывают прогностические оценки, будет нарастать.

Изменения глобального климата проявляются не только как глобальное потепление: увеличиваются частота и интенсивность климатических аномалий и экстремальных явлений погоды, которые зачастую приводят к значительному материальному ущербу и даже к человеческим жертвам. Назревают и уже начинают проявляться гуманитарные проблемы, связанные с уязвимостью человечества по отношению к неблагоприятным последствиям изменений климата.

Глобальное потепление создает для Российской Федерации — с учетом ее размеров, географического положения, разнообразия климатических условий, структуры экономики, демографических проблем и геополитических интересов — новую ситуацию, когда изменение климата становится существенным фактором внутренней и внешней политики, а игнорирование проблемы изменения климата, бездействие, оправдываемое ее недостаточной изученностью, чревато серьезными опасностями для устойчивого развития и безопасности страны. Однозначная оценка последствий ожидаемого потепления для нашей страны (в целом, выгодно или вредно), по-видимому, в принципе невозможна, если учитывать сложность взаимодействия разных факторов на ее огромной территории (живая и неживая природа, природа и человек), этическую сторону проблемы (риск уничтожения тех или иных биологических видов, возможность катастрофических последствий для населения отдельных регионов и т. п., с одной стороны, и но-

вые экономические возможности, с другой), политические факторы (мировая энергетическая безопасность, отношения с развитыми и развивающимися странами в рамках международных усилий по смягчению антропогенной нагрузки на климат и т. п.). Все это обуславливает необходимость формирования независимой, тщательно проработанной и научно обоснованной позиции руководства страны в отношении проблемы изменения климата.

Практически все органы государственной власти нашей страны заинтересованы в получении *физически обоснованной* количественной картины будущих изменений климата, в снижении существующих неопределенностей и в пространственно-временной детализации климатических прогнозов. Все это может быть обеспечено лишь отвечающими мировому уровню скоординированными и сфокусированными исследованиями в рамках *национальной климатической программы*. Авторы настоящего доклада рассматривают свой труд как предпосылку для разработки такой программы.

Целью первого тома настоящего доклада является анализ результатов новейших фундаментальных исследований в области климата и на основе этого анализа оценка будущих изменений климата России и отдельных ее регионов. В первом томе доклада обобщены результаты исследований климата России в контексте глобальных климатических изменений, наблюдавшихся до настоящего времени и ожидаемых в ближайшие десятилетия и в более отдаленной перспективе. При этом использованы многочисленные отечественные и зарубежные источники, в частности, оценочные доклады Международной группы экспертов по изменению климата. В подготовке первого тома настоящего доклада в качестве авторов и рецензентов принимали участие специалисты научно-исследовательских учреждений Росгидромета и РАН. Координацию этой работы осуществляла Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова Росгидромета.

Настоящий доклад является вкладом Росгидромета в научное обоснование национальной стратегии Российской Федерации в отношении изменения климата. Он предназначен для органов государственной власти, экспертов в области климата и смежных проблем, а также для широкой научной общественности и всех, кто интересуется проблемами изменения климата.

В. М. Катцов,  
доктор физико-математических наук,  
директор Главной геофизической  
обсерватории им. А. И. Воейкова