

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)



**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ
И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Москва — 2012

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ
И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Москва — 2012

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 551.583.001.24
ISBN 978-5-904206-10-9

Главное научное учреждение по подготовке этой публикации: федеральное государственное бюджетное учреждение “Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук”

Рецензенты: академик РАН Е. А. Ваганов, академик РАН Ю. А. Израэль

Научный редактор: С. М. Семенов

Редакционная группа: Е. Н. Попова, А. М. Трифонова-Яковлева, В. В. Ясюкевич

**По поручению Росгидромета данная коллективная монография
подготовлена Рабочей группой в следующем составе:**

Руководитель: С. М. Семенов

Авторы-координаторы глав: О. А. Анисимов, С. В. Борщ, В. Ю. Георгиевский, Г. Э. Инсаров, Н. В. Кобышева, А. Г. Костяной, А. Н. Кренке, С. М. Семенов, О. Д. Сиротенко, И. Е. Фролов, Е. И. Хлебникова, Б. Г. Шерстюков

Авторы: М. Д. Ананичева, Ю. А. Анохин, А. Е. Асарин, В. В. Асмус, М. В. Болгов, О. К. Борисова, А. А. Величко, А. В. Григорьев, З. М. Гудкович, П. Ф. Демченко, В. П. Каркин, А. В. Кислов, С. В. Клячкин, М. Д. Корзухин, В. А. Кровотынцев, В. Н. Крупчатников, В. Н. Кудеяров, С. А. Лавров, С. А. Лебедев, Г. В. Малкова, А. А. Минин, Л. Т. Мяч, Р. Е. Никонина, Г. А. Носенко, А. В. Ольчев, А. В. Павлов, В. Н. Павлова, Т. В. Павлова, А. Я. Полуниин, В. В. Попова, Е. Н. Попова, В. В. Поповнин, В. А. Романовский, С. М. Семенов, А. А. Сирин, В. М. Смоляницкий, Н. А. Сперанская, Д. А. Стрелецкий, Ф. С. Терзиев, Ю. Г. Филиппов, С. В. Фролов, В. И. Харук, А. Л. Холодов, Т. Е. Хромова, А. Л. Шалыгин, Н. И. Шикломанов, А. Б. Шмакин

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5	Расчет параметров наводнений, вызванных стонно-нагонными явлениями на внутренних водоемах (Каспийское море).....	116
Глава 1. ОБЩЕМЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ	6	Расчет параметров наводнений на внутренних водоемах, вызванных техногенными причинами	119
Введение	6	Методы прогноза возможного ущерба от наводнений (на примере Московской области).....	121
Климат, его изменения и их последствия: основные понятия и постановка вопроса.....	6	Противопаводковое значение водохранилищ и проблема предупреждения ущерба	122
Палеогеографические методы	30	Литература	124
Дистанционные методы мониторинга климата.....	36	Глава 4. Засухи	126
Математические модели природных систем	42	Определения, классификация засух.	
Литература	49	Предпосылки формирования	126
Глава 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	53	Влагообеспеченность территории: данные наблюдений.....	129
Введение	53	Методические аспекты анализа данных наблюдений влагообеспеченности	135
Исходная гидрометеорологическая информация.....	54	Специальные индексы засушливости	140
Современные климатообусловленные изменения стока рек.....	56	Моделирование процессов тепло- и влагообмена в деятельном слое почвы.....	145
Оценки влияния возможных изменений климата на водные ресурсы и гидрологический режим в ближайшие десятилетия	73	Возможности оценки наблюдаемых и ожидаемых изменений засушливости.....	149
Заключение	84	Литература	155
Литература	85	Глава 5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	165
Глава 3. НАВОДНЕНИЯ	87	Оценки изменений агроклиматических ресурсов	166
Введение	87	Оценка биоклиматического потенциала и продуктивности сельского хозяйства.....	172
Классификации наводнений.....	87	Урожайность сельскохозяйственных культур и качество сельскохозяйственной продукции	174
Повторяемость наводнений в разных регионах.....	91	Продовольственная безопасность и проблема устойчивого развития сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата	177
Влияние наводнений на безопасность населения и экономики.....	94	Оценка влияния изменений климата на сельское хозяйство методом агроклиматических аналогов	178
Наводнения в России	95	Методы мониторинга изменений климата для сельского хозяйства.....	181
Системы мониторинга и прогнозирования наводнений и предупреждения о наводнениях, действующие в Российской Федерации и за рубежом	98	Литература	188
Расчет параметров речных наводнений, вызванных снеготаянием или дождевыми осадками экстремальной интенсивности	105		
Расчет параметров наводнений, вызванных ледовыми заторами и зажорами.....	110		
Расчет параметров наводнений, вызванных цунами и барическими волнами (сгонно-нагонными явлениями).....	113		
Расчет параметров наводнений, вызванных селевыми паводками.....	115		

Глава 6. ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СУШИ	190	Спутниковая информация как источник данных о ледниках	368
Фенологические события	190	Оценка изменений баланса массы и других характеристик ледниковых систем при изменениях климата на основе смещения высоты границы питания	374
Потоки CO ₂ в лесных экосистемах	199	Методы оценки эволюции ледников на основе их массообмена и пространственного положения	379
Болотные экосистемы	218	“Минимальные” детерминированные и стохастические модели ледников	392
Границы биомов на равнине	225	Литература	395
Границы высотных поясов растительности (пространственно-временные изменения высокогорного пояса древостоев в Южной Сибири)	245	Глава 10. МОРСКОЙ ЛЕД	400
Литература	254	Введение	400
Глава 7. ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ	266	Архивы данных по морскому льду	400
Введение	266	Климатическая изменчивость морских льдов в арктических морях и Арктическом бассейне	407
Факторы пожароопасности в лесах	266	Моделирование основных ледовых процессов	417
Показатели (индексы) потенциальной опасности возгорания леса по условиям погоды	268	Влияние морских льдов на морскую деятельность	422
Глобальная роль лесных пожаров: прямой ущерб и дополнительные эмиссии в атмосферу	278	Литература	427
Мониторинг лесных пожаров в России	280	Глава 11. МОРЯ	430
Расчетные оценки пожароопасности в лесах и фактические данные о лесных пожарах	285	Введение	430
Влияние изменений климата на лесные пожары	295	Функции ведомств при осуществлении мониторинга водных объектов в России	430
Литература	298	Морская наблюдательная система в России	432
Глава 8. КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА	301	Морская гидрометеорологическая береговая и устьевая сеть	435
Наблюдательные сети мониторинга криолитозоны	303	Температура и соленость	436
Базы геокриологических данных в России	327	Основные базы океанографических данных	443
Выявление трендов состояния многолетней мерзлоты, связанных с изменением климата, статистическими методами	329	Некоторые примеры наблюдаемых изменений температуры поверхности в морях России	446
Математическое моделирование влияния изменения климата на многолетнюю мерзлоту	335	Уровень моря, приводный ветер, волны	452
Изменения климата и показатели геокриологической опасности	350	Последствия возможных климатических изменений уровня моря для природных систем и секторов экономики	472
Литература	353	Литература	475
Глава 9. ЛЕДНИКИ И ЛЕДНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ	360	Глава 12. ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	479
Введение	360	Методология оценки последствий изменения климата для технических систем	479
Основные характеристики (параметры) ледников	360	Энергетика	480
Основные характеристики ледниковых систем	362	Отопление и кондиционирование помещений	494
Наземные наблюдения за ледниками	362	Строительство	495
Формирование архивов данных о состоянии ледников. Источники и архивы данных	363	Транспорт	499
		Литература	501
		ПОСЛЕСЛОВИЕ	504

ПРЕДИСЛОВИЕ

Как показала работа над первым “Оценочным докладом об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации”, выпущенным Росгидрометом в 2008 г., методическая база оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем по ряду разделов требует улучшения. Некоторые подходы нуждаются в модернизации. Необходимо дальнейшее развитие методов выявления изменений в состоянии физических и биологических систем, их атрибуции (определение причин) и анализа рисков. Это относится как к научному обоснованию методов, так и к их эффективности.

В связи с этим в 2009 г. по инициативе Росгидромета была начата подготовка данной коллективной монографии. Цели этой работы следующие:

— описание доступных данных (зарубежных и отечественных, контактных и дистанционных), необходимых для обобщений в региональном и более широком масштабах, о климатообусловленных изменениях физических и биологических систем;

— изложение существующих методов оценки наблюдаемых и ожидаемых изменений в физических и биологических системах, связанных с изменениями климата, и анализ их обоснованности и эффективности.

В первой главе книги рассматриваются общеметодологические вопросы. Они касаются как общей постановки задачи выявления и атрибуции изменений физических и биологических систем, так и обсуждения ряда важных областей методологии решения этой задачи. В том числе обсуждаются роль палеогеографических методов, возможности спутникового мониторинга, роль математического модели-

рования, а также некоторые проблемы оценки изменения экстремальности климата.

Основной материал книги организован по предметному принципу — отдельные главы посвящены гидрологическому режиму и водным ресурсам, сельскому хозяйству (растениеводству), природным экосистемам суши, континентальной многолетней мерзлоте, ледниковым системам, морскому льду, морям, наземным техническим системам.

Особое внимание уделено методам оценки последствий изменения статистической структуры климата, в том числе степени изменчивости и экстремальности климата. В связи с этим отдельные главы посвящены наводнениям, засухам и лесным пожарам — экстремальным явлениям, которые оказывают негативное воздействие на хозяйственные системы, здоровье и благосостояние населения во многих странах.

Во многих главах уделено внимание использованию дистанционных, в основном космических, методов наблюдения для мониторинга состояния физических и биологических систем, их отклика на изменение климата.

Данная коллективная монография подготовлена специалистами научных институтов Росгидромета, Российской академии наук и некоторых российских вузов. В начале списка авторов каждой главы указан автор-координатор. Пользуясь возможностью, хотел бы искренне поблагодарить всех авторов за слаженную работу, которая проходила в духе сотрудничества и ответственности.

В. Г. Блинов, руководитель Управления научных программ, международного сотрудничества и информационных ресурсов Росгидромета