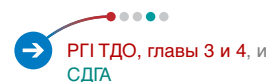

Вопрос 2

B2

Каковы доказательства, причины и последствия изменений климатической системы Земли, произошедших с начала доиндустриальной эпохи?

- (a) Изменялся ли климат Земли с начала доиндустриальной эпохи на региональном и/или глобальном уровне? Если изменялся, то какую часть наблюдаемых изменений, если таковые есть, можно отнести на счет антропогенного воздействия и какую часть - на счет природных явлений? Что лежит в основе такого отнесения?
 - (б) Что известно об экологических, социальных и экономических последствиях изменения климата, произошедших после доиндустриальной эпохи и особенно за последние 50 лет?
-

- 2.1 Ответ на эти вопросы сводится к определению классического измерения параметров климата (например температуры, осадков, уровня моря, а также экстремальных явлений, включая наводнения, засухи и штормы), других компонентов климатической системы Земли (например парниковых газов и аэрозолей, экологических систем), а также здоровья людей и положения в социально-экономических секторах. *Изменение климата*, в соответствии с определением МГЭИК, означает статистически значимую изменчивость на протяжении длительного периода времени, обычно несколько десятилетий или больше. Оно включает сдвиги в частотности и масштабе спорадических погодных явлений, а также медленное и непрерывное повышение средней температуры на поверхности Земли. Таким образом, анализируемый здесь вопрос включает колебания климата-погоды в пределах всех временных и пространственных шкал, которые варьируются от коротких жестоких штормов до сезонных явлений типа Эль-Ниньо, засух, классифицируемых по десятилетней шкале, и вековые колебания температуры и ледяного покрова. Хотя быстротечные колебания климата в настоящее время, как считается, носят преимущественно естественный характер, их воздействия анализируются в этом разделе, поскольку они представляют собой тот тип изменений, который может приобрести более доминирующий характер в условиях будущего климата, нарушенного деятельностью человека (см. вопрос 4). Установление причин этих явлений здесь используется в качестве своего рода процесса определения наиболее вероятных причин обнаруженных изменений на некотором определенном доверительном уровне. Этот анализ касается как изменения климата, который объясняется влиянием человека, так и изменения климата, которое в настоящее время, возможно, носит естественный характер, но в будущем может измениться под воздействием деятельности человека (см. вставку 3-1).
- 2.2 **Совершенно очевидно, что климатическая система Земли изменялась с начала доиндустриальной эпохи как на глобальном, так и на региональном уровнях, причем некоторые из этих изменений следует отнести на счет антропогенной деятельности.**
- 2.3 **Выбросы парниковых газов и аэрозолей, обусловленные антропогенной деятельностью, продолжают изменять атмосферу таким образом, что, как ожидается, это может сказаться на климате (см. таблицу 2-1).**
- 2.4 **Концентрации парниковых газов в атмосфере и их внешнее радиационное воздействие, в общем и целом, в течение XX века увеличивались в результате антропогенной деятельности.** Концентрация практически всех парниковых газов достигла максимального зарегистрированного уровня в 90-х годах и продолжает повышаться (см. рисунок 2-1). На протяжении последних 420 тысяч лет концентрации диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄) в атмосфере подвергались существенным колебаниям в ходе ледниковых эпох и межледниковья, однако даже максимальные из этих предшествующих величин гораздо меньше, нежели нынешние атмосферные концентрации этих газов. С точки зрения радиационного воздействия парниковых



Вставка 2-1	Заключение, касающееся доверительных уровней и вероятности.
<p>В соответствующих случаях авторы Третьего доклада об оценке установили соответствующие доверительные уровни, которые представляют собой их коллективное суждение относительно достоверности того или иного вывода, сделанного на основе данных наблюдения, результатов моделирования и рассмотренных ими теоретических выкладок. В тексте обобщенного доклада и ТДО применительно к выводам РГ I используются следующие термины: <i>практически достоверно</i> (вероятность того, что вывод верен, составляет более 99%); <i>весьма вероятно</i> (вероятность 90-99%); <i>вероятно</i> (вероятность 66-90%); <i>средняя вероятность</i> (вероятность 33-66%); <i>маловероятно</i> (вероятность 10-33%); <i>весьма маловероятно</i> (вероятность 1-10%); и <i>практически невероятно</i> (вероятность менее 1%). Четко указанный предел неопределенности (±) представляет собой <i>вероятный</i> предел. Оценки доверительного уровня применительно к выводам РГ II являются: <i>очень высокими</i> (95% и выше), <i>высокими</i> (67-95%), <i>средними</i> (33-67%), <i>низкими</i> (5-33%) и <i>очень низкими</i> (5% и меньше). Доверительные уровни в отношении выводов РГ III не установлены.</p>	

Таблица РП-1 Изменения, произошедшие в атмосфере, климате и биофизической системе Земли в течение XX века. ^a	
Показатель	Наблюдаемые изменения
<i>Показатели концентрации</i>	
Атмосферная концентрация CO ₂	С 280 млн. ⁻¹ за период с 1000 по 1750 год до 368 млн. ⁻¹ в 2000 году (увеличение на 31 ± 4%). [РГТ ТДО, глава 3]
Обмен CO ₂ в земной биосфере	Кумулятивный источник выбросов в объеме приблизительно 30 Гт С в период с 1800 по 2000 год; в то же время в 90-е годы чистая абсорбция составила примерно 14 ± 7 Гт С. [РГТ ТДО, глава 3 и СДЗИЗЛХ]
Атмосферная концентрация CH ₄	С 700 млрд. ⁻¹ за период с 1000 по 1750 год до 1 750 млрд. ⁻¹ в 2000 году (увеличение на 151 ± 25%). [РГТ ТДО, глава 4]
Атмосферная концентрация N ₂ O	С 270 млрд. ⁻¹ за период с 1000 по 1750 год до 316 млрд. ⁻¹ в 2000 году (увеличение на 17 ± 5%). [РГТ ТДО, глава 4]
Тропосферная концентрация O ₃	Увеличилась на 35 ± 15% в период с 1750 по 2000 год; варьируется в зависимости от региона. [РГТ ТДО, глава 4]
Стратосферная концентрация O ₃	Снизилась в период с 1970 по 2000 год; варьируется в зависимости от высоты и широты. [РГТ ТДО, главы 4 и 6]
Атмосферная концентрация ГФУ, ПФУ и SF ₆	Увеличилась в глобальном масштабе в течение последних 50 лет. [РГТ ТДО, глава 4]
<i>Показатели погоды</i>	
Средняя глобальная температура поверхности	Увеличилась на 0,6 ± 0,2°C в течение XX века; температура на суше повысилась больше, чем температура океана (<i>весьма вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.2.2.3]
Температура на поверхности северного полушария	Увеличилась в течение XX века в большей степени, чем в течение любого другого века за последнюю тысячу лет; 90-е годы прошлого столетия оказались самым теплым десятилетием в этом тысячелетии (<i>вероятно</i>). [РГТ ТДО, глава 2 Р и раздел 2.3.2.2]
Диапазон дневной температуры на поверхности	Увеличился в период с 1950 по 2000 год на суше: темпы увеличения минимальных температур в ночное время превышали в два раза темпы увеличения максимальных дневных температур (<i>вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.2.2.1]
Индекс жарких дней / жары	Увеличился (<i>вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.7.2.1]
Индекс холодных / морозных дней	Снизился практически во всех районах суши в течение XX века (<i>весьма вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.7.2.1]
Материковые осадки	Увеличились на 5%-10% в течение XX века в северном полушарии (<i>весьма вероятно</i>), хотя в некоторых регионах сократились (например в Северной и Западной Африке и некоторых районах Средиземноморья). [РГТ ТДО, глава 2 Р и раздел 2.5.2]
Случаи обильного выпадения осадков	Увеличились в средних и высоких широтах северного полушария (<i>вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.7.2.2]
Частотность и суровость засухи	Увеличились масштабы аридизации в летнее время и связанная с нею распространенность засухи в ряде районов (<i>вероятно</i>). В некоторых регионах, таких, как некоторые части Азии и Африки, в последние десятилетия наблюдалось увеличение частотности и интенсивности засухи. [РГТ ТДО, разделы 10.1.3 и 11.1.2]




газов, выбрасываемых в результате антропогенной деятельности, CO₂ и CH₄ занимают, соответственно, первое и второе место по своей значимости. С 1750 по 2000 год концентрация CO₂ увеличилась на 31±4%, а концентрация CH₄ – на 151±25% (см. вставку 2-1 и рисунок 2-1). Эти темпы увеличения беспрецедентны. В результате сжигания ископаемых видов топлива в 80-е годы в среднем выбрасывалось 5,4 Гт С/год⁻¹, а в 90-е годы этот показатель увеличился до 6,3 Гт С/год⁻¹. Приблизительно три четверти этого увеличения атмосферной концентрации CO₂ в 90-е годы обусловлено сжиганием ископаемых видов топлива, а остальная часть приходится на изменения в землепользовании, включая обезлесение. На протяжении XIX и в большей степени XX века земная биосфера была, в общем и целом, источником атмосферного CO₂, однако ближе к концу XX века она превратилась в чистый поглотитель. Повышение CH₄ вызвано, как установлено, выбросами, связанными с использованием энергии, животноводством,

Таблица РП-1	Изменения, произошедшие в атмосфере, климате и биофизической системе Земли в течение XX века. ^a	
Биологические и физические показатели		
Глобальный и средний уровень моря	Увеличивался в среднем ежегодно на 1-2 мм в течение XX века. [РГТ ТДО, глава 11]	
Длительность ледостава на реках и озерах	Снизилась приблизительно на две недели в течение XX века в средних и высоких широтах северного полушария (<i>весьма вероятно</i>). [РГТ ТДО, глава 2 Р и раздел 2.2.5.5, и РГП ТДО, разделы 5.7 и 16.1.3.1]	
Протяженность и толщина льда арктических морей	В последние десятилетия стала тоньше на 40% в период с конца лета по начало осени (<i>вероятно</i>) и уменьшилась на 10-15% с 50-х годов прошлого столетия в весенний и летний периоды. [РГТ ТДО, раздел 2.2.5.2, и РГП ТДО, раздел 16.1.3.1]	
Неполярные ледники	Повсеместное отступление в течение XX века. [РГТ ТДО, раздел 2.2.5.4, и РГП ТДО, раздел 4.3.11]	
Снежный покров	Сократился по площади на 10% с момента введения в действие глобальной системы наблюдения с помощью спутников в 60-е годы (<i>весьма вероятно</i>). [РГТ ТДО, раздел 2.2.5.1]	
Вечная мерзлота	Подтаяла, потеплела и деградировала в некоторых частях полярных, субполярных и горных районов. [РГТ ТДО, разделы 2.2.5.3 и 11.2.5, и РГП ТДО, раздел 16.1.3.1]	
Явления типа Эль-Ниньо	По сравнению с предыдущими ста годами в течение последних 20-30 лет стали более частыми, продолжительными и интенсивными. [РГТ ТДО, раздел 7.6.5]	
Период роста	Сокращался примерно на 1-4 дня за десятилетие в течение последних 40 лет в северном полушарии, в особенности в высоких широтах. [РГТ ТДО, раздел 5.2.1]	
Границы произрастания растений и обитания животных	Сдвинулись в сторону полюса и вверх по высоте над уровнем моря в случае растений, насекомых, птиц и рыбы. [РГП ТДО, разделы 5.2.5.4 и 16.1.3.1]	
Размножение, цветение и миграция	Более раннее цветение, более ранний прилет птиц, более раннее наступление периода размножения и более раннее время появления насекомых в северном полушарии. [РГП ТДО, разделы 5.2.14 и 5.4.3]	
Обесцвечивание коралловых рифов	Частотность увеличилась, особенно в период явлений типа Эль-Ниньо. [РГП ТДО, раздел 6.3.8]	
Экономические показатели		
Экономические убытки, связанные с погодой	Масштабы глобальных убытков, скорректированных на инфляцию, в течение последних 40 лет увеличились (см. В2, рисунок 2-7). Эта наблюдаемая повышательная тенденция отчасти связана с социально-экономическими и отчасти с климатическими факторами. [РГП ТДО, разделы 8.2.1 и 8.2.2]	
^a Эта таблица содержит примеры основных наблюдаемых изменений, перечень которых не является исчерпывающим. Она включает как изменения, относимые на счет изменения климата, вызванного антропогенной деятельностью, так и изменения, которые, возможно, вызваны естественными колебаниями или изменением климата, вызванным антропогенной деятельностью. Доверительные уровни указываются в тех случаях, в которых они были однозначно определены соответствующей Рабочей группой. В аналогичной таблице, содержащейся в обобщенном докладе, указаны перекрестные ссылки на доклады РГ I и РГ II.		

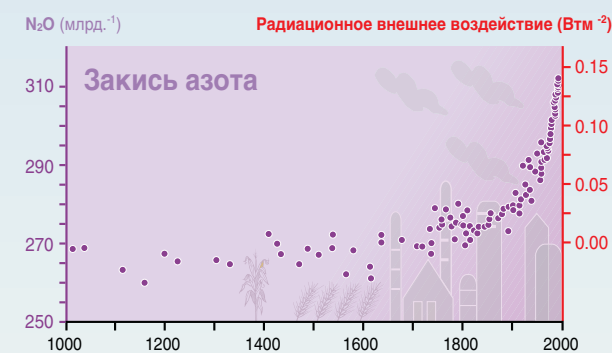
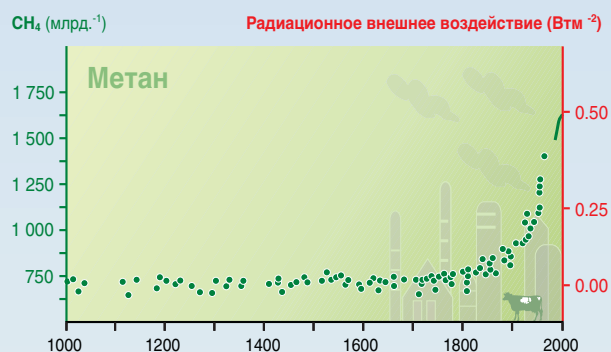
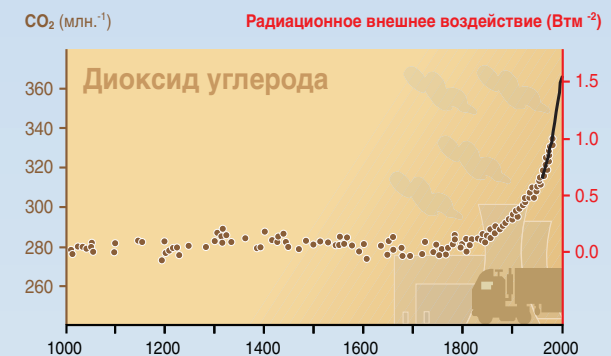
возделыванием риса и свалками. Повышение концентрации других парниковых газов – прежде всего тропосферного озона (O_3), который занимает третье по значимости место, – непосредственно объясняется сжиганием ископаемых видов топлива, а также другими промышленными и сельскохозяйственными выбросами.

- 2.5 **Радиационное внешнее воздействие, обусловленное повышением концентрации антропогенных парниковых газов с начала доиндустриальной эпохи является позитивным (вызывает потепление) и характеризуется небольшим диапазоном неопределенности; радиационное воздействие, обусловленное прямым воздействием аэрозолей, является негативным (ведет к похолоданию) и более слабым; в то же время негативное внешнее воздействие, обусловленное косвенным действием аэрозолей (на облака и гидрологический цикл), возможно, является сильным, однако точному количественному определению не поддается.** Ключевые антропогенные и природные факторы, явившиеся причиной изменения радиационного внешнего воздействия с 1750 по 2000 год, показаны на рисунке 2.2, на котором факторы, радиационное воздействие которых может быть определено количественно, изображены в виде широких цветных столбиков.

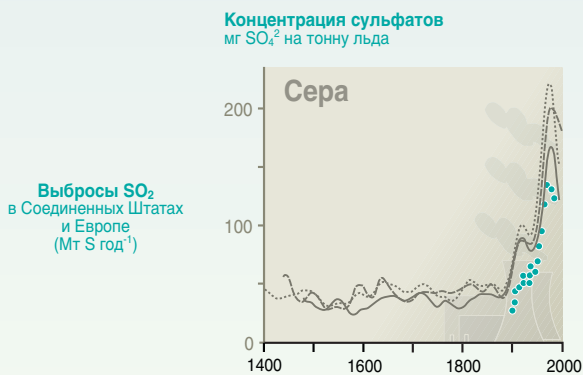
 РГТ ТДО, главы 5 и 6 и
СДГА, глава 6

Показатели антропогенного воздействия на атмосферу в течение индустриальной эпохи

Глобальные атмосферные концентрации трех хорошо смешивающихся парниковых газов



Отложение сульфат-аэрозолей во льдах Гренландии



→ РГ ТДО, рисунки РП-2, 3-2b, 4-1a, 4-1b, 4-2 и 5-4a

Рисунок 2-1. Рекордные значения предшествующих изменений в составе атмосферы на протяжении последнего тысячелетия свидетельствуют о быстром увеличении содержания парниковых газов и сульфат-аэрозолей, которое объясняется, главным образом, развитием промышленности с 1750 года. На трех верхних графиках показано повышение атмосферных концентраций диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) в течение предшествующей тысячи лет. Прежние разрозненные данные, полученные путем анализа воздуха, заключенного во льду (отдельные точки) совпадают с постоянными наблюдениями за составом атмосферы в течение последних десятилетий (сплошные линии). Эти газы хорошо перемешиваются с атмосферой и их концентрации отражают выбросы из источников в самых разных точках земного шара. Предполагаемое позитивное радиационное воздействие этих газов показано на шкале справа. На самом нижнем графике показана концентрация сульфата в кернах льда, взятых в Гренландии (с помощью линий по трем различным кернам), из которых были изъятые показания, обусловленные разовым воздействием извержений вулканов. Сульфат-аэрозоли образуются в результате выбросов диоксида серы (SO₂), выпадают в таком виде на поверхность и с атмосферой перемешиваются плохо. Если говорить конкретно, то повышение концентраций сульфата, осаждаемого в Гренландии, объясняется выбросами SO₂ в Соединенных Штатах и Европе (показано в виде значков), причем в обоих случаях в последнее десятилетие произошло снижение. Сульфат-аэрозоли производят негативное радиационное воздействие.

Здесь дается оценка в виде пределов только для некоторых воздействий аэрозолей. Здесь также показаны другие факторы, помимо атмосферных составляющих, – солнечное излучение и изменения в землепользовании. Стратосферные аэрозоли, обусловленные

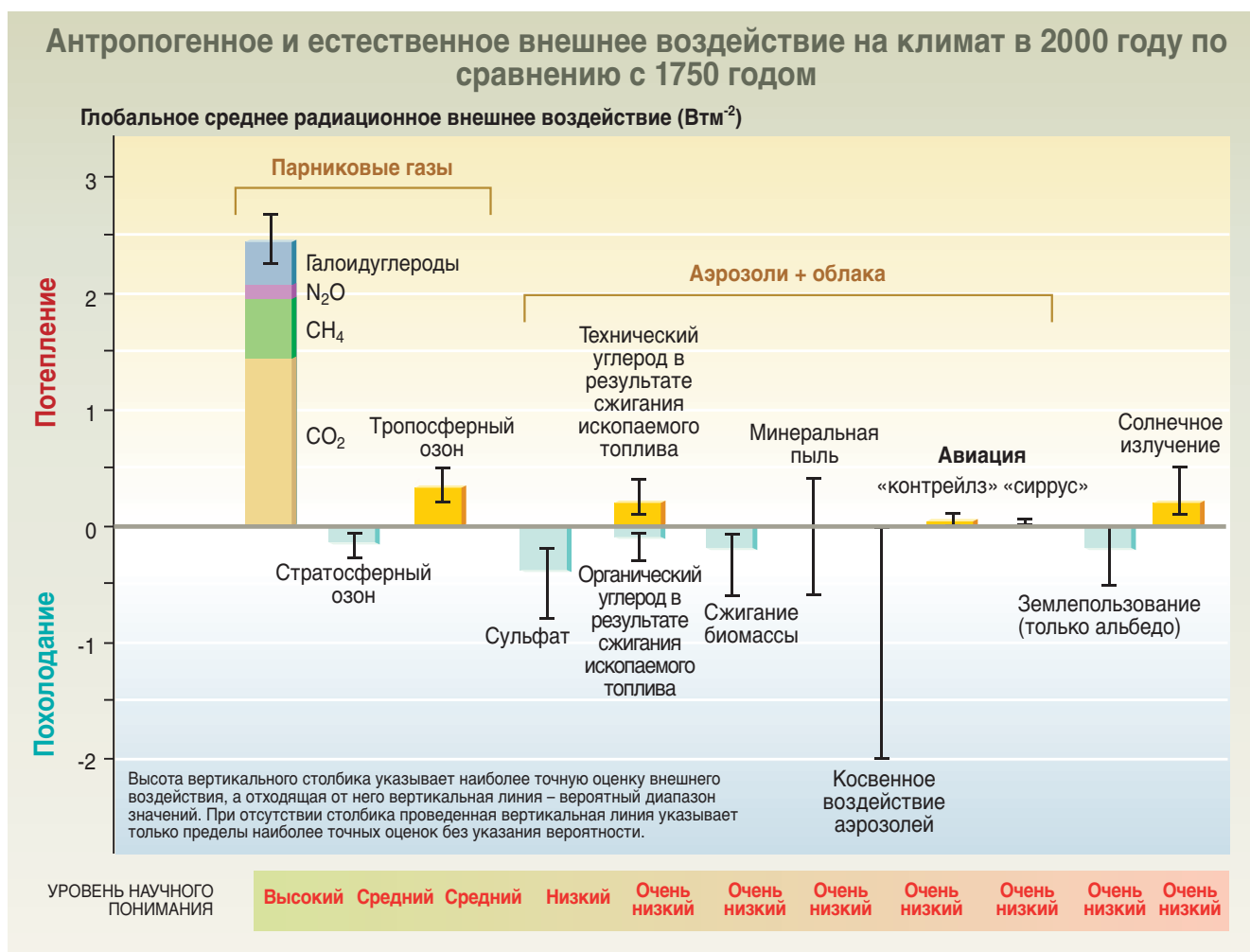


Рисунок 2-2. Влияние внешних факторов на климат можно в общем сопоставить с использованием концепции внешнего радиационного воздействия. Это радиационное воздействие обусловлено

изменениями в составе атмосферы, изменением отражательной способности поверхности, обусловленным землепользованием, и колебаниями солнечного излучения. За исключением колебаний солнечного излучения, во всех остальных случаях присутствует компонент антропогенной деятельности. Прямоугольные столбики представляют собой оценку значимости этих воздействий, которые в ряде случаев приводят к потеплению, а в ряде случаев – к похолоданию. Воздействия, обусловленные эпизодическими извержениями вулканов, которые приводят к негативному воздействию, продолжающемуся в течение всего лишь нескольких лет, на рисунке не показаны. Показанное косвенное воздействие аэрозолей представляет собой их воздействие на размер и число капелек, образующих облака. Второе косвенное воздействие аэрозолей на облака, а именно их воздействие на продолжительность жизни облаков, которое тоже, как представляется, обуславливает негативное воздействие, также не показано. Воздействие авиации на парниковые газы выделено в отдельные столбики. Вертикальная линия на прямоугольном столбике означает диапазон значений, определенных на основании имеющихся опубликованных значений внешнего воздействия и физического понимания этих процессов. Некоторые виды внешнего воздействия характеризуются гораздо большим уровнем достоверности по сравнению с другими. Вертикальная линия без прямоугольного столбика обозначает воздействие, точную оценку которого дать невозможно в силу большой неопределенности. Как указывалось, общий уровень научного понимания каждого вида внешнего воздействия варьируется в широких пределах. Некоторые вещества, вызывающие радиационное воздействие, хорошо смешиваются с атмосферой в пределах всего земного шара, например CO_2 , и, как следствие, приводят к нарушению глобального теплового баланса. Другие вызывают нарушения, характеризующиеся более сильно выраженными региональными особенностями в силу их пространственного распределения, например аэрозоли. Радиационное внешнее воздействие продолжает оставаться полезным средством приближенной оценки воздействий, обусловленных изменением климата, например относительное глобальное изменение средней температуры на поверхности в результате возмущающих факторов, обусловленных радиационным воздействием, однако эти глобальные средние оценки внешнего воздействия не обязательно точно описывают некоторые аспекты потенциальной реакции климата (например на региональном уровне).

→ РГТ ТДО РП, РГТ ТДО, глава 6 Р, и РГТ ТДО, рисунки РП-3 и 6-6

крупными извержениями вулканов, приводят к существенным, но скоротечным негативным воздействиям (особенно в периоды 1880-1920 годов и 1960-1994 годов), которые не оказывали большого влияния в пределах временной шкалы с начала доиндустриальной эпохи и в этой связи не показаны. Сумма количественно определенных факторов на рисунке 2-2 (парниковые газы, аэрозоли и облака, землепользование (альбедо) и солнечное излучение), носит позитивный характер, однако не включает потенциально сильное, негативное внешнее воздействие, обусловленное косвенным действием аэрозолей. Общее изменение радиационного внешнего воздействия с начала доиндустриальной эпохи продолжает оставаться, в первом приближении, полезным средством оценки чувствительности глобальной средней температуры поверхности к возмущающим факторам антропогенного и естественного характера; однако суммарное воздействие не обязательно является точным показателем отдельных аспектов потенциальной реакции климата, например его изменения в региональном масштабе. Во второй половине XX века (на рисунке не показано) позитивное воздействие, обусловленное совокупным действием всех парниковых газов, быстро увеличивалось в течение прошедших четырех десятилетий, в то время как суммарное внешнее воздействие природных факторов в течение последних двух, а возможно, и четырех десятилетий было негативным.

2.6 **Все большее количество данных, полученных в ходе наблюдений, дает возможность нарисовать общую картину потепления климата Земли и других изменений климатической системы (см. таблицу 2-1).**

2.7 **Глобальная средняя температура поверхности увеличивалась с 1860 по 2000 год – период регистрации данных с помощью приборов.** На протяжении XX века это повышение составляло $0,6^{\circ}\text{C}$ с учетом *весьма вероятного* (см. вставку 2-1) доверительного уровня в пределах $0,4-0,8^{\circ}\text{C}$ (см. рисунок 2-3). Весьма вероятно, что 90-е годы были самым теплым десятилетием, а 1998 год – самым теплым годом на протяжении периода регистрации данных с помощью приборов, а пополнение данных, полученных с помощью приборов, косвенными данными по северному полушарию показывает, что в течение предшествующей тысячи лет повышение температуры в XX веке было, по всей вероятности, самым большим по сравнению с любым другим столетием, а 90-е годы, как представляется, – самым теплым десятилетием (см. рисунок 2-3). Нехватка данных за период до 1860 года по южному полушарию не позволяет сопоставить нынешнее потепление с изменениями за последнюю тысячу лет. С 1950 года повышение температуры морской поверхности составляет приблизительно половину от средней температуры воздуха на поверхности суши. В течение этого периода ночные минимальные температуры в течение суток на суше увеличивались в среднем приблизительно на $0,2^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, то есть приблизительно в два раза быстрее соответствующих темпов повышения дневных максимальных температур воздуха. Эти климатические изменения привели к увеличению продолжительности теплого периода во многих регионах в средних и высоких широтах.

→ РГ ТДО РП и РГ ТДО, разделы 2.2.2, 2.3.2 и 2.7.2

2.8 **В нижнем слое атмосферы толщиной 8 км повышение глобальной температуры с 50-х годов до 2000 года, приблизительно на $0,1^{\circ}\text{C}$ за десять лет, следовало аналогичной тенденции повышения температуры на суше.** За период с 1979 по 2000 год замеры с помощью как спутников, так и метеозондов свидетельствуют практически об одинаковом потеплении над Северной Америкой ($0,3^{\circ}\text{C}$ за десятилетие) и Европой ($0,4^{\circ}\text{C}$ за десятилетие) как в случае температуры на поверхности, так и в нижних слоях атмосферы, но в то же время о явном различии в случае некоторых материковых районов и особенно в тропиках ($0,10 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ за десятилетие на поверхности против $0,06 \pm 0,16^{\circ}\text{C}$ за десятилетие в случае нижних слоев атмосферы). Температурный режим на поверхности и в нижних слоях атмосферы подвергается различному воздействию таких факторов, как истощение стратосферного озона, атмосферные аэрозоли и явление Эль-Ниньо. Кроме того,

→ РГ ТДО РП и РГ ТДО, раздел 2.2.4

Колебания температуры на поверхности Земли за...

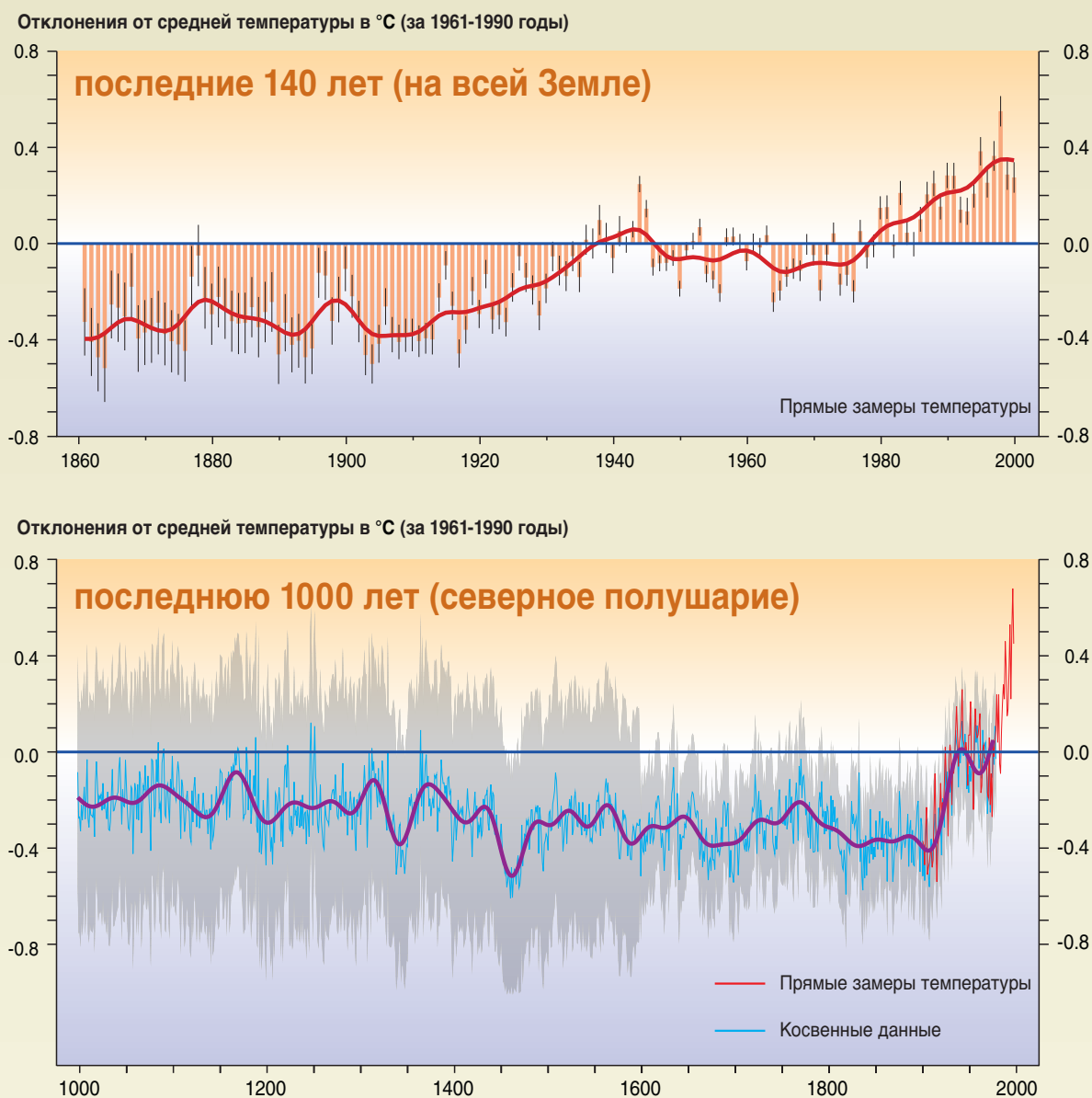


Рисунок 2-3. Температура на поверхности Земли увеличилась приблизительно на 0,6°C по сравнению с показаниями температуры, зарегистрированными с помощью непосредственных измерений (1860-2000 годы, верхний график). Это повышение носит беспрецедентный характер, по крайней мере, если судить по косвенным данным о температуре в северном полушарии в течение последнего тысячелетия (нижний график). На верхнем графике средняя температура на поверхности Земли показана в разбивке по годам (красные линии с указанием *весьма вероятных* пределов в виде тонких черных черточек) и с разбивкой приблизительно по десятилетиям (непрерывная красная линия). В результатах анализа учтены пробелы в данных, случайные погрешности при измерении с помощью приборов и неопределенности, связанные с субъективными поправками на поверхностную температуру океана и корректировку, учитывающую фактор урбанизации на суше. На нижнем графике определены косвенные данные (голубая линия, построенная по годовым данным с отображением *весьма вероятных* пределов в виде серой полосы, фиолетовая линия, построенная по средним значениям за 50 лет) и прямые замеры температуры (красная линия) для северного полушария. Косвенные данные включают данные, определенные по годовым кольцам деревьев, кораллам, кернам льда, записям за предшествующий период, которые были приведены в соответствие с данными по термометру. Для оценки таких изменений в южном полушарии данных недостаточно.

→ РГТ ТДО, рисунки РП-1, 2-7с и 2-20

некоторые различия в этих тенденциях можно объяснить методами пространственного отбора проб, однако полностью понять суть этих различий не удастся.

2.9 **В настоящее время есть новые и более надежные данные, свидетельствующие о том, что наблюдавшееся в течение последних 50 лет потепление большей частью обусловлено деятельностью человека.**

2.10 **Наблюдаемое потепление на протяжении XX века вряд ли носит полностью естественный характер.** Маловероятно, что температура на поверхности в течение предшествующих 100 лет обусловлена лишь факторами внутренней изменчивости. Реконструкция климатических данных за предшествующую тысячу лет также показывает, что потепление в XX веке носит необычный характер и вряд ли является реакцией на воздействие только природных факторов. Это означает, что извержение вулканов и колебания солнечной радиации не объясняют потепление, которое произошло в последнюю половину XX века (см. рисунок 2-4а), однако они, возможно, содействовали потеплению, наблюдавшемуся в течение первой половины.

→ РГ ТДО РП и РГ ТДО, глава 12

2.11 **В свете новых данных и с учетом все еще не устраненных неопределенностей наблюдаемое в течение последних 50 лет потепление в большинстве случаев обусловлено, судя по всему, повышением концентрации парниковых газов.** В ходе исследований по обнаружению и объяснению различных явлений (включая парниковые газы и сульфат-аэрозоли в качестве антропогенных факторов внешнего воздействия) в климатических сводках за последние 35-50 лет постоянно обнаруживались данные, свидетельствующие о наличии антропогенного влияния, несмотря на неопределенности в части внешнего воздействия, обусловленного сульфат-аэрозолями антропогенного происхождения и природными факторами (вулканы и солнечное излучение). Внешнее воздействие сульфатов и природных факторов является негативным за этот период времени и не может являться причиной потепления (см. рисунок 2-4а); в то же время большинство из этих исследований обнаруживают, что в течение последних 50 лет предполагаемые темпы и масштабы потепления, обусловленные только увеличением выбросов парниковых газов, вполне сопоставимы с темпами и масштабами наблюдаемого потепления или превышают их (рисунок 2-4б). Наиболее полное совпадение между результатами моделирования и наблюдения за период с 1860 по 2000 год было обнаружено в тех случаях, когда вышеупомянутые антропогенные и природные факторы внешнего воздействия действуют сообща (см. рисунок 2-4с). Этот результат отнюдь не исключает возможность того, что другие виды внешнего воздействия, возможно, также оказали соответствующее влияние, тем более что некоторые известные антропогенные факторы (например органический углерод, технический углерод (сажа), аэрозоли, производимые биомассой, и некоторые изменения в землепользовании) не использовались в этих исследованиях по обнаружению и объяснению данного явления. Оценки масштабов и географического распределения этих дополнительных факторов антропогенного внешнего воздействия варьируются в широких пределах.

→ РГ ТДО РП и РГ ТДО, глава 12

2.12 **Изменения уровня моря, снежного покрова, масштабов ледяного покрова и режима осадков соответствуют закономерности потепления климата вблизи поверхности Земли (см. таблицу 2-1).** Некоторые из этих изменений носят региональный характер, а некоторые могут быть объяснены внутренними колебаниями климата, воздействием природных факторов или антропогенной деятельностью в пределах регионов, и объяснять их только глобальным воздействием человека не следует.

→ РГ ТДО РП и РГ ТДО, раздел 4.3.11

2.13 **Весьма вероятно, что потепление в XX веке в значительной мере способствовало наблюдаемому повышению глобального среднего уровня моря и увеличению количества тепла в океане.** Потепление приводит к повышению уровня моря в результате теплового расширения морской воды и

→ РГ ТДО, разделы 2.2.2.5, 11.2 и 11.3.2

повсеместного подтаивания материкового льда. На основе данных регистрации с помощью самописцев приливов и после поправки на перемещение суши среднее ежегодное повышение на протяжении XX века составляло 1-2 миллиметра. Очень скудные данные регистрации за продолжительный период времени показывают, что в XIX веке оно было меньшим (см. рисунок 2-5). С учетом нынешних неопределенностей как наблюдение, так и модели подтверждают отсутствие значительного ускорения повышения уровня моря в XX веке. Наблюдаемая скорость повышения уровня

Сопоставление результатов моделирования повышения температуры и наблюдения за период с 1860 года

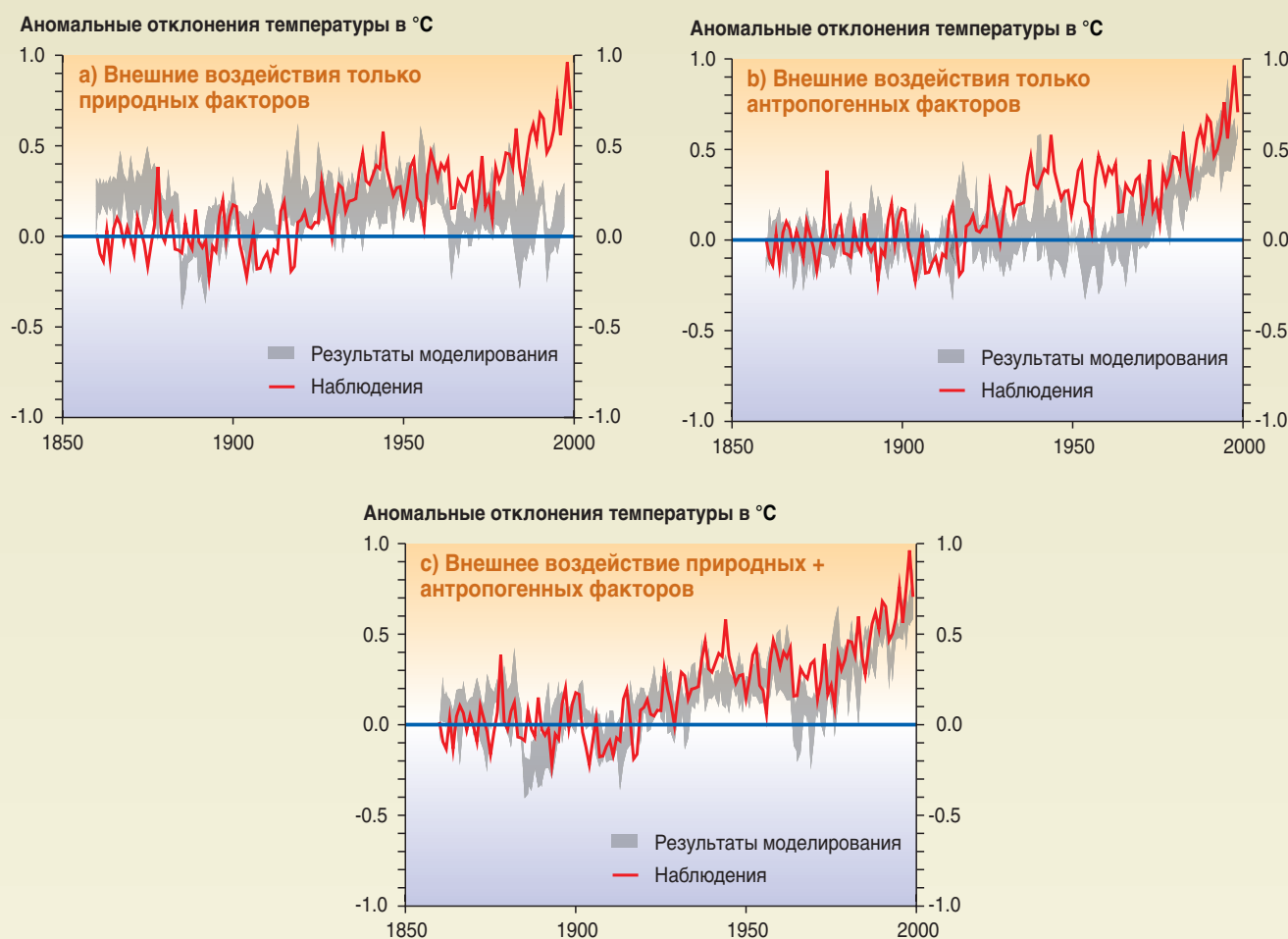


Рисунок 2-4. Моделирование изменений температуры Земли (°C) и сопоставление полученных результатов с результатами изменений, определенных на основе замеров, может дать представление о причинах, лежащих в основе важнейших изменений.

Для моделирования изменений температуры, которые вызваны как природными, так и антропогенными причинами, можно использовать соответствующую климатическую модель. Результаты моделирования, представленные полосой на графике (а), были получены с использованием внешнего воздействия только природных факторов - вариации солнечного излучения и вулканической деятельности. Результаты, изображенные в виде полосы на графике (б), были получены с использованием внешнего воздействия антропогенных факторов - парниковых газов и предполагаемого воздействия сульфат-аэрозолей. И наконец, результаты, изображенные в виде полосы на графике (с), были получены с использованием внешнего воздействия как природных, так и антропогенных факторов. Из графика (б) можно видеть, что включение внешнего воздействия антропогенных факторов позволяет правдоподобно объяснить существенную часть наблюдаемых изменений температуры в течение последнего века, однако наиболее полное совпадение с результатами наблюдений получено на графике (с), где учтены как природные, так и антропогенные факторы. Эти результаты показывают, что включенное в расчеты внешнее воздействие достаточно достоверно объясняет наблюдаемые изменения, но не исключает при этом возможности того, что эти изменения были частично обусловлены какими-то другими внешними воздействиями. Результаты, аналогичные показанным на графике (б), получены с помощью других моделей антропогенного внешнего воздействия.



моря в XX веке соответствует разработанным моделям. С конца 50-х годов прошлого века – период, для которого характерно адекватное наблюдение за температурным режимом подповерхностных вод океана, – глобальное содержание тепла в океане постоянно повышалось.

- 2.14 **Происходит процесс сокращения снежного покрова и распространности льда.** Вполне вероятно, что масштабы снежного покрова сократились в среднем приблизительно на 10% в северном полушарии по сравнению с концом 60-х годов (главным образом в результате изменений в весеннее время в пределах Америки и Евразии), а годовая длительность ледостава на озерах и реках в средних и высоких широтах северного полушария сократилась в XX веке приблизительно на две недели. В XX веке также происходило повсеместное отступление горных ледников в неполярных районах. Вполне вероятно, что распространность морских льдов весной и летом в северном полушарии сократилась примерно на 10-15% в 2000 г. по сравнению с 50-ми годами и что толщина арктических морских льдов в конце лета и начале осени за последние три десятилетия XX века снизилась приблизительно на 40%. Хотя масштабы распространности морских льдов в регионе Антарктики в целом с 1978 по 2000 год не изменились в условиях глобального повышения средней температуры поверхности, потепление в районе Антарктического полуострова совпало с нарушением в 90-е годы сплоченности шельфовых ледников принца

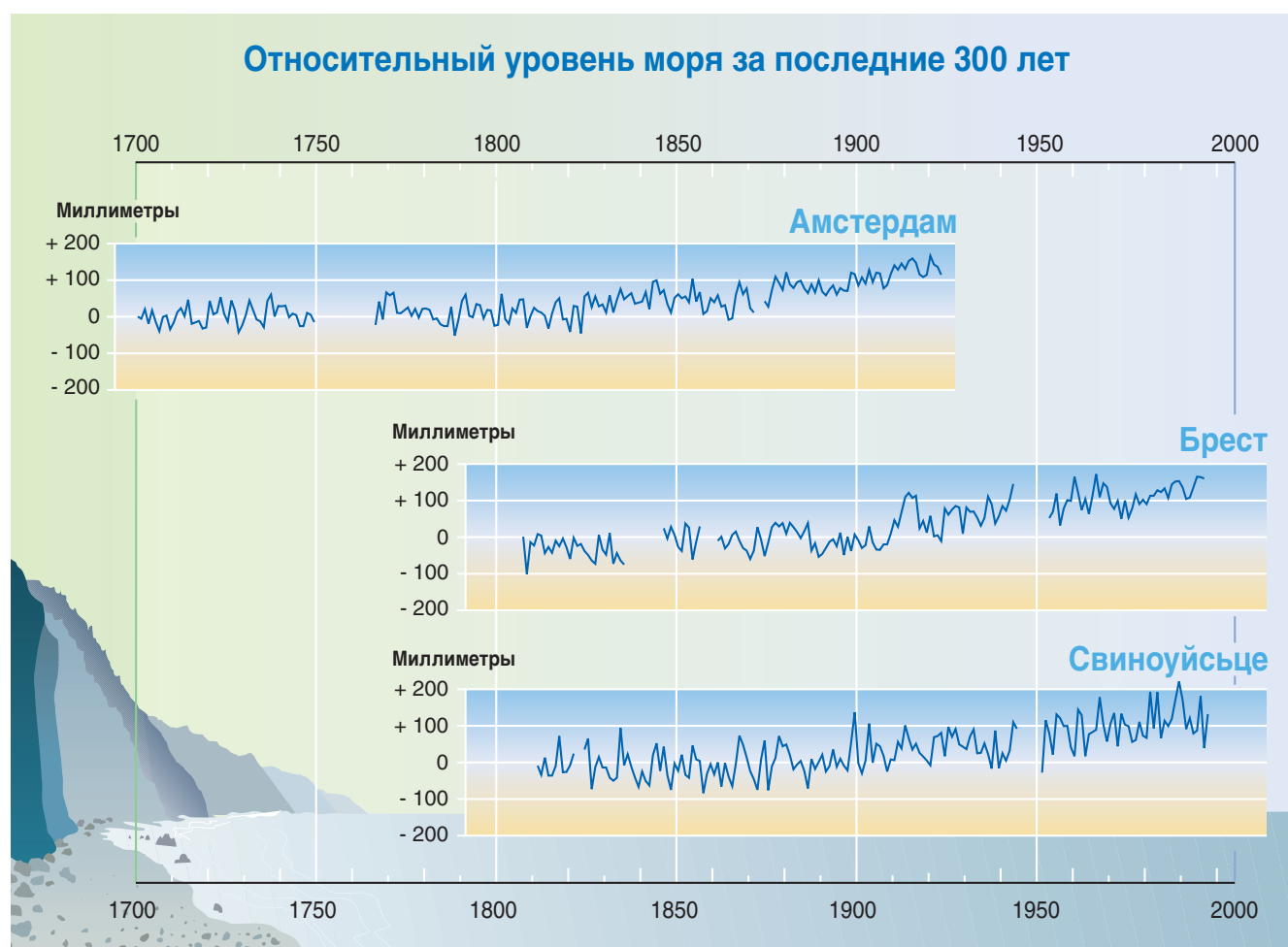


Рисунок 2-5. Данные практически постоянной регистрации уровня моря за последние 300 лет, которыми располагает ограниченное число точек в Европе, свидетельствуют о максимальном повышении уровня моря на протяжении XX века. Данные регистрации, имеющиеся в Амстердаме (Нидерланды), Бресте (Франция) и Свиноуйсьце (Польша), а также в других точках, подтверждают ускоренное повышение уровня моря в XX веке по сравнению с XIX веком.



Густава и отчасти Ларсена, однако исчезновение этих шельфовых ледников оказало незначительное прямое воздействие.

- 2.15 **Весьма вероятно, что уровень осадков в XX веке увеличился на 5-10% в большинстве районов, расположенных в средних и высоких широтах на материках северного полушария**, однако, в противовес этому, выпадение осадков в виде дождей, вероятно, снизилось в среднем на 3% в пределах многих материковых районов в субтропиках (см. рисунок 2-6а). Весьма вероятно, что повышение глобальной средней температуры поверхности приводит к изменению режима осадков и атмосферной влаги в связи с изменением режима атмосферной циркуляции, более активного гидрологического цикла и увеличения водоудерживающей способности атмосферы в целом. Вероятно, что в течение второй половины XX века в средних и высоких широтах северного полушария частота погодных явлений, сопровождающихся обильными осадками, увеличилась на 2-4%. Что касается серьезных засух или избыточного выпадения осадков на протяжении XX века в материковых районах, то увеличение их масштабов было относительно небольшим, однако во многих районах эти изменения нечетко просматриваются на фоне господствующей междесятилетней и многодесятилетней изменчивости климата, не обнаружившей существенных видимых тенденций в течение XX века.

→ РГТ ТДО, разделы 2.5, 2.7.2.2 и 2.7.3

- 2.16 **Изменения также коснулись других важных аспектов климата (см. таблицу 2-1).**

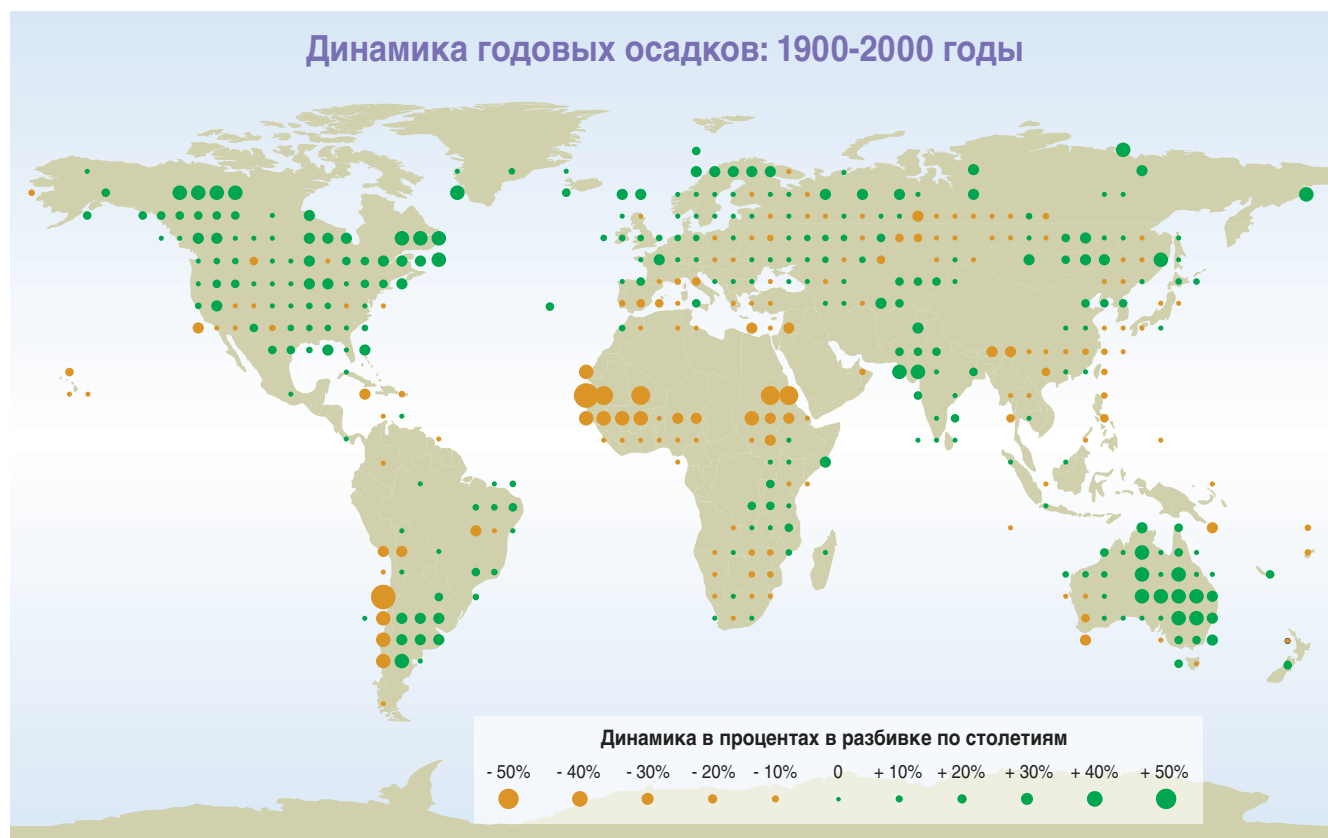


Рисунок 2-6а. Уровень осадков в XX веке в среднем увеличился на материках внетропических регионов, однако снизился в пустынных районах Африки и Южной Америки. Хотя данные свидетельствуют о всеобщем увеличении, соответствующем повышению температуры и увеличению концентрации атмосферной влаги, тем не менее, тенденции в области осадков варьируются в широких пределах по регионам и имеются только за XX век для некоторых материковых зон. В течение этого периода наблюдались относительно слабые долгосрочные тенденции в материковых зонах, подверженных сильным засухам или обильному выпадению осадков, однако на фоне господствующей междесятилетней и многодесятилетней изменчивости климата, которая не обнаруживает видимой тенденции в XX веке, эти изменения во многих регионах проявлялись слабо.

→ РГТ ТДО, рисунок 2-25

2.17 **В течение XX века происходило последовательное крупномасштабное потепление поверхности как материков, так и океанов с максимальным повышением уровня температуры в средних и высоких широтах материков северного полушария.** Более быстрое потепление поверхности суши по сравнению с поверхностью океана с 1976 по 2000 год (см. рисунок 2-6b) соответствует как наблюдаемым изменениям естественного колебания климата, которое, например, обнаруживается в районах Североатлантического и Арктического колебания, так и моделируемой тенденции потепления в результате выбросов парниковых газов. Как описывается ниже, статистически значимые связи между региональным потеплением и наблюдаемыми изменениями в биологических системах были документально подтверждены в случае пресноводных, земных и морских экосистем на всех континентах.

→ РГТ ДО, разделы 2.2.2, 2.6.3. и 2.6.5, и РГТ ДО, раздел 6.3

2.18 **С середины 70-х годов тепловые эпизоды, сопутствующие южному колебанию Эль-Ниньо (ЕНСО), носили, по сравнению с предыдущим столетием, более частый, более устойчивый и более интенсивный характер.** ЕНСО постоянно сказывается на региональных колебаниях режима осадков и температуры во многих районах тропиков, субтропиков и некоторых районах в средних широтах. Однако из моделей не следует, что потепление климата может привести к более частому повторению явления Эль-Ниньо.

→ РГТ ДО, раздел 2.6.2

2.19 **Некоторые важные аспекты климата, как представляется, не изменились.** Температура в ряде районов земного шара за последние десятилетия не повысилась, главным образом в некоторых частях южных океанов и Антарктики (см. рисунок 2-6b). Ледовитость антарктических морей оставалась практически стабильной или даже несколько повысилась с 1978 года – начала осуществления надежных измерений с

→ РГТ ДО, разделы 2.2.2, 2.2.5 и 2.7.3



Рисунок 2-6b. В течение последней четверти XX века происходило последовательное крупномасштабное потепление поверхности материков и океанов с максимальным повышением температуры в средних и высоких широтах Северной Америки, Европы и Азии. Случаи крупномасштабного похолодания имели место только в некоторых частях Тихого и южных океанов и Антарктики. Более быстрое потепление поверхности материков по сравнению с поверхностью океанов соответствует как наблюдаемым изменениям естественных колебаний климата, таких, как Североатлантическое и Арктическое колебания, так и моделируемым тенденциям потепления в результате выбросов парниковых газов. Как излагается в тексте, потепление в некоторых районах связано с наблюдаемыми изменениями в биологических системах на всех континентах.

→ РГТ ДО, рисунок 2-9d

помощью спутников. Нынешние анализы не позволяют сделать вывод о вероятности изменений в частотности смерчей, гроз или выпадении града в ограниченных районах, которые были изучены. Кроме того, нехватка данных и противоречивые анализы не позволяют оценить изменения в интенсивности тропических и внетропических циклонов и серьезных штормовых явлений в средних широтах.

2.20 **Наблюдаемые изменения в региональном климате за последние 50 лет сказались на биологических и гидрологических системах во многих частях мира (см. таблицу 2-1).**

2.21 **В XX веке проявилось заметное воздействие регионального изменения климата, в особенности повышения температуры, на биологические системы.**

Во многих частях мира наблюдаемые изменения в этих системах³, будь то антропогенного или естественного характера, носят относительно единообразный характер в самых разнообразных местах и/или регионах и соответствуют направлению ожидаемого воздействия региональных изменений температурного режима. Вероятность того, что наблюдаемые изменения в прогнозируемом направлении (без учета масштабов) могут произойти лишь только по воле случая, ничтожно мала. Такие системы включают, например, распределение видов, размеры популяций и сроки воспроизводства или миграции. Эти наблюдения позволяют сделать вывод о том, что региональное изменение климата представляет собой важный фактор, способствующий этим изменениям. Наблюдаются также изменения в типах (например пожары, засухи, лесовалы), интенсивности и частотности чрезвычайных погодных явлений, подверженных воздействию регионального изменения климата (антропогенного или естественного характера) и практики землепользования, которые в свою очередь сказываются на продуктивности и составе видов в пределах определенной экосистемы, особенно в высоких широтах и на больших высотах. Частота нашествия вредителей и вспышек болезней также изменилась, особенно в лесных экосистемах, и может быть связана с изменением климата. В некоторых регионах Африки сочетание региональных изменений климата (засуха в Сахели) или антропогенные стрессы приводят к снижению урожайности зерновых уже с 1970 года. Вместе с тем есть некоторые положительные аспекты потепления: например период роста в Европе увеличился примерно на 11 дней по сравнению с периодом 1950-1993 годов, в результате чего снизилось потребление энергии на отопление в зимнее время.



РГ II ТДО, разделы 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, 13.1.3.1 и 13.2.4.1, и РГ II ТДО, рисунок РП-1

2.22 **Повышение температуры поверхности моря отрицательно сказывается на коралловых рифах.**

В течение нескольких последних десятилетий во многих тропических районах океанов отмечалось повышение температуры на поверхности моря. При повышении температуры на поверхности моря на 1°C в течение одного сезона, многие кораллы подвергаются существенному, к тому же в частых случаях частично необратимому, обесцвечиванию, а при повышении на 3°C они начинают гибнуть в больших количествах. Это обычно происходит во время явлений Эль-Ниньо и усугубляется повышением температурного режима на поверхности моря. Эти случаи обесцвечивания зачастую имеют место в условиях действия других стрессов, например загрязнения.



РГ I ТДО, раздел 2.2.2.2, и РГ II ТДО, разделы 6.4.5 и 17.2.4.1

2.23 **Изменения в морских системах, особенно в популяции рыб, связываются с крупномасштабными колебаниями климата.**

Явление Эль-Ниньо неблагоприятно воздействует на рыбные промыслы в районе побережья Южной Америки и Африки, а десятилетний цикл колебаний в Тихом океане связывается со снижением продуктивности рыбного промысла в районе западного побережья Северной Америки.



РГ I ТДО, раздел 2.6.3, и РГ II ТДО, разделы 10.2.2.2, 14.1.3 и 15.2.3.3

³ На данный момент проведено 44 региональных исследования, охватывающих более 400 растений и животных, продолжительность которых варьировалась примерно от 25 до 50 лет и которые были проведены главным образом в Северной Америке, Европе и южной части полярного региона. Кроме того, проведено 16 региональных исследований, охватывающих около 100 физических процессов в большинстве регионов мира, продолжительность которых варьировалась приблизительно от 20 до 150 лет.

2.24 **Наблюдаются изменения в режимах водотоков, наводнений и засух.** Данные о воздействии регионального изменения климата на элементы гидрологического цикла позволяют сделать вывод о том, что повышение температуры ведет к интенсификации гидрологического цикла. В последние десятилетия в крупных районах Восточной Европы, европейской части России и Северной Америки происходит сдвиг пикового расхода водотоков с весны на конец зимы. Более частое наступление засух и наводнений в некоторых районах также связывается с колебаниями климата, например засухи в Сахели и в северо-восточных и южных районах Бразилии и наводнения в Колумбии и северо-западной части Перу.

→ РГІ ТДО, раздел 2.7.3.3, РГІІ ТДО РП, РГІІ ТДО, разделы 4.3.6, 10.2.1.2, 14.3 и 19.2.2.1 и РГІІ ТДО, таблица 4-1

2.25 **Есть предварительные данные, указывающие на то, что произошедшее в последнее время увеличение масштабов наводнений и засух отрицательно сказалось на некоторых антропогенных системах. Увеличение социально-экономических издержек, связанных с ущербом, вызванным погодными условиями и региональными колебаниями климата, предполагают усиление подверженности изменению климата (см. таблицу 2-1).**

2.26 **Экстремальные погодные или климатические явления, вызывают существенный и все больший ущерб.** Экстремальные явления в настоящее время являются важнейшим источником воздействий, связанных с климатом. Например, во время явления Эль-Ниньо в 1997-1998 годах погибло много людей, был нанесен значительный материальный ущерб, существенно пострадала окружающая среда. Воздействие климатических экстремальных явлений и изменчивости климата – одна из важнейших проблем. Предварительные данные дают основание сделать вывод о том, что произошедшее в последнее время увеличение масштабов наводнений и засух отрицательно сказалось на некоторых социально-экономических системах, что привело к увеличению экономических убытков в результате катастрофических погодных явлений, однако поскольку на эти системы отрицательное воздействие оказывает также и изменение социально-экономических факторов, таких, как изменение демографической структуры населения и изменения в землепользовании, количественно определить воздействие, обусловленное изменением климата (в силу антропогенного или природного воздействия) и социально-экономическими факторами, трудно. Например, прямые издержки глобальных катастрофических убытков, связанных с погодой, с поправкой на инфляцию в период с 50-х по 90-е годы увеличились на целый порядок (см. рисунок 2-7). Аналогичным образом увеличились и издержки, обусловленные погодными явлениями некатастрофического характера. Число катастрофических погодных явлений увеличивается в три раза быстрее, чем число явлений, не связанных с погодой, несмотря на общее повышение готовности к бедствиям. Часть этой наблюдаемой тенденции в сторону повышения убытков, связанных с погодой, в течение последних 50 лет, связывается с социально-экономическими факторами (например рост численности населения, повышение благосостояния, урбанизация в уязвимых районах), а отчасти – с региональными климатическими факторами (например изменения в режиме осадков и наводнения).

→ РГІІ ТДО РП и РГІІ ТДО, разделы 8.2 и 14.3

2.27 **Доля убытков, связанных с погодными условиями, которые покрываются страховкой, варьируется по регионам в широких пределах.** Неравномерное воздействие климатических опасностей поднимает вопрос развития и справедливости. На сегодняшний день страховые компании возмещают только 5% общих экономических убытков в Азии и Южной Америке, 10% в Африке и около 30% в Австралии, Европе и Северной и Центральной Америке. Доля покрываемых убытков обычно гораздо выше в случае убытков только от штормов, однако убытки, связанные с наводнениями и потерей урожая, охватываются в гораздо меньшей степени. Остальная часть убытков покрывается правительствами и пострадавшими лицами и организациями.

→ РГІІ ТДО, разделы 8.3.3.1 и 8.5.4

2.28 **В настоящее время наблюдаются воздействия, связанные с изменением климата, на здоровье людей.** Как известно, многие инфекционные заболевания,

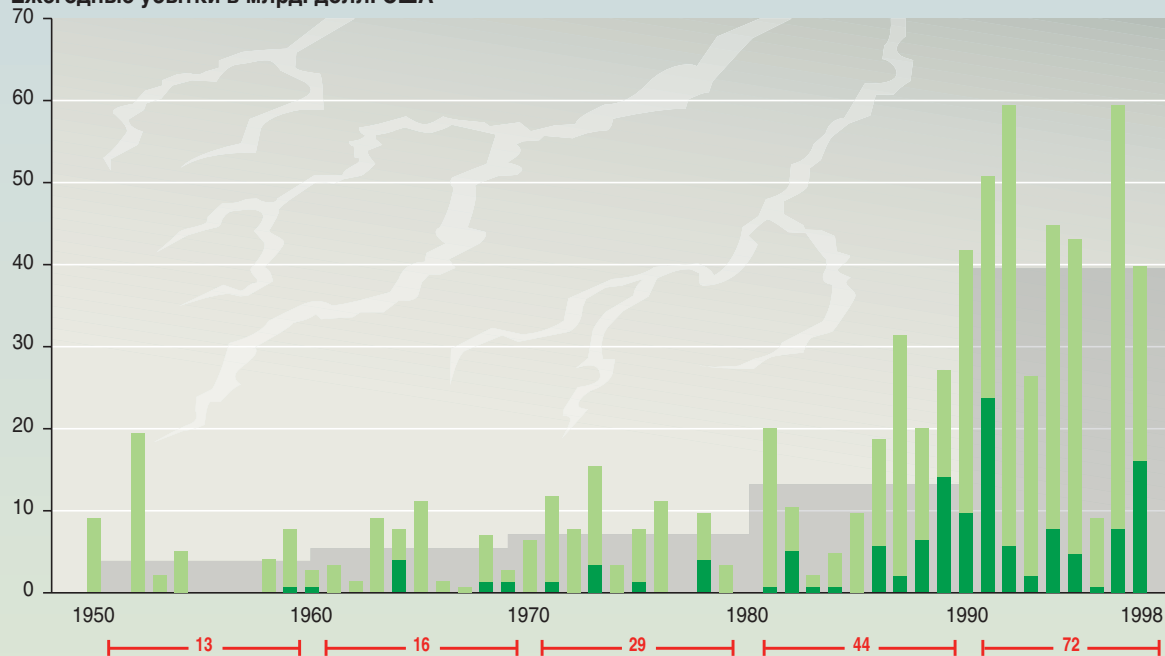
→ РГІІ ТДО РП и РГІІ ТДО, разделы 9.5.1, 9.7.8, 10.2.4 и 13.2.5

переносимые возбудителями, имеющие пищевое происхождение или передаваемые через воду, чувствительны к изменениям климатических условий. Обширный опыт однозначно указывает на то, что любое увеличение масштабов наводнений повышает риск гибели людей, диарейных и респираторных заболеваний, заболеваний, связанных с загрязнением воды, и – в развивающихся странах – риск голода и недоедания (*высокий достоверный уровень*). Волны тепла в Европе и Америке связываются со значительным увеличением смертности в городах, хотя повышение температуры зимой также приводит к снижению смертности в зимнее время. В некоторых случаях воздействие на здоровье четко связано с недавними климатическими изменениями, например в Швеции, где в результате более мягких зим увеличилась частота заболеваемости клещевым энцефалитом с его распространением на север после участвовавших мягких зимних температур в период с 1980 по 1994 год.

2.29 Признание и предвосхищение отрицательных последствий изменения климата обусловило принятие ответных мер со стороны общественности и правительства.

Глобальные издержки, обусловленные экстремальными погодными явлениями (скорректированные на инфляцию)

Ежегодные убытки в млрд. долл. США



Общие экономические убытки
Застрахованные убытки
Число событий
Средние показатели за десятилетие

Рисунок 2-7. В период с 50-х по 90-е годы экономические убытки, обусловленные катастрофическими погодными явлениями, увеличились в глобальном масштабе в 10 раз (с поправкой на инфляцию), т.е. гораздо быстрее, нежели это можно объяснить только инфляцией. Застрахованная часть этих убытков возросла с ничтожно малого уровня до примерно 23% в 90-е годы. То же самое относится к общим убыткам, вызванным мелкомасштабными некатастрофическими явлениями, связанными с погодой (здесь не включены). Часть этой наблюдаемой тенденции в сторону увеличения убытков в результате катастрофических погодных явлений на протяжении последних 50 лет связывается с социально-экономическими факторами (например рост численности населения, повышение благосостояния, урбанизация в уязвимых районах), а часть – с региональными климатическими факторами (например изменения в режиме осадков, наводнения и т.д.).

→ РГП ТДО, рисунок 8-1

2.30 **В результате наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата в последние десятилетия стали приниматься ответные экономические и директивные меры.**

Эти меры включают стимулирование рынка возобновляемых источников энергии, разработку программ повышения энергоэффективности в порядке решения проблем, обусловленных изменением климата, интеграцию политики в области климата в более широкие национальные стратегии, налоги на углерод в ряде стран, внутренние режимы торговли выбросами парниковых газов в некоторых странах, национальные и международные добровольные соглашения с промышленными предприятиями в целях повышения энергоэффективности или снижения иным способом выбросов парниковых газов, создание углеродных биржевых рынков, нажим со стороны общественности и политических кругов на коммунальные службы в целях сокращения или нейтрализации выбросов углерода в результате реализации новых проектов в области энергетики, промышленные изыскания в целях разработки соответствующих подходов к нейтрализации выбросов углерода и разработка программ по оказанию развивающимся и наименее развитым странам помощи в снижении уровня уязвимости и адаптации к изменению климата и принятии мер по смягчению последствий.

→ РГІІІ ТДО, разделы 3.2, 3.4-5, 3.8.4, 6.2.2, 6.3.2 и 9.2.1

