

ВВЕДЕНИЕ

В. М. Катцов, С. М. Семенов

Климат Земли: факторы изменения и причины обеспокоенности

Земной климат* складывается в процессе функционирования сложной глобальной “климатической машины” – климатической системы Земли. Она состоит из пяти взаимодействующих друг с другом компонентов: атмосферы, гидросферы, криосферы, деятельного слоя суши и биосферы. Ряд внешних и внутренних факторов приводят к изменениям состояния этой системы во времени.

Климат Земли не постоянен. Как показывают палеоклиматические реконструкции, он менялся всегда. С начала индустриальной эры (условно – с середины XVIII века) хозяйственная деятельность человека стала постепенно и все более заметно влиять на состояние климатической системы. Те изменения, которые мы наблюдаем, являются результатом одновременного действия естественных и антропогенных факторов.

К известным *естественным* внешним глобальным факторам относятся изменения потоков солнечного излучения, колебания орбитальных параметров Земли, вулканическая деятельность и некоторые другие, а к *антропогенным* – изменения газового и аэрозольного состава атмосферы и аль-

bedo земной поверхности вследствие хозяйственной деятельности человека. *Собственная*, т. е. не связанная с внешними воздействиями, изменчивость климатической системы обусловлена естественными причинами – взаимодействиями между перечисленными ее компонентами, имеющими разные времена отклика на внешние воздействия. Обратные связи разных знаков и нелинейность некоторых внутренних взаимодействий, присущих климатической системе Земли, чрезвычайно усложняют ее реакцию на внешние воздействия и, соответственно, выявление изменений климата и установление их причин, не говоря уже о прогнозе изменений климата. Изучению причин изменения современного климата Земли, механизмов воздействия внутренних и внешних факторов в последние годы были посвящены очень значительные усилия мировой науки, в том числе – ряд отечественных исследований, см., например, (Груза, Ранькова, 2012; Жеребцов и др., 2013; Семенов, 2012).

Для заданного отрезка времени, на котором изучаются изменения климата (для целей настоящего доклада – порядка сотен лет) в изменениях выделяются две составляющие: ненаправленные, представляющие собой колебания, и направленные – тренды. Типичная задача при исследовании изменения климата – выделить статистически

* Для целей настоящего доклада подходит определение Г. В. Груза и Э. Я. Раньковой (2003): “Климат в узком, но широко распространенном смысле, есть обобщение изменений погоды, и представляется набором условий погоды в заданной области пространства в заданный интервал времени. Для характеристики климата используется статистическое описание в терминах средних, экстремумов, показателей изменчивости соответствующих величин и повторяемости явлений за выбранный период времени. Все эти дескриптивные статистики называются климатическими переменными.” Это определение использовано и в ОД РФ-1 (2008). Коротко говоря, климат в заданной области географического пространства – ожидаемый (средний, типичный) ход погоды во времени и статистические свойства возможных отклонений от этого ожидаемого хода.

значимые тренды на фоне ненаправленной изменчивости, а также установить причины трендов (естественные и антропогенные).

Следует отметить, что наложение направленных и ненаправленных изменений иногда приводит к картине, которую не просто интерпретировать. Антропогенные и естественные факторы могут “работать” в одном направлении, и тогда происходит “усиление” глобального потепления по сравнению с чисто антропогенным “парниковым” потеплением. Но в другие периоды эти факторы действуют разнонаправленно, и ожидаемое антропогенное потепление оказывается выраженным слабее, или вообще наблюдается временное похолодание. Разумеется, такие периоды компенсации (вероятно, сейчас наблюдается именно такой период в отношении глобальной температуры – ее рост слабо выражен начиная с 1998 г.) никак не отменяют общую вековую тенденцию глобального потепления.

Современные изменения климата и их последствия стали не только предметом исследований в области фундаментальной и прикладной климатологии, но и объектом постоянного внимания общественности, правительств, международных организаций. Этот интерес в значительной степени связан с обеспокоенностью потенциальными негативными последствиями изменения климата, а также с имеющимися возможностями человечества регулировать антропогенное влияние на глобальный климат (см., например, (Порфирьев и др., 2011)).

Следует, однако, подчеркнуть, что проблемы изменения климата и методы их решения, несмотря на современный политический аспект, являются, прежде всего, частью естественнонаучной проблематики. Поэтому для их осознания, правильного формулирования и поиска способов решения нужна, в первую очередь, научная основа – данные и методы.

На международном уровне работу по анализу и обобщению данных мониторинга и результатов модельных расчетов, приведенных в научных публикациях, выполняет Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Эта группа в 1988 г. учреждена Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

Многочисленные авторские коллективы докладов МГЭИК представляют собой не просто одну из многих групп экспертов, но очень значительную и наиболее авторитетную часть *профессионального* мирового научного сообщества климатологов, а также экологов, экономистов, юристов и представителей других специальностей, занимающихся проблемой изменения климата и их последствий. Доклады МГЭИК являются результатом консенсуса, достигнутого их авторами после многократного внутреннего и внешнего рецензирования. Их резюме проходят официальную процедуру принятия правительственными делегациями, после чего становятся достоянием общественности и лиц, принимающих решения.

Четыре оценочных доклада МГЭИК – они вышли в 1990, 1995, 2001 и 2007 годах – и иные публикации (специальные доклады и др.) можно найти на сайте <http://www.ipcc.ch/>. Пятый оценочный доклад полностью завершен и опубликован в 2014 г. Эти материалы широко используются на международном и национальном уровнях для оценки степени влияния изменения климата на природные и хозяйственные системы, на население, а также для выработки стратегий реагирования, включая адаптации и ограничение антропогенного воздействия на климатическую систему.

В своих оценках наблюдаемых изменений климата в Пятом оценочном докладе МГЭИК использовала научные публикации, основанные на данных климатического мониторинга. Эти данные – результат систематических наблюдений на сети гидрометеорологических станций, проведение которых в глобальном масштабе координируется ВМО.

Согласно Вкладу рабочей группы I МГЭИК (IPCC, 2013) наблюдается глобальное потепление 0.85°C за период 1880–2012 гг. Казалось бы, это небольшое изменение. Однако следует иметь в виду, что при этом региональные изменения могут быть велики. В работе (Семенов и др., 2008) статистическими методами было проведено сопоставление хода глобальной температуры воздуха в приповерхностном слое атмосферы и соответствующих региональных рядов. Было обнаружено, что региональный “коэффициент усиления” на континентах может составлять до 2–3, в том числе в России на юге средней части Сибири.

ВВЕДЕНИЕ

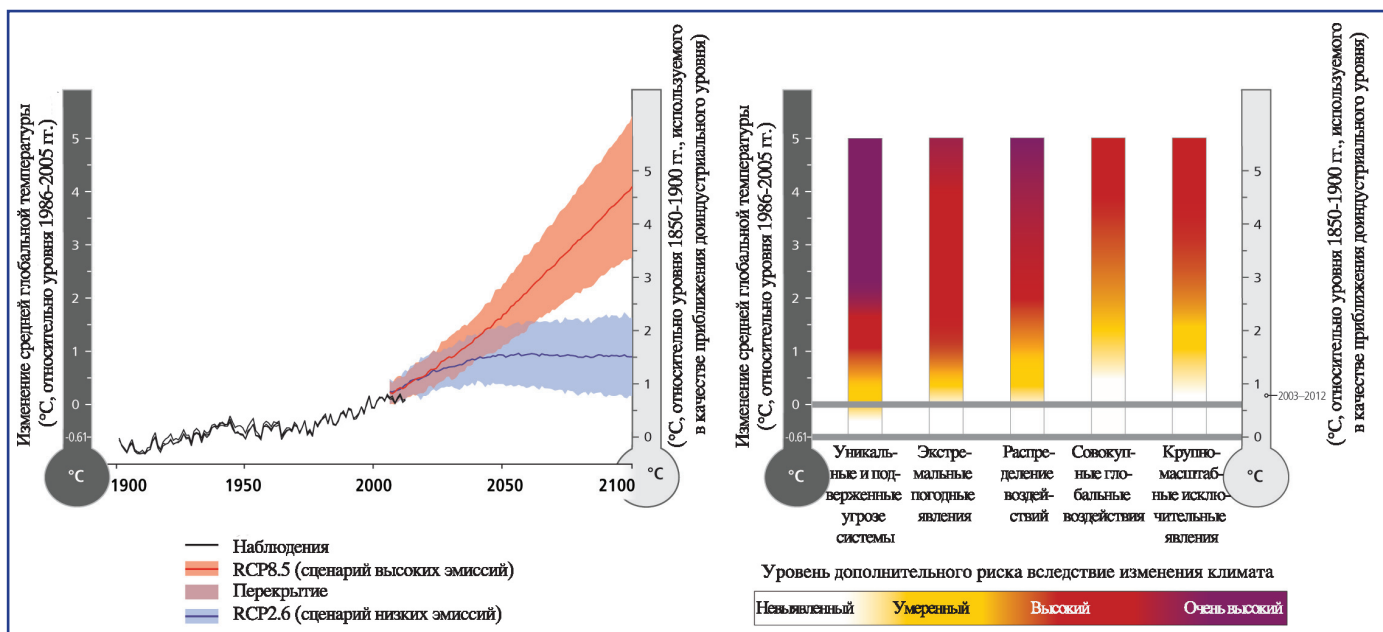


Рис. 1. Глобальная перспективная оценка рисков, связанных с климатом. Риски, связанные с “причинами для обеспокоенности”, показаны справа для увеличивающихся уровней изменения климата. Цвет тушевки означает дополнительный риск вследствие изменения климата, который возникает или превышает. Невыявленный риск (белый цвет) указывает на отсутствие воздействий, которые выявлены и объясняются изменением климата. Умеренный риск (желтый цвет) означает, что соответствующие воздействия выявлены и объясняются изменением климата, по меньшей мере, со средней уверенностью, и что он также удовлетворяет иным конкретным критериям для ключевых рисков. Высокий риск (красный цвет) указывает на сильные и широко распространенные воздействия при одновременном соответствии иным конкретным критериям для ключевых рисков. Пурпурный цвет означает, что на очень высокий риск указывают все критерии для ключевых рисков. Для справки прошлые и будущие значения глобальной среднегодовой температуры в приповерхностном слое приведены слева. В соответствии с имеющейся глобальной совокупностью наиболее длинных рядов данных о приповерхностной температуре наблюдаемое изменение средних значений для 1850–1900 гг. и для базового периода ОД5 (1986–2005 гг.) составляет 0.61°C (5–95%-й доверительный интервал: от 0.55°C до 0.67°C). Это значение было использовано здесь в качестве приближения изменения глобальной средней приповерхностной температуры с доиндустриального времени (периода до 1750 г.) (IPCC, 2014).

С целью научного обеспечения перспективных оценок, представленных в Пятом оценочном докладе МГЭИК, Всемирная программа исследований климата (ВПИК) инициировала 5-ю фазу международного Проекта сравнения объединенных моделей CMIP5* (Taylor et al., 2012). В результате реализации экспериментальной части CMIP5 моделями-участницами был сгенерирован беспрецедентный совокупный объем данных, описывающий состояние глобальной климатической системы в прошлом и будущем, в том числе в XXI веке. Поскольку климат зависит в значительной степени от параметров антропогенного воздействия на климатическую систему Земли, в частности, от выбросов парниковых газов и аэро-

золей в ходе хозяйственной деятельности, то расчеты будущего климата проводились в условиях определенных сценариев мирового экономического развития. При этом антропогенное воздействие описывалось так называемыми Репрезентативными Траекториями Концентраций** (РТК). Именно в результате этих модельных расчетов были получены параметры климата в XXI веке, в том числе обнаружено возможное глобальное потепление на несколько градусов Цельсия.

И наблюдаемые, и ожидаемые в XXI веке изменения климата могут иметь существенные последствия для природных и хозяйственных систем, для здоровья населения. При этом некоторые эффекты глобального потепления в разных регио-

* По-английски – Coupled Model Intercomparison Project.

** В англоязычной литературе Representative Concentration Pathway – RCP (van Vuuren, Edmonds, Kainuma et al., 2011).

нах мира обнаруживаются уже при сравнительно небольших его уровнях, даже при современном потеплении по отношению к доиндустриальным значениям глобальной температуры. Во Вкладе Рабочей группы II МГЭИК в Пятый оценочный доклад (IPCC, 2014) приведена характеристика возможных эффектов и уровни рисков (рис. 1). Оценки даются для пяти обобщенных категорий: уникальные и подверженные угрозе системы; экстремальные погодные явления; распределение воздействий; совокупные глобальные воздействия; крупномасштабные одиночные явления. При этих оценках глобальная температура используется как маркер глобальных изменений климата в целом, последствия которых рассматриваются в анализе.

В силу специфичности региональных проявлений глобального изменения климата существует и развивается практика подготовки национальных и региональных оценочных докладов, фокусирующихся на изменениях климата и их последствиях в тех или иных странах и регионах. Действительно, при всей обширности и детальности оценочных докладов МГЭИК, трудно ожидать, что они в состоянии исчерпывающим образом удовлетворить потребности отдельно взятых стран в соответствующей информации.

Подобная работа проводится и в России. В 2008 году Росгидрометом был опубликован первый “Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации” (ОД_РФ-1, 2008)*. В 2011 г. был издан специальный доклад “Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу” (2011)**. В 2012 г. Росгидрометом была опубликована подготовленная специалистами Росгидромета, РАН и некоторых ВУЗов коллективная монография “Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем” (2012)***.

Отметим, что ОД_РФ-1 (2008) фактически послужил научной основой, на которой Росгидрометом был подготовлен проект Климатической

доктрины Российской Федерации (утверждена Президентом РФ 17 декабря 2009 г.). Заслуживает упоминания констатация Климатической доктриной (и основанием для нее послужили выводы ОД_РФ-1) неоднозначности последствий изменения климата для России – помимо негативных воздействий перед страной открываются и некоторые новые возможности.

Согласно ОД_РФ-1, некоторые изменения климата все в большей степени будут влиять на условия хозяйствования и жизнедеятельности на всей территории России. Особое внимание обращают на себя негативные последствия экстремальных и опасных природных явлений, подавляющее большинство которых относится к погодноклиматическому типу чрезвычайных ситуаций.

Уже после выхода ОД_РФ-1 в свет население и экономику Российской Федерации потрясли получившие широкий общественный резонанс погодные аномалии: волна жары лета 2010 г., наводнения в Краснодарском крае в 2012 г. и на Амуре в 2013 г. Профессиональное научное сообщество с осторожностью говорит о возможной обусловленности крупных погодных аномалий изменением климата. Однако нельзя не констатировать, что изменение частоты и амплитуды экстремальных погодных явлений, как и возрастающая “нервозность” климатической системы в целом, по меньшей мере, не противоречат современным представлениям о том, что ожидает климат нашей планеты в XXI столетии.

Происходящие в настоящее время изменения некоторых наиболее важных характеристик регионального климата, качественно совпадающие с теоретическими оценками, и обусловленные ими последствия дают основания для вывода о тенденции увеличения разрыва между фактической и потребной адаптационной способностью**** или снижения эффективности адаптации российской экономики и общества в целом к упомянутым изменениям (Катцов и др., 2011). Задержки в принятии и исполнении государственных решений в условиях учащения (роста повторяемости) опасных природных явлений, в первую очередь, погод-

* См. <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/index00.htm> или <http://voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyj-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossijskoj-federatsii>

** См. <http://voeikovmgo.ru/ru/otsenka-makroekonomicheskikh-posledstvij-izmeneniya-klimata>

*** См. <http://www.igce.ru/category/knigi>

**** В англоязычной литературе в таких случаях используется термин “deficit of adaptation”: “дефицит адаптации”.

ВВЕДЕНИЕ

но-климатического характера, на которые приходится большая часть чрезвычайных ситуаций, уже в недалеком будущем означают существенное увеличение затрат на адаптацию и, главное, возрастание риска людских потерь.

Цель данной книги – “Второго оценочного доклада Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации” (ОД_РФ-2) – суммировать для территории России информацию о наблюдаемых и ожидаемых изменениях климата и их последствиях для природных и хозяйственных систем, для населения, а также описать возможности адаптаций. При этом особое внимание уделяется информации, появившейся в научной литературе после выхода в свет первого оценочного доклада в 2008 г., а также тем вопросам, которые не были рассмотрены в ОД_РФ-1.

Источниками информации для данного оценочного доклада Росгидромета служат отечественные и зарубежные научные публикации в рецензируемых научных изданиях, научные монографии, сборники научных трудов и специальные научные доклады, публикация которых осуществляется по решению научных редакционных советов и коллегий издательств или назначенных ученых-рецензентов. В докладе использованы данные мониторинга государственных наблюдательных сетей, а также результаты научных проектов, выполняемых в рамках профильных международных и российских программ исследований.

Структура ОД_РФ-2 вполне традиционна. Он состоит из шести разделов, посвященных, соответственно: (1) наблюдаемым изменениям климата, (2) их причинам, (3) ожидаемым изменениям климата в XXI веке, а также воздействию этих изменений на (4) природные системы суши, (5) морские природные системы и (6) хозяйственные системы и здоровье населения. Разделы состоят из тематических глав. Над каждой главой работал отдельный авторский коллектив под руководством ведущих авторов, чьи фамилии возглавляют авторские списки глав (отмечены подчеркиванием). Каждый из шести разделов имеет собственного рецензента.

Будущий климат России XXI века в настоящем докладе описывается, в основном, средним из расчетных климатов, полученных с помощью ан-

самбля климатических моделей семейства СМIP5. При расчете последствий изменения климата обычно употребляется средний климат по ансамблю из 31 модели (АН_31) этого семейства моделей. Рассматриваются два сценария антропогенного воздействия на климатическую систему – RCP4.5 и RCP8.5. В некоторых случаях в качестве вспомогательного рассматривается сценарий RCP2.6. Попутно, в той мере, в какой это представляется возможным, новые оценки будущих изменений температуры и осадков в сезонном ходе сопоставляются с оценками, полученными ранее на основе анализа ансамбля расчетов СМIP3 и использованными в (ОД_РФ-1, 2008) – для семейства сценариев SRES антропогенного воздействия на климатическую систему Земли (Nakićenović et al., 2000).

Будущий климат для целей настоящего доклада был рассчитан для следующих периодов времени: начала (2011–2030 гг.), середины (2041–2060 гг.) и конца (2080–2099 гг.) XXI века (Катцов, Говоркова, 2013). В качестве базового периода принят 1981–2000 гг. Дополнительно рассматриваются и некоторые другие 20-летние периоды XXI в., середины которых для разных сценариев приходятся на условный “момент” глобального потепления на 2°C по отношению к доиндустриальному значению (непревышение этого уровня – современная “глобальная цель”).

В дополнение к описанным выше представлениям о будущем климате, полученным с помощью динамических климатических моделей, в настоящем докладе рассматривается изменение климата, соответствующее увеличению средней глобальной температуры на 1.5°C по сравнению с уровнем 1981–2000 гг. (климат “+1.5°C”), что примерно соответствует превышению доиндустриального значения на 2°C. Соответствующее глобальное распределение температуры было получено с использованием статистических методов, а именно, корреляционных связей между глобальными и региональными изменениями климата в период от начала XX до начала XXI века (Семенов и др., 2013).

Оценки последствий наблюдаемых и ожидаемых изменений климата, представленные в данном докладе, основаны на данных научных публикаций. При получении этих оценок использовалась методология, изложенная в коллективной

монографии “Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем” (2012).

Настоящий доклад является совместным вкладом ученых, работающих в следующих научно-исследовательских институтах Росгидромета и РАН, высших учебных заведениях и ряде других учреждений:

– Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (головное учреждение по подготовке доклада), Санкт-Петербург;

– Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (головное учреждение по подготовке доклада), Москва;

– Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург;

– Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, Обнинск;

– Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии, Обнинск;

– Геофизический центр РАН, Москва;

– Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, Москва;

– Гидрометеорологическая обсерватория, Ростов-на-Дону;

– Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург;

– Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства, Санкт-Петербург;

– Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Владивосток;

– Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург;

– Институт географии РАН, Москва;

– Институт лесоведения РАН, Московская область, с. Успенское;

– Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург;

– Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва;

– Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Москва;

– Институт вычислительной математики РАН, Москва;

– Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск;

– Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень;

– Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино-на-Оке;

– Институт экологии растений и животных УРО РАН, Екатеринбург;

– Международный институт прикладного системного анализа, Австрия;

– Министерство экономического развития Калужской области;

– Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва;

– Научно-производственное объединение “Тайфун”, Обнинск;

– Национальный центр климатических данных, Ашвилл, США;

– Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт “Гидропроект” им. С. Я. Жука, Москва;

– Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург;

– Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;

– Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург;

– Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург;

– Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Владивосток;

– Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток;

– Университет Рединга, Великобритания;

– Университет Джорджа Вашингтона, США;

– Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва;

– Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота.

Доклад подготовлен в рамках Целевой научно-технической программы Росгидромета “Научно-исследовательские, опытно-конструкторские, технологические и другие работы для государственных нужд в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды” на 2014–2016 гг. В нем также использованы результаты научных исследований, поддержанных грантами РФФИ и

ВВЕДЕНИЕ

РГНФ. Мы признательны международному сообществу разработчиков климатических моделей за предоставление данных для анализа, участникам Программы диагноза и сравнения климатических моделей (PCMDI) и Международной организации научных порталов по земной системе (GO-ESSP) – за разработку и поддержание программной инфраструктуры, обеспечивающей распространение модельных данных CMIP5, Рабочей группе по объединенным моделям (WGCM) Всемирной программы исследований климата (ВПИК – WCRP) – за организацию деятельности по анализу модельных расчетов. Архив данных WCRP CMIP5 поддерживается управлением науки Министерства энергетики США. Результаты анализа расчетов изменений климата на территории России в XXI веке с помощью ансамбля моделей CMIP5* были получены и предоставлены авторам ОД_РФ-2 в рамках деятельности Климатического центра Росгидромета на базе ГГО им. А. И. Воейкова.

В заключение хотелось бы поблагодарить всех ученых, которые откликнулись на нашу просьбу и согласились принять участие в подготовке этого доклада. Мы благодарим авторов и ведущих авторов глав, координаторов и рецензентов разделов доклада, редакционную группу – всех, кто работал над докладом. Наша общая искренняя благодарность руководству Росгидромета, без поддержки которого эта книга не смогла бы появиться.

Литература

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., 2003. Колебания и изменения климата на территории России, Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, т. 39, № 2, с. 66–185.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., 2012. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 193 с.

Жеребцов Г. А., Коваленко В. А., Молодых С. И., Кириченко К. Е., 2013. Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхности океана, Известия Иркутского госу-

дарственного университета. Серия “Науки о Земле”, т. 6, № 1. с. 61–79.

Катцов В. М., Говоркова В. А., 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (CMIP5), Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. вып. 569. с. 75–97.

Катцов В. М., Кобышева Н. В., Мелешко В. П., Порфирьев Б. Н., Ревич Б. А., Сиротенко О. Д., Стадник В. В., Хлебникова Е. И., Чичерин С. С., Шалыгин А. Л., 2011. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. (ред.), Росгидромет. 251 с.

Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем, 2012. Семенов С. М. (ред.), М., Росгидромет. 512 с.

ОД_РФ-1, 2008. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. т. I, т. II, Общее резюме, Техническое резюме. Москва.

Порфирьев Б. Н., Катцов В. М., Рогинко С. А., 2011. Изменения климата и международная безопасность. Рос. акад. наук, Отд-ние обществ. наук. М: ДАРТ. 290 с.

Семенов С. М., Израэль Ю. А., Груза Г. В., Ранькова Э. Я., 2008. Изменения глобальной температуры и региональные риски при некоторых стабилизационных сценариях антропогенной эмиссии диоксида углерода и метана, в кн.: Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы, изменения климата: влияние земных и внеземных факторов. т. 6. Г. С. Голицын (отв. ред.), М., ИФА РАН, ИФЗ РАН. с. 24–36.

Семенов С. М., 2012. Парниковый эффект и его антропогенное усиление, Солнечно-земная физика, вып. 21, с. 10–17.

Семенов С. М., Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Попов И. О., Титкина С. Н., 2013. Распреде-

* <http://voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-v-rossii-v-xxi-veke>

- ние приповерхностной температуры на территории России и соседних стран при заданном уровне глобального потепления, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М., ИГКЭ. т. 25, с. 29–41.
- IPCC, 2013.** Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 pp.
- IPCC, 2014.** Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 1–32.
- Nakićenović N., Alcamo J., Davis G., de Vries B., Fenhann J., Gaffin S., Gregory K., Grubler A., Jung T. Y., Kram T., La Rovere E. L., Michaelis L., Mori S., Morita T., Pepper W., Pitcher H., Price L., Raihi K., Roehrl A., Rogner H.-H., Sankovski A., Schlesinger M., Shukla P., Smith S., Swart R., van Rooijen S., Victor N., Dadi Z., 2000.** IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA. 612 p.
- Taylor K. E., Stouffer R. J., Meehl G. A., 2012.** An Overview of CMIP5 and the experiment design, Bull. Amer. Meteor. Soc., vol. 93. pp. 485–498. DOI:10.1175/BAMS-D-11-00094.1.
- van Vuuren D. P., Edmonds J. A., Kainuma M., Riahi K., Thomson A. M., Hibbard K., Hurtt G. C., Kram T., Krey V., Lamarque J.-F., Masui T., Meinshausen M., Nakićenović N., Smith S. J., Rose S., 2011.** The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, vol. 109. pp. 5–31. DOI: 10.1007/s10584-011-0148-z.