



---

## **Европейская экономическая комиссия**

### **Комитет по внутреннему транспорту**

#### **Рабочая группа по тенденциям и экономике транспорта**

**Группа экспертов по последствиям изменения  
климата для международных транспортных сетей  
и узлов и адаптации к ним**

##### **Десятая сессия**

Женева, 7–8 июля 2016 года

Пункт 4 предварительной повестки дня

**Обсуждение структуры заключительного  
доклада Группы экспертов**

### **Обзор последних тенденций и прогнозов в области изменения климата, отражающихся на транспортном секторе в регионе ЕЭК (Часть I)**

#### **Записка секретариата**

## **I. Введение**

1. Настоящий документ был подготовлен с учетом результатов/видов деятельности в рамках направления деятельности 2: «Тенденции и экономика транспорта (включая евро-азиатские транспортные связи)» программы работы подпрограммы по транспорту на 2016–2017 годы (ECE/TRANS/2016/28/Add.1, пункт 2.2) и круга ведения Группы экспертов по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и узлов и адаптации к ним Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) (ECE/TRANS/2015/6), утвержденным Комитетом по внутреннему транспорту 24–26 февраля 2015 года (ECE/TRANS/248, пункт 34).



## II. Изменение климата: последние тенденции и прогнозы

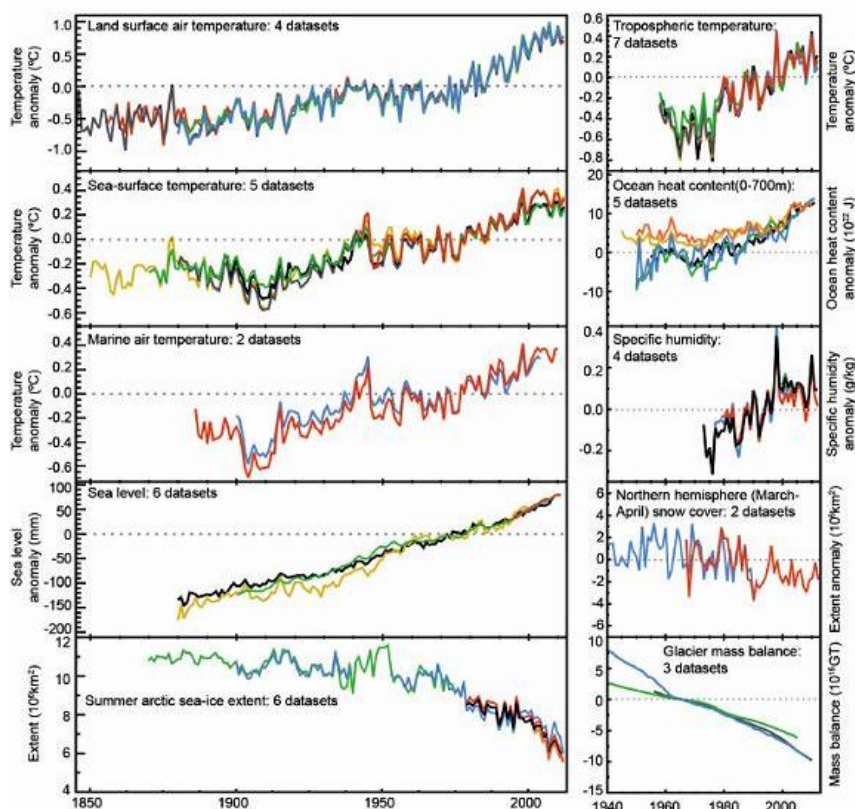
### A. Тенденции изменения климата

2. Изложенная в настоящем документе климатическая информация относится к последнему периоду (последнему десятилетию). Часть этой информации (тенденции/прогнозы климатических факторов до 2013 года) была представлена в предыдущем докладе ЕЭК (ЕЭК, 2013 год); в настоящем докладе (его проекте) основное внимание уделено самому последнему по времени периоду (2011–2015 годы), а также складывающимся последним многолетним тенденциям и прогнозам изменчивости и изменения климата (ИИК). Существуют убедительные свидетельства потепления климата на планете начиная с XIX века, которые подтверждены независимыми научными доказательствами, полученными в разных средах (от верхних слоев атмосферы до толщи океана). В дискуссиях по изменению климата чаще всего рассматривается вопрос о повышении температуры поверхности суши, которая является лишь одним из показателей изменения климата наряду с другими, к числу которых относятся изменения, например, температуры атмосферы/океанов, уровня моря, осадков и ледников, снежного покрова и ледяного покрова морей (диаграмма 1).

Диаграмма 1

#### Изменение климатических факторов

(Каждая строка соответствует независимо полученной оценке по одному показателю изменения климата. В каждой панели все наборы данных приведены к норме за единый период наблюдений (МГЭИК<sup>1</sup>, 2013 год))



<sup>1</sup> Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК).

3. В последние десятилетия наблюдается повышение температуры в тропосфере. В результате поглощения более 80% избыточной энергии, образовавшейся вследствие увеличения выбросов в 1970-х годах, значительно повысилось теплосодержание Мирового океана (МГЭИК, 2013 год; Melillo et al., 2014); это привело к повышению уровня моря под воздействием стерического эффекта, который считается основным фактором повышения уровня моря (Hanna et al., 2013). Вместе с тем за последние несколько десятилетий сократилась площадь ледников, ледового и снежного покрова. Со времени начала спутниковых наблюдений (в 1978 году) площадь ледяного покрова в Северном Ледовитом океане уменьшилась более чем на 40%; это особенно заметно в конце ежегодного сезона таяния (в сентябре) (Melillo et al., 2014). Начиная с 1950 года в Северном полушарии (СП) происходит сокращение площади снежного покрова, присутствующего в весенний период; в течение последних 20 лет происходит постоянное снижение запасов ледникового льда (МГЭИК, 2013 год).

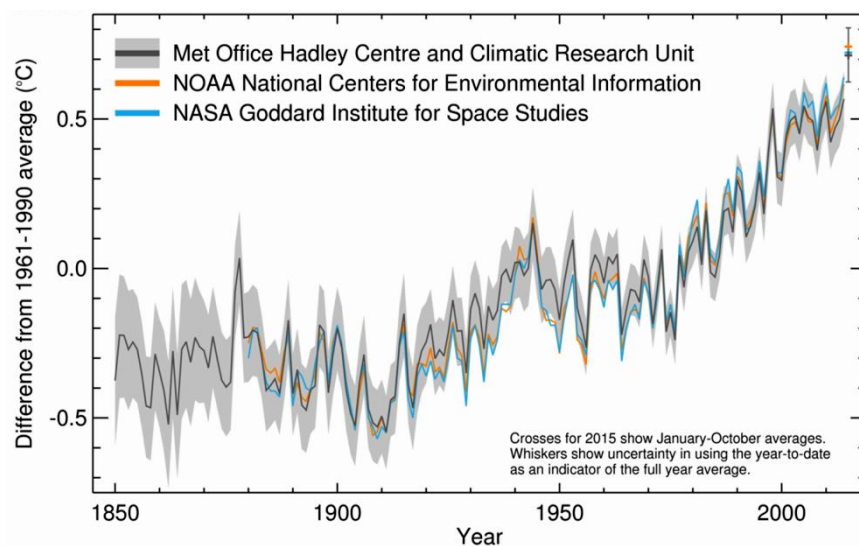
#### 1.1.1 Температура и осадки

4. Глобальная средняя приземная температура является наиболее широко используемым показателем изменения климата. Хотя в каждый последующий год (или десятилетие) не всегда теплее, чем в предыдущий, уже сложилась долгосрочная тенденция к потеплению (диаграмма 2). Большинство из 16 самых теплых лет после 1880 года (времени начала наблюдений) пришлось на период после 2001 года, при этом 2015 год оказался самым теплым годом за все время инструментальных наблюдений (с 94-процентной точностью) (НАСА<sup>2</sup>, 2016 год). Глобальная средняя температура поверхности суши и Мирового океана в 2015 году на  $0,76 \pm 0,09$  °С превысила средний показатель 1961–1990 годов. Ранее мировой рекорд по температуре был побит в 2014 году, когда средняя глобальная температура на  $0,56 \pm 0,1$  °С превысила средний показатель за 1961–1990 годы (MetOffice, 2014). Температурные рекорды оказались повсеместным явлением в западной части Северной Америки, Северной, Южной и Восточной Европе, Западной Азии, Индийском океане, частях Северного Ледовитого океана и западной части Северной Атлантики.

---

<sup>2</sup> Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (НАСА).

Диаграмма 2  
**Средняя глобальная приземная температура в период с 1850 года по октябрь 2015 года с указанием неопределенностей (выделены серым цветом)**



Источник: HadCRUT4, NOAA<sup>3</sup>-GlobalTemp, NASA-GISS<sup>4</sup> (WMO<sup>5</sup>, 2016).

5. Начиная с конца XX века происходит замедление темпов роста глобальной температуры (диаграмма 3) по сравнению с прогнозами глобальных климатических моделей. Это несоответствие (прерывание глобального потепления) было отнесено на счет неопределенностей в моделировании, относящихся, например, к внешнему воздействию на климат (МГЭИК, 2013 год), в частности в результате извержений вулканов, изменений, затрагивающих стратосферный водяной пар, промышленных аэрозолей, солнечной активности и межгодовой – десятилетней изменчивости океанских циклов (например, явлений «Эль-Ниньо» и «Ла-Нинья») (MetOffice, 2014).

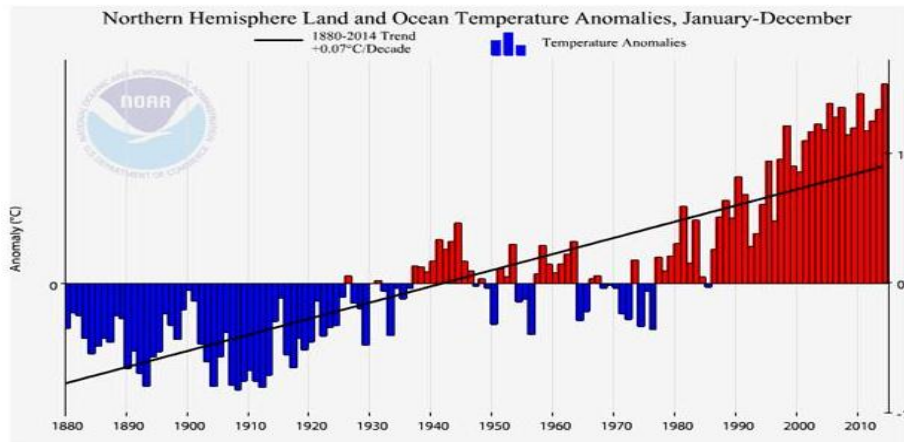
<sup>3</sup> Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы (НОАА).

<sup>4</sup> Институт космических исследований им. Годдарда НАСА (ГИСС НАСА).

<sup>5</sup> Всемирная метеорологическая организация (ВМО).

Диаграмма 3

**Тенденции: температурные аномалии суши и океанов в 1880–2014 годах (НОАА, 2016а)**



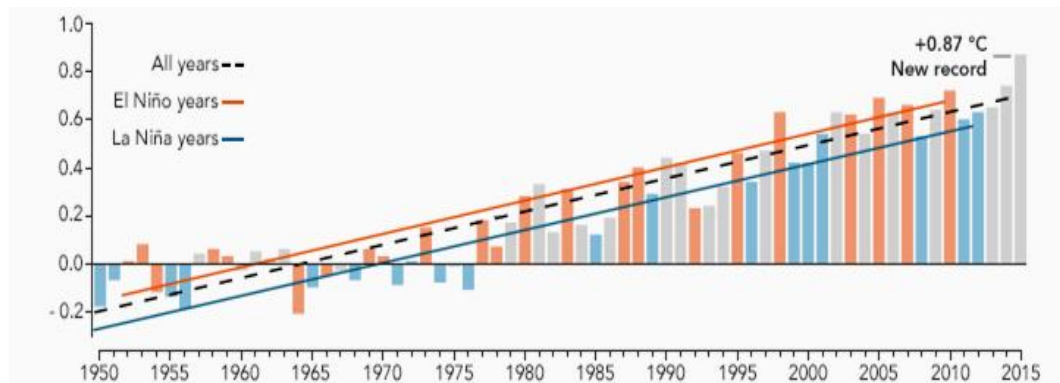
6. Наблюдения показали, что годы, начинающиеся в ходе «Эль-Ниньо», теплее, чем годы, в которые явления «Эль-Ниньо» не происходит (нейтральные годы или годы в ходе «Ла-Нинья») (диаграмма 4). На температурный рекорд 2015 года повлияли сильные проявления «Эль-Ниньо» в Тихом океане, и, согласно прогнозам, температуры в 2016 году будут столь же высокими (НАСА, 2016 год). Хотя 2014 год был нейтральным годом «Эль-Ниньо», по оценкам НОАА, приземные температуры были на  $0,88 \pm 0,20$  °C выше, чем в среднем в 1961–1990 годах (ВМО, 2014 год). Однако недавние исследования (например, Cowtan and Way, 2014; Karl et al, 2015) поставили под сомнение тенденцию к снижению роста температуры в связи с тем, что в наборах данных о температурах поверхности могут быть ошибки, а также на том основании, что повторный анализ исправленных/обновленных данных указывает на глобальные тенденции, превышающие значения, о которых сообщалось в выполненных ранее исследованиях (например, МГЭИК, 2013 год).

Диаграмма 4

**Среднегодовые температуры по сравнению с их средними значениями в 1951–1980 годах**

(Синие и красные гистограммы указывают на годовые аномалии температуры в годы явлений «Эль-Ниньо» и «Ла-Нинья» соответственно, а синие и красные линии – на тенденцию.

Нейтральные годы указаны серым цветом; пунктирная линия показывает общую среднюю тенденцию с 1950 года (НАСА, 2016 год))

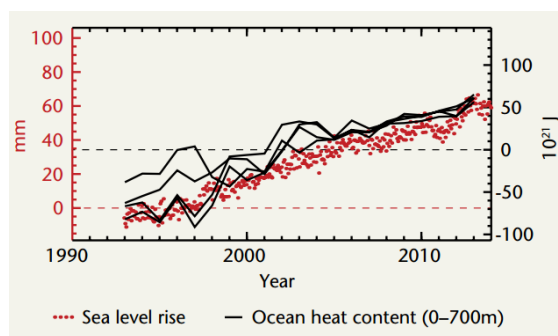


7. Климат зависит от притока и оттока тепла и динамики его аккумуляции в различных составляющих средах земной системы, т.е. в Мировом океане, земной толще и в атмосфере (МГЭИК, 2013 год). Большая часть тепла накапливается в Мировом океане, поскольку он поглощает около 80% тепла, поступающего в климатическую систему, вследствие чего изменения температуры океана являются важным показателем климатических изменений. В последние годы получено достаточно свидетельств, указывающих на потепление океана темпами, которые, согласно оценкам, в 1993–2008 годы составили  $0,64 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  (Lupan et al., 2010). Начиная с 1961 года наблюдается повышение температуры воды на глубине до 3 000 м (МГЭИК, 2013 год). Существует очевидное соответствие (диаграмма 5) между увеличением теплосодержания Мирового океана и повышением уровня моря в результате предполагаемого теплового расширения (НАСА, 2016 год).

Диаграмма 5

**Наблюдаемое среднее повышение уровня Мирового океана и изменения теплосодержания Мирового океана за 20-летний период (1993–2013 годы)**

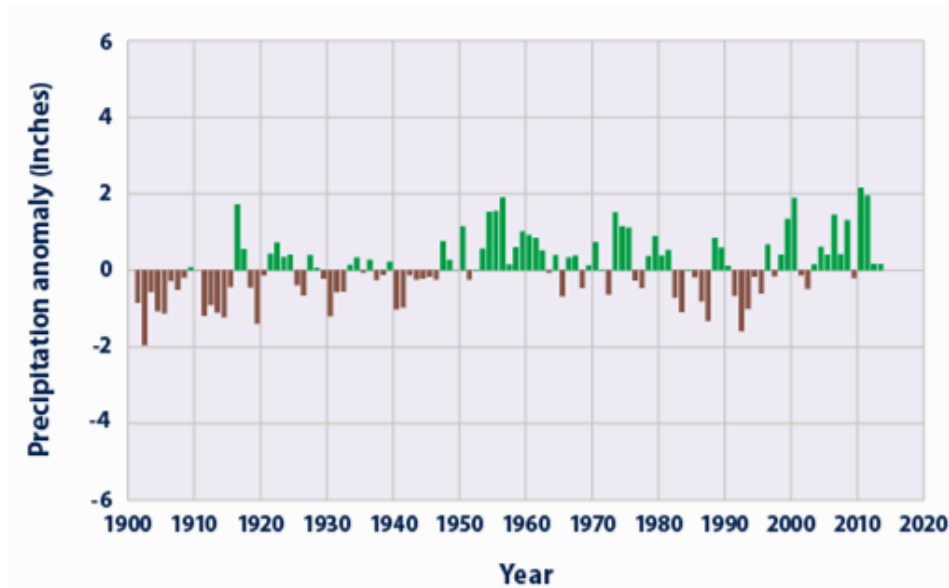
(Данные об уровне моря получены на основе данных исследований по программам TOPEX (1993–2001 годы), Джейсон-1 (2002–2008 годы) и Джейсон-2 (2008–2013 годы) (можно ознакомиться по адресу <http://sealevel.colorado.edu/>). Теплосодержание Мирового океана указано для верхних 700 м по сравнению со средними значениями за 1993–2012 годы; источники данных – CSIRO/ACE CRC; PMEL/JPL/JIMAR; NODC; и EN4.0.2 (MetOffice, 2014))



8. Анализ данных о глобальных осадках на суше указывает на их повышающую тенденцию в XX веке, особенно в средних и высоких широтах (с низкой достоверностью до 1951 года, впоследствии – со средней степенью достоверности). Однако, когда анализ охватывает только средние широты СП, степень уверенности относительно тенденций в области осадков после 1951 года является высокой. Как правило, данные о глобальных осадках указывают на смешанные (и статистически незначимые) долгосрочные тенденции (МГЭИК, 2013 год) при наблюдаемой сильной региональной изменчивости. Во многих частях Европы и Северной Америки увеличилась интенсивность и частота сильных осадков (диаграмма 6), тогда как в Средиземноморье и некоторых частях Африки наблюдается увеличение частоты и интенсивности засух (МГЭИК, 2013 год).

Диаграмма 6

Общие ежегодные глобальные осадки, выпавшие на поверхность суши в 1901–2013 годах, по сравнению с 1901–2000 годами (ЕРА, 2015)



### 1.1.2 Уровень моря

9. В последние десятилетия наблюдается значительное повышение среднего уровня моря вследствие: а) теплового расширения океана (ТРО), т.е. изменений объема Мирового океана под воздействием стericских эффектов; б) гляциоэвстазии, т.е. увеличения массы Мирового океана в результате таяния ледяного покрова в Гренландии и Антарктике (ЛПГ и ЛПА), а также ледников и ледяных шапок (ЛЛШ); в) гляцио-изостатической компенсации (ГИК); и д) изменений запасов водных ресурсов суши (см., например, Hanna et al., 2013). По сравнению со стабильными средними показателями, наблюдавшимися в течение предыдущих 2000 лет, темпы повышения уровня Мирового океана резко возросли (см., например, Church and White, 2006; Engelhart et al., 2009; Gehrels and Woodworth, 2012; IPCC, 2013; Horton et al., 2014). С 1860 года повышение уровня моря составило около 0,20 м, при этом темпы повышения, особенно с 1990-х годов, постепенно ускоряются. Глобальные темпы повышения уровня моря в среднем составляют от 1,3 до 1,8 см за десятилетие (Church et al., 2013; Neu et al., 2015). Как и в случае с температурой, долгосрочная повышательная тенденция в изменении уровня моря менялась на протяжении десятилетий. Например, в начале XX века и на протяжении большей части 1960-х и 1970-х годов его повышение проходило более низкими темпами; в 1930-х и 1950-х годах темпы повышения уровня моря возросли. Начиная с 1993 года спутниковые наблюдения и данные мареографов показывают повышение глобального уровня моря на  $3,3 \pm 0,25$  см в течение десятилетия (Church et al., 2013), а с 1900-х годов наметилось ощутимое ускорение темпов повышения уровня моря в масштабах планеты (диаграмма 7).

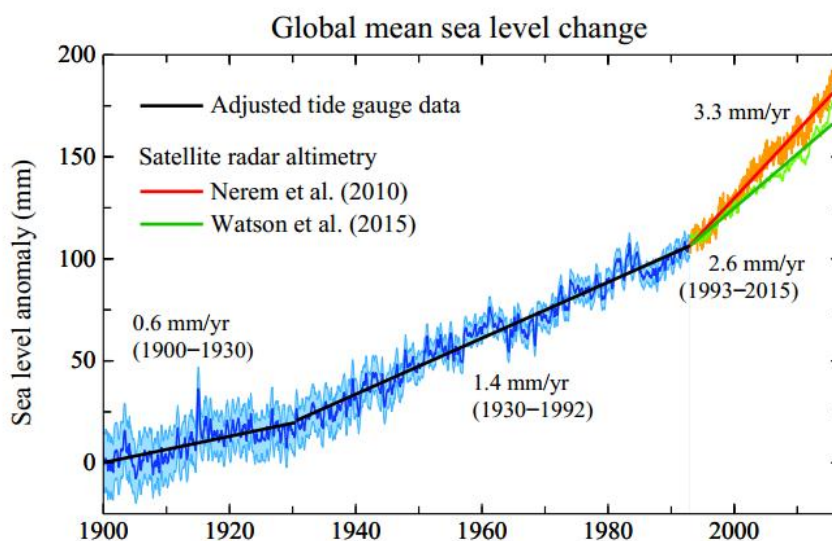
10. Тенденции изменения среднего показателя уровня моря и региональная изменчивость климата в конце XX века привели к общемировым изменениям динамики максимальной высоты приливов. Вместе с тем повышение уровня моря характеризуется значительной географической неравномерностью, особенно вдоль береговой линии (Menendez and Woodworth, 2010). Другие недав-

ние исследования выявили существенные региональные вариации. Например, в Европе в последние четыре десятилетия уровень моря повышался вдоль большей части побережья, за исключением северной Балтики (ЕАОС<sup>6</sup>, 2012 год).

Диаграмма 7

#### Оценочное изменение (в мм) уровня моря с 1900 года

(Данные до 1992 года включительно получены с использованием мареографов; они приведены в исследовании Church and White (2011); средняя скорость изменений за 1901–1990 годы, составившая  $1,2 \text{ мм год}^{-1}$ , получена путем умножения значения скорости изменений на 0,78 (Hansen et al., 2016))



### 1.1.3 Арктический лед, снег и вечная мерзлота

11. Тенденция к потеплению также затрагивает и криосферу. Июньский показатель снежного покрова в Северном полушарии (т.е. около 98% снежного покрова в мире) в период 1967–2012 годов за десятилетие снижался на 11,7% (ЕАОС, 2015а) (диаграмма 8). Однако эта тенденция не является единообразной. В некоторых регионах, таких как Альпы и Скандинавия, глубина снежного покрова неуклонно уменьшается в низинах, но при этом увеличивается в горах, тогда как в других горных районах (например, в Карпатах, Пиренеях и на Кавказе) какие-либо стабильные тренды не прослеживаются (ЕАОС, 2012 год).

12. Согласно данным исследований за последние несколько десятилетий в Арктическом регионе сложилась тенденция к сокращению площади и продолжительности присутствия снежного покрова. Приходящаяся на конец лета минимальная площадь морского ледового покрытия в Арктике с 1979 года сократилась почти на 40%, при этом девять случаев, когда ледовое покрытие в сентябре в период 1979–2015 годов занимало наименьшую площадь, наблюдались в течение последних девяти лет (NSIDC<sup>7</sup>, 2012). Согласно оценкам, приходящаяся на лето площадь арктического морского льда в 2012 году составила 3,39 млн. км<sup>2</sup>, что является наименьшим когда-либо зарегистрированным показателем; поверхность таяния материкового льда в Гренландии в летний период

<sup>6</sup> Европейское агентство по окружающей среде (ЕАОС).

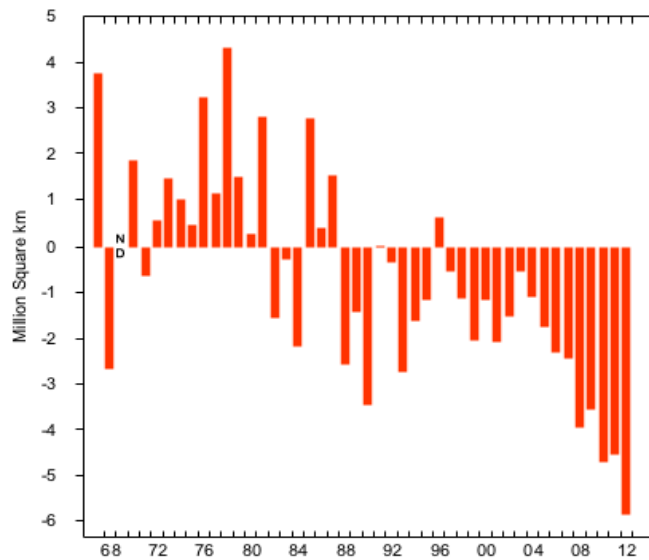
<sup>7</sup> Национальный центр данных по снегу и льду (НЦДСЛ).



в 2011–2015 годах также превысила средний показатель (ВМО, 2016 год). Вместе с тем зимой площадь морского ледового покрытия в Арктике сокращается не столь быстрыми темпами, как в летнее время; зарегистрированное наименьшее значение в зимний период составляет 14,39 млн. км<sup>2</sup>. Данные об измерении массы материкового льда в Гренландии приводятся в исследовании Velicogna et al. (2014), согласно которому масштабы потерь составляют  $280 \pm 58$  Гт год<sup>-1</sup> при ускорении  $25,4 \pm 1,2$  Гт год<sup>-2</sup>. В том же исследовании содержатся данные об уменьшении массы льда близлежащих канадских ледников и ледяных шапок в размере  $74 \pm 7$  Гт год<sup>-1</sup> при их ускорении, равном  $10 \pm 2$  Гт год<sup>-2</sup>.

Диаграмма 8

**Площадь снежного покрова в Северном полушарии в июне в период 1967–2012 годов (NSIDC, 2012)**



13. Описанные выше процессы оказали значительное воздействие на повышение уровня Мирового океана. Наблюдения показывают, что таяние льда в Гренландии, по всей вероятности, способствовало повышению его уровня в пределах от  $0,09$  ( $-0,02$  до  $0,20$ ) мм/год<sup>-1</sup> в 1992–2001 годах до  $0,59$  ( $0,43$  до  $0,76$ ) мм/год<sup>-1</sup> в 2002–2011 годах, а вклад потерь материкового льда Антарктики, судя по всему, вырос с  $0,08$  ( $-0,10$  до  $0,27$ ) мм/год<sup>-1</sup> в 1992–2001 годах до  $0,40$  ( $0,20$  до  $0,61$ ) мм/год<sup>-1</sup> в 2002–2011 годах; в целом вклад таяния материкового льда в повышение уровня моря (ПУМ) в период 1993–2010 годов составляет  $0,60$  ( $0,42$ – $0,78$ ) мм/год<sup>-1</sup> (МГЭИК, 2013 год).

14. В течение последних пяти лет (2011–2015 годы) в Арктике продолжилось сокращение площади морского льда, темпы которого превысили среднее значение за 1981–2010 годы, особенно в случае зимнего максимума. Напротив, площадь ледового покрытия антарктических морей в сентябре 2014 года составила 20,16 млн. км<sup>2</sup>, т.е. была на 1,45 млн. км<sup>2</sup> больше среднего значения за 1981–2010 годы и достигла наибольшего значения за время спутниковых наблюдений. В результате аномально медленного замерзания воды зимой 2015 года площадь ледового покрытия весной 2015 года оказалась практически на уровне средних значений (максимальное значение в начале октября составило 18,83 млн. км<sup>2</sup>, т.е. лишь на 0,7% превысило среднее значение за 1981–2010 годы (ВМО, 2016 год)). В течение последних пяти лет также про-

должилось ухудшение состояния горных ледников; наряду с этим в арктических районах вечной мерзлоты наблюдалось повышение температуры грунта на глубину до 20 метров. С 1980 года в большинстве регионов температура в толще вечной мерзлоты увеличилась на 2 °С, что нанесло значительный ущерб инфраструктуре; с 1930 года мощность слоя вечной мерзлоты в СП снизилась на 0,32 м (МГЭИК, 2013 год). За последние пять лет (2011–2015 годы) площадь снежного покрова также оказалась существенно ниже среднего показателя. Для аномалий в изменении площади снежного покрытия в СП характерна сильная сезонная изменчивость, но ее общий средний показатель за пятилетний летний период близок к среднему показателю за 1981–2010 годы. Наибольшее сезонное аномальное изменение пришлось на зиму 2013 года, когда площадь снежного покрова в течение всей зимы значительно превысила норму (ВМО, 2014 год).

#### 1.1.4 Экстремальные климатические явления

15. Изменения средних климатических показателей также способны повлечь за собой перемены в частоте, интенсивности, пространственном охвате, продолжительности и времени наступления экстремальных погодных и климатических явлений, которые могут принимать беспрецедентные экстремальные формы. В будущем такие экстремальные явления в свою очередь способны привести к изменению распределения климатических условий; исходя из этого, ожидается, что в будущем средние значения некоторых климатических переменных будут соответствовать крайним значениям переменных, характеризующих современные условия (МГЭИК, 2013 год). Экстремальные явления (например, ураганы, наводнения, засухи и периоды аномальной жары), а также изменения режимов отдельных климатических систем (например, муссонов) (King et al., 2015) в меньших пространственно-временных масштабах могут представлять собой наиболее ощутимую форму климатического воздействия (МГЭИК, 2013 год), так как они могут стать причиной более тяжелых последствий/стихийных бедствий по сравнению с изменениями средних значений переменных. При этом общество, привыкшее полагаться на предсказуемые долгосрочные климатические закономерности, редко оказывается готовым эффективно противостоять экстремальным погодным явлениям (MetOffice, 2014).

16. Динамика многих показателей экстремальных климатических явлений и изменчивости климата следует за процессом потепления, в том числе это касается повсеместного уменьшения количества морозных дней в районах средних широт и того очевидного факта, что во многих регионах пиковые значения высоких температур растут, а низких – падают (МГЭИК, 2013 год). Данные указывают на общее изменение частоты экстремальных значений температуры и осадков, оказывающих сильное воздействие, независимо от типа набора данных и используемого метода их обработки (MetOffice, 2014).

17. Последствия экстремальных явлений трудно предсказать. Они весьма многообразны и могут включать в себя такие оказывающие сильные воздействия явления, как внезапные резкие перепады температур, быстрое отступление морского льда, выпадение аномальных количеств осадков, сильные ураганы, штормовые нагоны, продолжительные засухи, периоды сильной жары и стихийные пожары, а также единовременный сток больших масс воды из тающих ледников и просадка грунта в районах вечной мерзлоты. Кроме того, судя по некоторым данным, экстремальный характер таких явлений, как ураганы в тропических и умеренных широтах, с потеплением климата может еще более усугубиться (Emanuel, 2005; Ruggiero et al., 2010; WMO, 2014; MetOffice, 2014). Так, даже небольшое увеличение (на 5 м/с) скорости приземного ветра при тропических циклонах, вызываемых повышением температуры Мирового океана

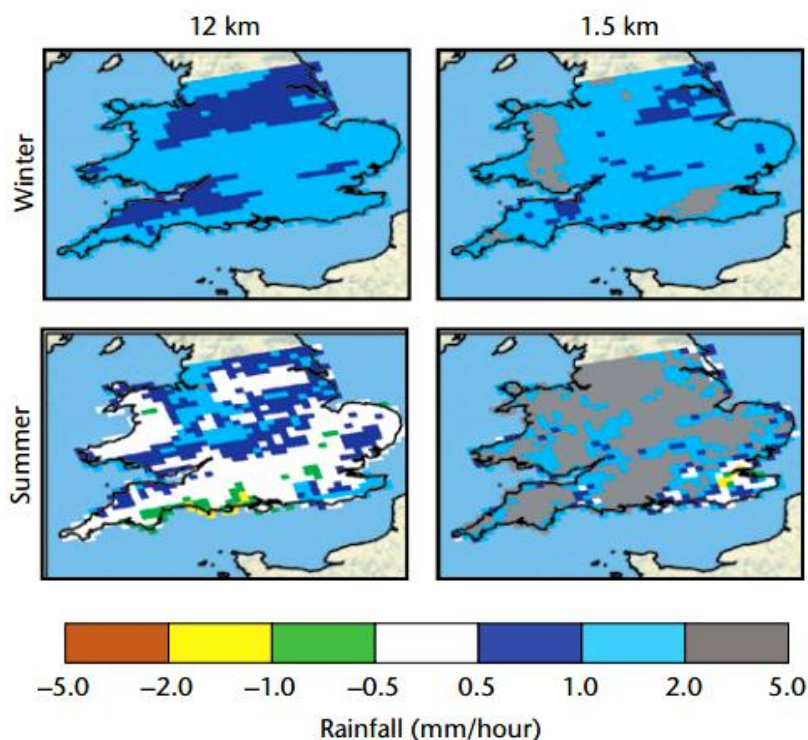
на 1 °C, способно привести к значительно более частому возникновению наиболее мощных и разрушительных ураганов пятой категории (например, Steffen, 2009). Последствия таких экстремальных явлений, в частности для населенных пунктов и инфраструктуры прибрежных районов, могут быть весьма тяжелыми, поскольку одновременно увеличивается вероятность сильного повышения уровня моря из-за штормового нагона, а также вероятность заплеска волн (например, Stockdon et al., 2012), что может вызывать затопление побережья, особенно с учетом ожидаемого повышения среднего значения уровня моря (Hallegatte et al., 2013).

18. Кроме того, повышение интенсивности и частоты и/или изменение режима возникновения сверхсильного волнения (например, Ruggiero, 2013; Bertin et al., 2013) также будут приводить, как минимум временно, к эрозии или затоплению побережья, особенно в условиях повышения среднего значения уровня моря (например, Losada et al., 2013). Штормовые нагоны воды создают повышенную угрозу для плотно застроенных береговых районов и прежде всего для низинных районов в устьях таких рек, как Рейн, Дунай и Миссисипи, которые из-за сравнительно сильного ожидаемого повышения в этих районах среднего значения уровня моря считаются наиболее уязвимыми и подверженными береговой эрозии (ЕЭК, 2013 год). Изучение динамики экстремальных подъемов уровня моря показывает, что изменения экстремальных уровней подъема воды обусловлены главным образом повышением среднего значения уровня моря (например, Marcos et al., 2011). С большой долей уверенности можно говорить о том, что при неизменном воздействии других факторов повышение уровня моря будет и в дальнейшем приводить к береговой эрозии и/или наводнениям в тех районах побережья, которые подвержены им в настоящее время (Hallegatte et al. 2013).

19. Одной из самых заметных тенденций, по всей видимости, является учащение и усиление ливневых дождей. Именно с этим в первую очередь связано общее повышение уровня осадков, наблюдаемое в последние 50 лет. Согласно прогнозам, полученным на основе климатических моделей, в текущем столетии эта тенденция сохранится (Karl et al., 2009). Согласно прогнозу на основе модели с высокой разрешающей способностью (MetOffice, 2014), хотя к 2100 году летом в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии (Соединенное Королевство) станет суше, интенсивность летних ливневых дождей усилится (диаграмма 9). Учащение ливневых дождей в XXI веке ожидается во многих регионах мира, особенно в высоких и тропических широтах, а в зимнее время также и в средних широтах Северного полушария. Со средней степенью достоверности прогнозируется более частое выпадение проливных дождей даже в тех регионах, где общий уровень осадков предположительно будет снижаться (ЕЭК, 2013 год).

Диаграмма 9

Будущие изменения сильных дождевых осадков, рассчитанные на основе моделей с разрешением в 12 км (слева) и 1,5 км (справа), зимой (вверху) и летом (внизу). Обе модели указывают на увеличение почасовой интенсивности осадков в зимний период, но модель с разрешением в 1,5 км также указывает на значительное усиление интенсивности кратковременных дождей в летнее время. Изменения указаны для 2100 года в соответствии со сценарием репрезентативных траекторий концентрации (РТК) 8,5, предусматривающим высокий уровень выбросов (MetOffice, 2014)



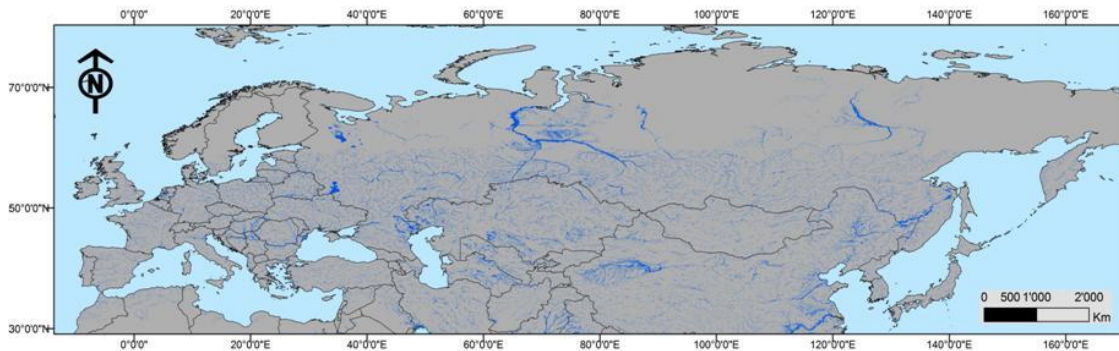
20. Речные паводки повсеместно являются причиной наибольшей опасности, связанной с погодой (King et al., 2015). В период 1980–2014 годов речные паводки стали причиной 41% всех страховых случаев, 27% случаев гибели людей и 32% случаев утраты имущества (Munich Re, 2015). Речные паводки обусловлены как естественными, так и социально-экономическими причинами. Естественные причины обусловлены гидрологическим циклом (на который влияют изменения температуры и уровней осадков, а также таяние ледников и снежного покрова), тогда как социально-экономические причины связаны с изменениями в землепользовании и схемами управления речными бассейнами, а также застройкой пойменных долин (ЕАОС, 2010 год). В регионе ЕЭК угроза наводнений присутствует постоянно. Тенденции, наблюдаемые в настоящее время в странах Евразии, свидетельствуют о существенной опасности наводнений (один раз в 100 лет), особенно в Центральной и Восточной Европе, в Центральной Азии и в бассейнах крупных сибирских рек, текущих в северном направлении (диаграмма 10). При этом изменения, касающиеся экстремальных гидрологических явлений и их последствий, более изучены на региональном и местном уровнях; большинство проведенных исследований посвящены механизму возникновения и последствиям наводнений, вызываемых, в частности, большей интенсивностью проливных дождей. В целом в Европе наблюдается увеличение

годового стока рек на севере континента и его уменьшение на юге (ЕАОС, 2012 год), и эта тенденция предположительно сохранится и в будущем в связи с ожидаемыми изменениями режима осадков (ЕАОС, 2015с). К 2050 году с вероятностью как минимум 50% можно прогнозировать, что только в результате изменения климата на всей территории Африки к югу от Сахары количество погибших в результате наводнений увеличится на 50%; для Азии аналогичной рост этого показателя можно прогнозировать с вероятностью 30–70%; согласно прогнозам, к 2100 году соответствующие риски только усилятся (King et al., 2015).

Диаграмма 10

**Существующая опасность наводнений, наблюдаемых один раз в 100 лет, в евразийском регионе ЕЭК ООН, рассчитанная с помощью глобальной ГИС-модели по временным рядам данных о стоке рек (вероятность – 95%)**

(Разрешающая способность модели DEM – 90 метров. Районы севернее 60° северной широты охвачены не полностью (Источники: UNEP-GRID<sup>8</sup> и UNISDR<sup>9</sup>, 2008)



21. В горных районах также ожидается увеличение количества оползней/обвалов под воздействием проливных дождей (например, Karl et al., 2009). Соответствующие прогнозы указывают на то, что к концу века ущерб от наводнений, например в Европе, значительно возрастет, при этом в северных районах он, как правило, будет выше, чем в южных (Alfieri et al. 2015). Кроме того, имеются данные, свидетельствующие об учащении и усилении волн аномальной жары (например, Beniston and Diaz, 2004; IPCC, 2013); в целом за период с 1920-х годов показатель превышения наблюдаемых в течение месяца экстремальных высоких значений температуры воздуха над теми, которых можно было бы ожидать при неизменном климате, увеличился в три раза (Soumou и Rahmstorf, 2012). В глобальном масштабе при продолжении роста средних температур практически не вызывают сомнений модельные прогнозы относительно увеличения частоты/температурной амплитуды теплых дней и ночей и уменьшения количества холодных дней и ночей (МГЭИК, 2013 год). С большой долей уверенности можно утверждать, что по сравнению с 1950-ми годами общее количество необычно холодных дней и ночей в глобальном масштабе уменьшилось, а общее число необычно теплых дней и ночей – увеличилось (в тех районах суши, по которым имеется достаточно данных). Так, в большинстве районов Северной Америки необычно жарких дней и ночей, по-видимому, стало

<sup>8</sup> База данных о мировых ресурсах Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП-ГРИД).

<sup>9</sup> Международная стратегия уменьшения опасности бедствий Организации Объединенных Наций.

больше, а необычно холодных дней и ночей, а также заморозков в дневное время – меньше (ЕЭК, 2013 год). Волны жаркой погоды нередко сопровождаются сильными засухами (как, например, волна жаркой погоды в Европе летом 2003 года). В целом в ряде регионов происходит усиление интенсивности засух, и такая тенденция, согласно прогнозам, в XXI веке продолжится (и, возможно, усилится) (МГЭИК, 2013 год).

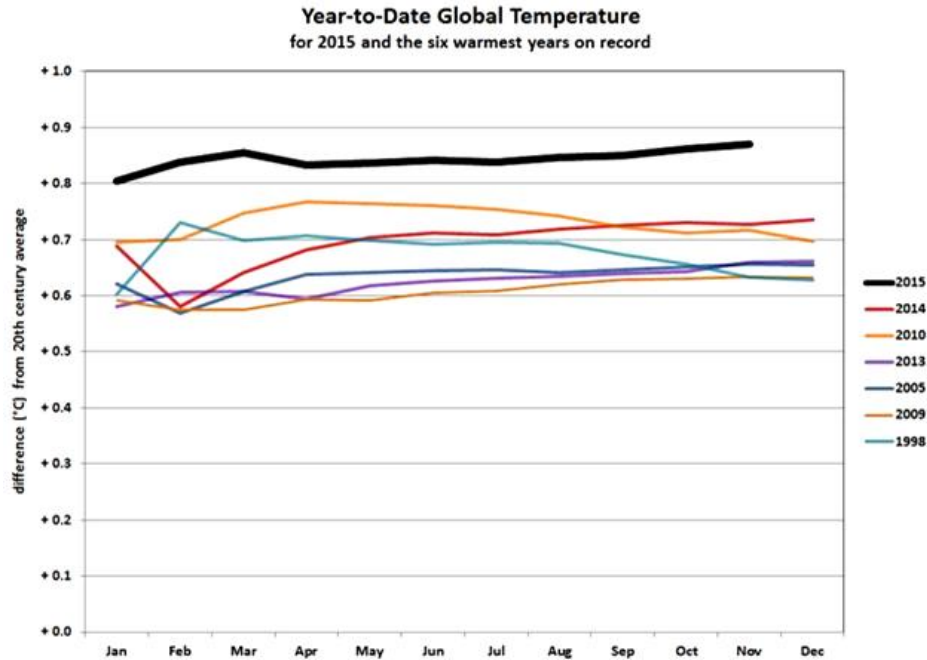
#### **1.1.5 Период 2011–2015 годов**

##### **Температура и осадки**

22. Последний пятилетний период (2011–2015 годы) был самым теплым в истории наблюдений. Температуры более чем на 1 °С превышали средний показатель за 1961–1990 годы (на большей части Европы, Северной Азии и Юго-Запада США), а в отдельных частях Российской Арктики средние значения были превышены более чем на 3 °С. 2015 год был самым теплым годом за все время наблюдений (средняя температура 1901–2000 годов, составившая 14,0 °С, была превышена на 0,87 °С) и превзошел предыдущий рекорд температур (2014 года), когда средняя температура земной поверхности достигла небывало высокого уровня (на 1,27 °С выше среднего) (диаграмма 11). Практически на всей территории Евразии температура намного превышала средние значения. Примечательны также сезонные аномалии: в Северной Америке (2012 год) и Европе (2014 год) наблюдались самые теплые весны и самое жаркое лето в Северной Америке, которое пришлось на 2012 год. 2015 год явился первым годом, когда глобальная средняя температура на 1 °С или более превысила средний показатель за 1880–1899 годы (НАСА, 2016 год). Причина такой краткосрочной изменчивости глобальной температуры может быть связана с такими явлениями, как «Эль-Ниньо» (или «Ла-Нинья»), которые могут приводить к нагреванию или охлаждению тропической части Тихого океана; следует иметь в виду, что явление «Эль-Ниньо» наблюдалось на протяжении большей части 2015 года. Подводя итог, следует отметить, что десять самых теплых лет пришлось на период после 1998 года, при этом восемь таких лет были после 2005 года (диаграмма 11).

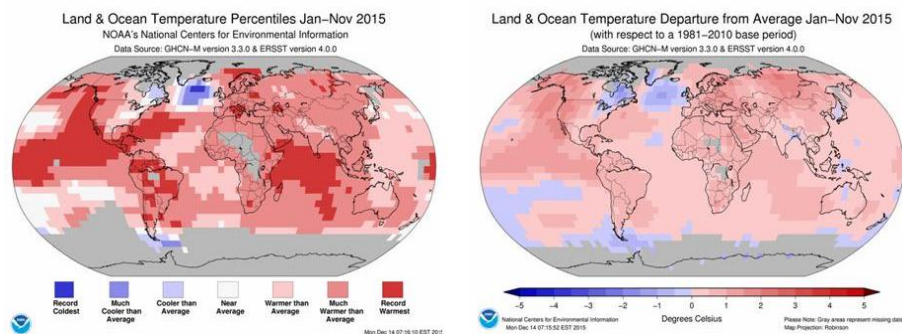
Диаграмма 11

Период 2011–2015 годов стал самым теплым пятилетним периодом в истории наблюдений; температуры в этот период на  $0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$  превысили средние температуры за 1961–1990 годы и на  $0,51\text{ }^{\circ}\text{C}$  – за 2006–2010 годы. Температуры на суше более чем на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  превысили средние значения за 1961–1990 годы на большей части Европы, юго-западе Соединенных Штатов Америки (США) и в азиатской части Российской Федерации, а также в большинстве районов к северу от  $60^{\circ}$  северной широты (НОАА, 2016b)



23. Температуры на поверхности моря за тот же пятилетний период в большинстве океанов, за исключением районов в Южном океане и на востоке южной части Тихого океана, превышали среднюю. В подповерхностном слое также наблюдались плюсовые температуры, при этом согласно пяти различным наборам данных (НОАА, 2016 год) комплексное теплосодержание океанов в слое от 0 до 700 м в 2013 и в 2014 годах было выше, чем когда-либо ранее. В конце 2013 года в океанских водах наблюдались две заметные температурные аномалии: i) в отдельных местах на востоке северной части Тихого океана имелся крупный район с весьма теплой водой (более чем на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше средней температуры); и ii) на востоке северной части Атлантического океана наблюдалась стойкая тенденция к сохранению температур на поверхности ниже нормальных.

Диаграмма 12  
Температурные аномалии в 2015 году (НОАА, 2016с)



24. В начале и конце периода 2011–2015 годов на выпадение осадков на сушу сильно влияло явление «Эль-Ниньо – Южное колебание» (ЭНСО), при этом на протяжении значительной части 2011 года и в начале 2012 года наблюдались условия «Ла-Нинья», а во второй половине 2015 года – условия «Эль-Ниньо». Согласно оценкам НОАА, 2011 год занимал второе место по уровню зарегистрированных в мире осадков, тогда как показатели 2012, 2013 и 2014 годов приближались к долгосрочному среднему уровню. Главной особенностью этого пятилетнего периода является сохранение устойчивых многогодичных дождевых аномалий в ряде регионов, большинство из которых проявились по окончании явления «Ла-Нинья» в 2012 году.

25. В трех регионах (восточная половина Бразилии, западная часть Соединенных Штатов, часть Восточной Австралии) имелись крупные районы, в которых дождевые осадки в октябре 2012 года – сентябре 2015 года были меньше 10-го перцентиля, при этом существовали регионы, в которых осадки превышали 90-ый перцентиль (например, в восточной части России). Что касается Европы, то между северной и южной частями наблюдался явный разрыв: в Скандинавии выпадало большое количество осадков, а в значительной части Центральной и Юго-Восточной Европы климат был весьма засушливым. В период 2012–2014 годов крупные ежегодные аномалии в осадках наблюдались реже, притом значительные аномалии были отмечены в северо-восточной части Европы, частях Китая и Аргентины (2012 год), а также юго-восточной части Европы (2014 год); в регионе ЕЭК весьма засушливые условия наблюдались на значительной территории в центральной части Соединенных Штатов, центральной части России (2012 год) и западной части России (2014 год).

**ПРИМЕР: февраль 2016 года – самый теплый февраль за всю историю регистрации температур**

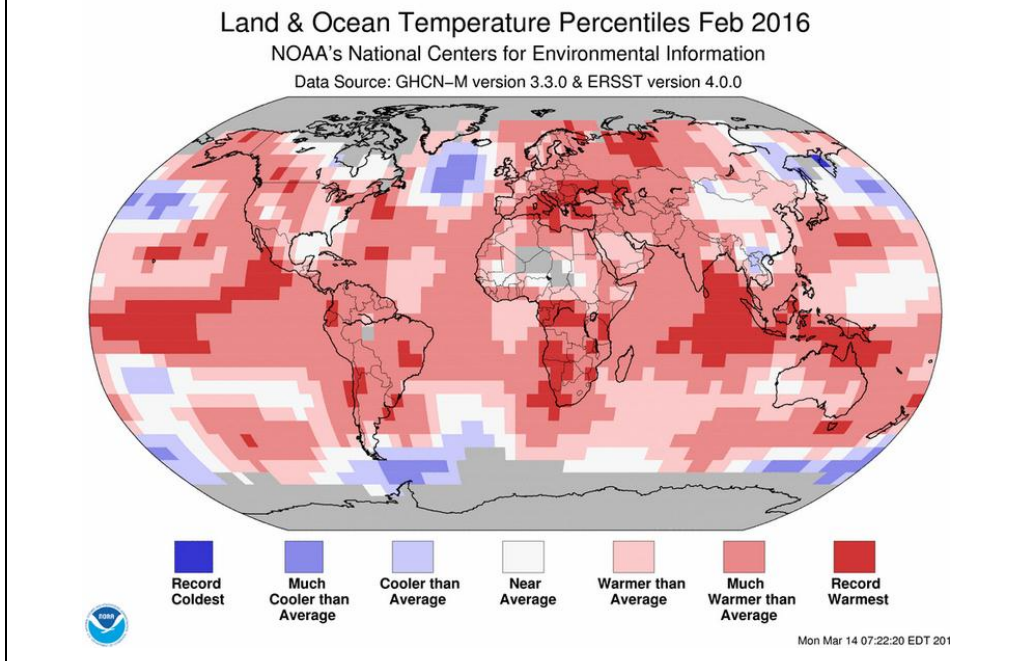
Средняя температура поверхности суши/океана в феврале 2016 года была самой высокой из всех, когда-либо зарегистрированных в феврале месяце – на 1,21 °C выше по сравнению со средней температурой в XX веке, которая равнялась 12,1 °C (что на 0,33 °C превосходит предыдущий рекорд, установленный в 2015 году) (НОАА, 2016d). В сентябре 2015 года – феврале 2016 года в целом было отмечено шесть наиболее сильных отклонений от месячной температуры, когда-либо зарегистрированных в мире.



В обширном регионе Северного полушария, простирающемся из Центральной России в Восточную Европу (а также Аляску), в феврале были зарегистрированы температуры, на 5 °С превышающие средние температуры за период 1981–2010 годов. В ряде районов Азии было прохладнее, чем в среднем, в том числе в части Дальнего Востока России (диаграмма В.1)

Диаграмма В.1

**Температурные аномалии на суше и в океане в феврале 2016 года в сравнении со средней температурой в мире (НОАА, 2016d)**



### Повышение уровня моря

26. В 2011–2015 годах средний уровень моря продолжал повышаться. Этот период начался с того, что уровень Мирового океана был примерно на 10 мм ниже по сравнению с долгосрочным трендом (возможно по причине сильного влияния явления «Ла-Нинья»); однако к середине 2012 года средний уровень стал повышаться. Значительное повышение произошло в начале 2015 года (по мере развития «Эль-Ниньо»), когда уровни моря примерно на 10 мм превышали тренд. Тренд, наблюдавшийся в течение всего периода наблюдений со спутников (1993–2015 годы – 3 мм/год), превышает средний тренд 1900–2010 годов (1,7 мм/год). Из проведенных исследований явствует, что вклад материкового ледяного покрова, особенно ледяного покрова Гренландии (ЛПГ) и западной части Антарктики (ЛПЗА), в повышение уровня моря увеличивается. Вклад таяния ЛПГ в повышение уровня Мирового океана в 2011–2013 годах (которые включают 2012 год, характеризовавшийся экстремальной скоростью таяния льдов) составлял приблизительно 1,0 мм/год, что значительно превышает 0,6 мм/год за период 2002–2011 годов (МГЭИК, 2013 год). Что касается Тихого океана, то в период 1993–2014 годов в нем наблюдались существенные региональные различия, которые, как считается, объяснялись явлениями «Эль-Ниньо» и «Ла-Нинья». В западной части Тихого океана в отличие от восточной были отмечены самые высокие темпы в мире повышения уровня за этот период (в отдельных местах более 10 мм/год). Уро-

вень моря повышался более равномерно в Атлантическом и Индийском океанах; при этом в большинстве частей обоих океанов наблюдались коэффициенты, аналогичные глобальному среднему уровню.

#### **Основные экстремальные явления в период 2011–2015 годов**

27. В 2011–2015 годах было отмечено много экстремальных погодных и климатических явлений, таких как волны жары и холода, тропические циклоны, наводнения, засухи и сильные штормы. Некоторые из этих явлений причинили значительный ущерб/вызвали большие потери, к ним относятся, например, наводнение в Юго-Восточной Азии 2011 года, ураган «Сэнди» в Карибском бассейне и Соединенных Штатах (2012 год), засухи в южной и центральной части Соединенных Штатов (2012 и 2013 годы) и наводнение в Центральной Европе в мае–июне 2013 года (ВМО, 2016 год). Что касается человеческих жертв, то внезапные наводнения в южной части Бразилии и Юго-Западной Азии привели к гибели 1 700 человек (2011 год), тогда как тайфун «Хайян» (Йоланда) на Филиппинах и наводнения в северной части Индии унесли жизни 13 600 человек (2013 год). Более 3 700 человек погибли в результате волн жары в Индии и Пакистане (май–июнь 2015 года). Наиболее летальным экстремальным явлением явилась засуха в Африканском Роге в 2010–2011 годах, которая, возможно, была причиной голода с конца 2010 года по начало 2012 года в Сомали, унесшего жизни еще 258 000 человек (ВМО, 2016 год).

#### **Тепловые волны и засухи**

28. В Европе летом 2012, 2013 и 2014 годов были зарегистрированы сильные тепловые волны. В Австрии температуры впервые достигали 40 °С и выше. В июле–августе 2013 года продолжительные периоды аномальной жары наблюдались во многих частях Восточной Азии. Особенно интенсивные тепловые волны в этот период были зарегистрированы в мае и июне 2015 года в Индии и Пакистане в периоды, предшествовавшие муссонным дождям; температуры поднимались до 45 °С и выше. В Западной и Центральной Европе наиболее сильные тепловые волны в период после 2003 года были зарегистрированы в первой половине июля 2015 года в Испании, Франции и Швейцарии, при этом были побиты все температурные рекорды; несколькими неделями позже температура в 40,3 °С была зарегистрирована также в Германии.

29. В 2011–2015 годах случилось несколько засух. В Северной Америке (Соединенных Штатах и северной части Мексики) сильные засухи наблюдались в 2011, 2012 и 2013 годах. В июле 2012 года было официально объявлено, что засуха наблюдается на 64,5% территории Соединенных Штатов, т.е. засухой был охвачен самый крупный район за весь период с 1930-х годов. Общее количество дождевых осадков в 2011–2015 годах было также на 30% ниже нормы, что привело к общим экономическим потерям в размере приблизительно 60 млрд. долл. США. Сильные продолжительные засухи наблюдались также в Австралии и Южной Африке, тогда как количество дождевых осадков в сезон муссонных дождей в Индии (июнь–сентябрь) было примерно на 10% ниже нормы как в 2014, так и в 2015 годах.

#### **Холод и снег**

30. Несмотря на в целом высокие температуры в течение пятилетнего периода, в Северном полушарии отмечались также аномальные холода и снегопады. В феврале 2012 года в Европе наблюдался продолжительный период чрезвычайных холодов. Во многих частях Центральной и Западной Европы это был

наиболее холодный период с 1985 или 1987 года: в большей части Центральной Европы температуры непрерывно держались ниже 0 °С на протяжении двух недель или более, хотя рекордно низких температур зарегистрировано не было. Это явление привело также к выпадению в ряде мест, особенно в некоторых частях Восточной Италии, чрезвычайно большого количества снега. Март 2013 года в значительной части Европы также был особенно холодным, и в ряде районов наблюдались сильные метели. Зимы 2013/14 года и 2014/15 года были более холодными, чем обычно во многих центральных и восточных районах Соединенных Штатов и Южной Канады, где на протяжении длительных периодов во всем регионе сохранялись низкие температуры (хотя рекордно низких температур отмечено не было). Холода были особенно сильными в феврале 2015 года, когда в некоторых городах, например таких, как Монреаль, Торонто и Сиракузы, температура в течение месяца ни разу не поднималась выше 0 °С. В прибрежных районах часто шел снег, и в Бостоне было зарегистрировано выпадение рекордного количества снежных осадков за сезон (ВМО, 2016 год).

### **Сильные ветры и торнадо**

31. Сильные ветры и торнадо причинили большие разрушения. Количество циклонов, характеризующихся высокой скоростью ветра, за пятилетний период увеличилось. Особенно беспокойными были Тихий океан в его северо-западной части в 2013 и 2015 годах и Северная Атлантика – в 2011 году. В 2011 году в США был зарегистрирован один из рекордных по количеству торнадо сезонов: по их общему количеству он занял третье место. Однако в 2012–2015 годах активность торнадо была ниже по сравнению со средним уровнем 1991–2010 годов. Что касается ураганов, то в октябре 2012 года на Карибский бассейн и восточное побережье Соединенных Штатов обрушился ураган «Сэнди», который нанес значительный ущерб, т.е. от сильных наводнений пострадали прибрежные районы, вода поднялась до очень высоких, рекордных уровней, и была затоплена большая территория (МГЭИК, 2013 год). В Соединенных Штатах и странах Карибского бассейна погибли 233 человека, тогда как общие экономические потери оценивались в 67 млрд. долл. США. Тропические циклоны также оказывают сильное негативное воздействие на Азию (например, тайфуны «Хайян» (Йоланда) и «Ваши» (Сендон)), тогда как циклон «Патриция» был самым сильным из когда-либо зарегистрированных циклонов, при котором скорость ветра в Мексике достигала 322 км/ч.

32. За этот же период по Европе несколько раз прошли бури, связанные с внетропическими циклонами. В 2013 году в Дании наблюдались рекордно сильные ветры (53,5 м/с), которые нанесли громадный ущерб (также во Франции, Германии, Нидерландах, Швеции и Соединенном Королевстве). В этот же период в Нидерландах и Соединенном Королевстве были зарегистрированы наиболее сильные шторма за период с 1953 года. Зимой 2013/14 года в Соединенном Королевстве прошла серия штормов, в результате чего эта зима побила рекорд по дождевым осадкам, при этом ветер нанес большой ущерб и произошла значительная эрозия берегов (ВМО, 2016 год).

#### **1.1.6 Механизм форсинга**

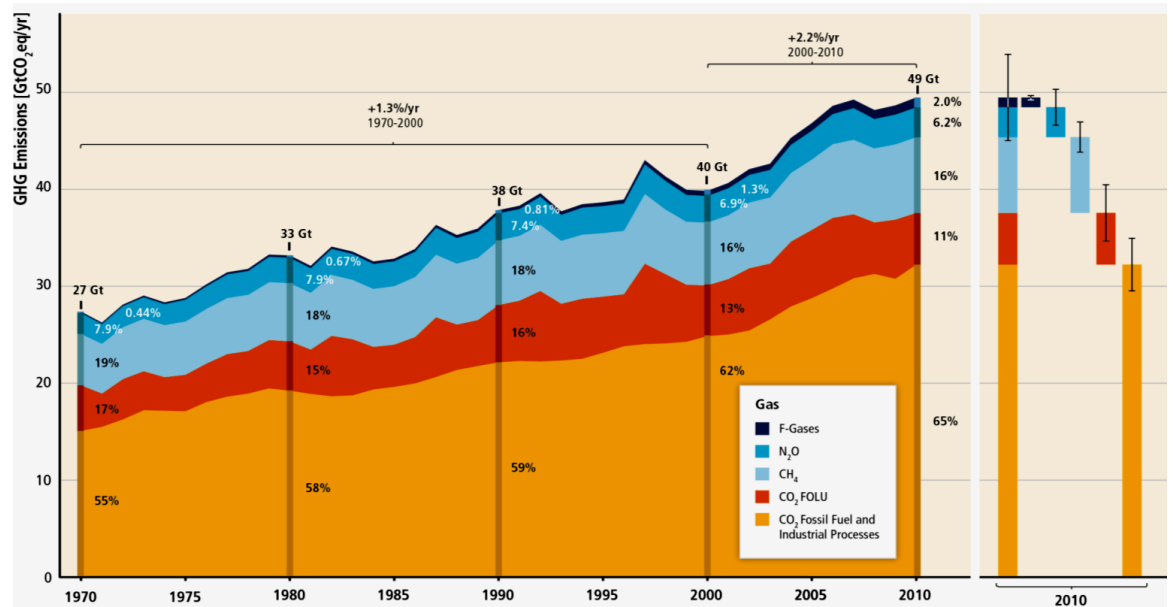
33. Главной причиной наблюдаемого увеличения теплосодержания планеты считается повышение концентраций в атмосфере парниковых газов (ПГ). Эти газы увеличивают «парниковый эффект», который является хорошо задокументированным и понятным физическим процессом системы Земли, известным с XIX века (см., например, Canadell et al., 2007). Изменения в атмосферной концентрации ПГ влияют на силу «парникового эффекта». Водяной пар представ-

ляет собой широко распространенный ПГ и вносит наибольший вклад в повышение «естественного» эффекта. Что касается деятельности человека, то пока еще не доказано, что она оказывает значительное прямое воздействие на чистые глобальные потоки водяного пара в атмосферу и из нее (см., например, Richardson et al., 2009), хотя на местном уровне они, возможно, влияют на такие потоки, например в результате обезлесения и работы крупных ирригационных систем. Тем не менее, поскольку способность атмосферы задерживать водяной пар в значительной степени зависит от температуры, находящийся в атмосфере водяной пар регулируется температурой Земли, которая повышается по мере глобального потепления. Таким образом, водяной пар не только зависит от изменений глобальной температуры под влиянием других факторов, например таких, как повышение концентраций других ПГ, но и увеличивает их (см., например, Richardson et al., 2009).

34. ПГ в атмосфере поглощают тепло, отражающееся от поверхности Земли, и таким образом способствуют сохранению большего объема тепла в океане, суше и атмосфере. Без «парникового эффекта» средние температуры на Земле составляли бы около  $-19^{\circ}\text{C}$  (т.е. средняя температура на Земле была бы примерно на  $34^{\circ}\text{C}$  холоднее, чем в настоящее время). «Парниковый эффект» наблюдается на всех планетах, на которых в атмосфере имеются газы, поглощающие тепло. Например, самая высокая температура (около  $440^{\circ}\text{C}$ ) на поверхности Венеры объясняется высокой концентрацией ПГ в ее атмосфере. Наблюдающееся увеличение теплосодержания Земли, вероятно (по крайней мере, частично), объясняется увеличением атмосферных концентраций парниковых газов (ПГ), которые поглощают тепло, отражающееся от поверхности Земли (МГЭИК, 2013 год).

35. Как представляется, за последнее время концентрации  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и других ПГ в атмосфере весьма существенно увеличились, вероятно, в результате деятельности человека (см., например, Caldeira, 2009). Увеличивается количество доказательств наличия связи между концентрацией ПГ и климатом. Например, совпадающие колебания концентраций  $\text{CO}_2$  и температуры, согласно данным, полученным в результате изучения ледяных кернов в Антарктиде, указывают на тесную связь между  $\text{CO}_2$  и климатом в ледниковый период плейстоцена, точный характер которой, тем не менее, неясен (см., например, Shakun et al., 2012). Изменения  $\text{CO}_2$  в атмосфере и обнаруженных в толще ледников пузырьков воздуха свидетельствуют о том, что с 1800 года концентрация ПГ увеличилась на 40%, при том основная часть этого увеличения приходится на период после 1970-х годов, когда ускорились темпы роста глобального потребления энергии (ЕАОС, 2015а). Кроме того, замеры содержания ледяных кернов указывают на то, что в настоящее время концентрации  $\text{CO}_2$  являются самыми высокими за последние 800 000 лет – максимальное значение в 400 ч./млн. было достигнуто 9 мая 2013 года (НОАА, 2015 год). Несмотря на увеличение количества мер, принимаемых с целью смягчения изменения климата, общие антропогенные выбросы ПГ в мире непрерывно росли в течение периода 1970–2010 годов, достигнув наивысшего уровня за всю человеческую историю в 2000–2010 годах (диаграмма 13); эта тенденция продолжалась в 2011–2015 годах (ВМО, 2016 год).

Диаграмма 13  
Общие годовые антропогенные выбросы ПГ за период 1970–2010 годов  
(МГЭИК, 2014 год)



36. Темпы роста концентрации CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O в 2011–2014 годах были несколько выше по сравнению со средними темпами роста в 1995–2014 годах. Что касается концентрации CH<sub>4</sub>, то ее рост возобновился после периода незначительных изменений в 1999–2006 годах (ВМО, 2016 год). За последние два года (2014 и 2015 годы) среднегодовые концентрации ПГ увеличились. В 2014 году концентрации CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O составляли соответственно 397 ч./млн., 1 833 ч./млрд. и 327,1 ч./млрд. (НОАА, 2015 год). Приблизительно 44% от общих выбросов CO<sub>2</sub> в результате человеческой деятельности в период с 2004 года по 2013 год остались в атмосфере, при этом остальные 56% перешли в океаны и биосферу суши (ВМО, 2014 год, 2016 год).

37. Разбивка общих антропогенных выбросов ПГ в 2010 году показала, что на CO<sub>2</sub> приходится 76% от них (65% в результате сжигания ископаемого топлива/промышленной деятельности и 11% в результате землепользования), на CH<sub>4</sub> – 16%, N<sub>2</sub>O – 6% и фтористые газы – 2% (МГЭИК, 2014 год). Анализ общих выбросов CO<sub>2</sub> в результате сжигания ископаемого топлива в период 1971–2010 годов показал, что основными факторами, способствующими повышательной тенденции, являются рост народонаселения и модели потребления/производства (МГЭИК, 2014 год). Оценки выбросов CO<sub>2</sub> в увязке с доходами стран свидетельствуют о том, что выбросы стран с доходами выше средних (например, Китая и Южной Африки) в период 1990–2010 годов удвоились, почти достигнув уровня таких стран с высокими доходами, как Соединенные Штаты и большинство стран ЕС (диаграмма 14). Значительное увеличение выбросов CO<sub>2</sub> было также отмечено в странах со средними и ниже средних доходами (МГЭИК, 2014 год).

Диаграмма 14  
**Общие антропогенные выбросы ПГ в 1970, 1990 и 2010 годах в разбивке по экономическим секторам и группам стран с различными доходами (МГЭИК, 2014 год)**

