

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА ДЛЯ ПРИБРЕЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

К.Г. Гомонов, К.А. Осокина, Л.В. Сорокин

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Современные научные исследования ИРСС показали, что вклад антропогенного фактора превысил природные вариации климатических изменений и стал определяющей причиной потепления климата Земли. Изменение климата, вызванное индустриальным развитием человечества, за прошедшие 100 лет происходит слишком быстро, и современное общество уже не может игнорировать эту проблему. Имеется риск дальнейшего роста средней температуры, так, к 2050 г. по разным сценариям глобальное потепление прогнозируется до 2–5 °С [1]. Особую опасность представляет разрушение ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды, ведущее к подъему уровня моря и изменению границ береговой линии. Согласно современным климатическим моделям, в XXI в. потепление даже на 1,4 °С окажется более сильным, чем за последние 10 000 лет. К такому «оптимистичному» сценарию не готово не только человечество, но и вся глобальная экосистема. В случае «худшего сценария», соответствующему росту температуры на 5,8 °С, последствия изменения климата и, как следствие, рост уровня Мирового океана будут катастрофическими.

Ключевые слова: уровень Мирового океана, изменение климата, экономические потери, парниковый эффект, глобальное потепление, наводнение, береговая линия.

В последнее время и особенно за прошедшее десятилетие многократно возросла обеспокоенность мировой научной общественности относительно факта повышения уровня океана, причины и возможные последствия активно обсуждаются международным сообществом ученых. Факт роста уровня Мирового океана теперь не вызывает сомнения. Указанное явление ассоциируется прежде всего с ростом глобальной средней температуры на планете [1–3; 6; 7] и тесно увязывается с климатическими осцилляциями и парниковым эффектом [9]. В результате глобального потепления наблюдается интенсивное таяние льдов [10] в арктическом (включая ледовый покров Гренландии) и антарктическом поясах Земли, что существенно сокращает отражающую поверхность, а также приводит к таянию вечной мерзлоты и горных ледников.

В последние годы интерес к возможным последствиям изменения уровня Мирового океана резко возрос не только в научных кругах, но и среди общественности. Рост уровня Мирового океана грозит катастрофическим ущербом для ин-

фраструктуры прибрежных территорий с населением порядка миллиарда жителей. Согласно авторитетным отечественным и зарубежным исследованиям [1—8], становится реальным подтопление крупнейших прибрежных городов Земли, увеличение количества наводнений и засух. Вследствие этого будет происходить ухудшение социально-экономических условий жизни сотен миллионов людей, что потребует переселения десятков миллионов людей и модернизации существующей прибрежной инфраструктуры [8; 10].

Изменение уровня Мирового океана. По данным IPCC за 2014 г., вклад человека в потепление климата превысил природные вариации и в настоящее время является определяющим. Основной причиной изменения климата рядом научных сообществ [2] принято считать деятельность человека на земле, вызванную его потребностями: сохранение необходимого уровня промышленного производства; обеспечение жизнедеятельности городов и населенных пунктов; развитие транспортной инфраструктуры; поддержание уровня благосостояния на достигнутом уровне; создание условий для комфортной, в современном понимании, жизни человека. Повышение уровня Мирового океана прямо пропорционально связано с объемами выбросов углекислого газа преимущественно за счет энергетических выбросов (1) и повышением уровня парникового эффекта. Энергетические выбросы, согласно данным 2000 г. [2], составили порядка 60% от общего числа выбросов CO₂, что составляет примерно 25,2 гигатонны углеводородов. Если интерпретировать эти данные в другом ключе, то картина становится яснее: $\frac{3}{5}$ загрязнения окружающей среды происходит от созданных нами общественных благ (строительство, транспорт, энергетика, промышленность). Ввиду того, что мы живем в сырьевую эпоху, вопросы ухудшения уровня экологии останутся актуальными на длительное время.

Согласно исследованиям, выполненным в формате Межправительственной комиссии по изменению климата и отраженным в IV Отчете [7] об оценке изменения климата от 2007 г., принимаются во внимание различные сценарии роста уровня океана, начиная с оптимистических прогнозов и заканчивая пессимистическими. Так, оценка снизу предполагает, что уровень океана к середине 2090-х гг. поднимется на 0,22—0,44 м по сравнению с уровнем 1990 г. [3], а оценка сверху дает 0,9—1 м в сравнении с 1990 г. [3].

Говоря о росте уровня Мирового океана, необходимо также учитывать перспективы наращивания темпов потепления климата и его возможные негативные последствия для прибрежных государств. Так, потенциальные последствия наступления Мирового океана прежде всего могут выражаться в значительной эрозии береговой линии прибрежных государств, что неизбежно приведет либо к потере прибрежными государствами части сухопутной территории, либо к полному поглощению морем территорий отдельных, главным образом мелких, островных государств.

Наиболее уязвимы перед угрозой затопления и разрушения прибрежные зоны и небольшие острова. Это касается и развитых, и развивающихся стран. За последние 100 лет 70% песчаных береговых линий на планете отступили вглубь наземной территории. Наступление соленой морской воды ухудшает качество и сокращает запасы пресной воды. Рост уровня моря приведет к увеличению чис-

ла и интенсивности экстремальных явлений [4], таких как высокие приливы, штормовой нагон воды и морские волны, вызванные землетрясениями.

Экономический ущерб от повышения уровня мирового океана будет измеряться огромными величинами. Наиболее угрожающе последствия могут ожидать отрасли производства морепродуктов, сельское хозяйство, туризм, страховые компании, а в особенности прибрежные населенные пункты. Затопление прибрежных территорий в мировом масштабе нанесет ущерб пахотным землям и вытеснит миллионы людей из прибрежных регионов и небольших островов.

Угроза повышения уровня Мирового океана и глобальное повышение температуры на планете признано мировым научным сообществом, включая ИРСС. Однако проблемы Арктики не влияют на геополитические интересы и бизнес. Законы, предотвращающие изменение климата, практически не принимаются, хотя эта проблема затрагивает всех. Возможно, подсчеты финансовых убытков, которые прогнозируются к 2050 г. (связанные с изменением экосистем и поднятием уровня Мирового океана), заставят власть имущих задуматься о происходящем. Такую предварительную оценку возможных ущербов произвела Pew Environment Group в своем докладе *Arctic Treasure, Global Assets Melting Away*. Итак, к 2050 г., таяние Арктики может стоить глобальному сельскому хозяйству, рынку недвижимости и страховым компаниям около 24 трлн долл. США! Ученые и экономисты выяснили, что таяние морского льда и снежного покрова в Арктике уже обходится миру в сумму около 371 трлн долл. США. Ущерб этот вызван в основном наводнениями [9].

Поскольку Арктика продолжает «нагреваться», она начинает выпускать запасенный в вечной мерзлоте метан (метан — парниковый газ, который оказывает более сильное влияние на окружающую среду, чем углекислый газ). Доклад Pew Environment Group — первая попытка поместить экологическую проблему Арктики в зону экономики. Эти новейшие исследования показывают, что совместное воздействие углекислого газа и метана изменяет Арктику и плавит морской лед намного быстрее, чем прогнозировалось ранее учеными.

Изменение климата, в том числе повышение уровня Мирового океана, угрожает жизненно важным ресурсам человека на планете, таким как доступ к воде и пище, здоровье, использование земли и окружающей среды. Оценка экономических издержек таких изменений является сложной задачей, однако, существует ряд методов и подходов, позволяющих нам оценить вероятную величину рисков и сравнить их с издержками.

Рисунок 1 иллюстрирует виды последствий, которые могут произойти на различных уровнях выбросов парниковых газов. Верхняя панель показывает интервалы предполагаемых температур при стабилизации уровней между 400 ppm и 750 ppm CO₂-эквивалента при достижении равновесия. Сплошная горизонтальная линия показывает 5—95% интервал, основанный на оценках климатической чувствительности по материалам отчета ИРСС 2001 [4] и недавнего исследования Hadley Centre [5]. Вертикальная линия показывает значения 50-й перцентили. Пунктирная линия показывает интервал в 5—95%, основанный на оценках 11 недавних исследований. Нижняя панель иллюстрирует последствия, ожидаемые для различных уровней потепления. Связь между изменением глобальной средней

температуры и региональными изменениями климата очень неопределенна. Этот рисунок показывает потенциальные изменения, основанные на последних научных исследованиях.

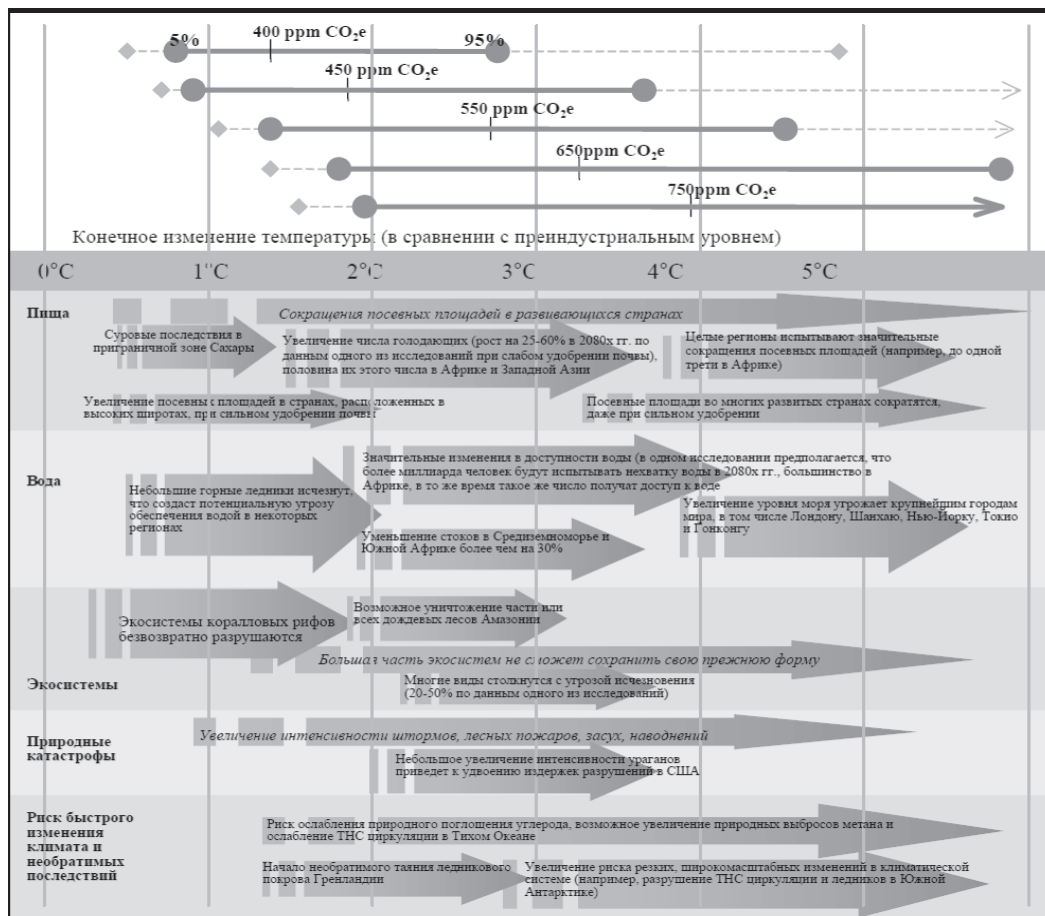


Рис. 1. Стабилизация уровней и вероятностных интервалов повышения температуры

Источник: Уигли Т.М.Л. и С.С.Б. Рэйпер (2001): «Интерпретация проекций данных средних значений глобального потепления», Science 293: 451-454, на основе данных Межправительственной Комиссии по Изменению Климата (2001): «Изменение климата 2001: научное обоснование». Разработка Рабочей Группы к Третьему Оценочному Докладу Межправительственной Комиссии по Изменению Климата (Хотон Дж.Т., Динг У., Григгс Д.Дж. и др.), Cambridge: Cambridge University Press

Далее детально рассмотрим физические последствия изменения климата на примере повышения уровня Мирового океана и его влияние на экономическую деятельность, человеческую жизнь и окружающую среду.

По существующим подсчетам, средняя глобальная температура увеличится на 2—3 °С в течение приблизительно 50 лет (2). Температура поверхности Земли также повысится на несколько градусов, если количество выбросов парниковых газов в атмосферу будет продолжать увеличиваться.

Согласно последним прогнозам IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) [6], основанным на сравнительном изучении плио-

цена, в настоящий момент начинается естественный процесс повышения уровня океана. Но отличительной чертой такого процесса является антропогенный фактор, ускоряющий этот процесс по гиперболической кривой. На рисунке 2 представлен современный прогноз поднятия уровня мирового в случае повышения температуры до 4 °С (3).

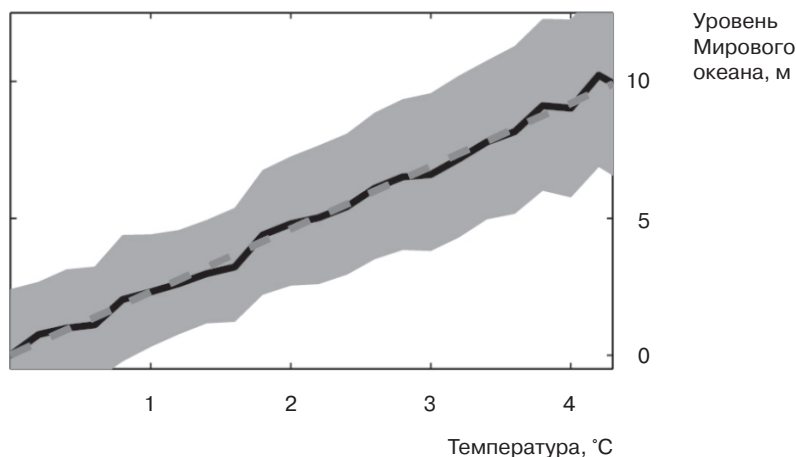


Рис. 2. Современный прогноз IPCC повышения уровня мирового в случае дальнейшего роста температуры до 4 °С

Источник: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 31 March 2014, IPCC Working Group, Chapter 13.

Таяние ледников увеличит риск наводнений, а впоследствии значительно уменьшит доступность водных ресурсов, угрожая одной шестой населения планеты, преимущественно на Индийском полуострове, в некоторых районах Китая и районе Анд в Южной Америке.

Уменьшение площади посевных полей, особенно в Африке, может оставить сотни миллионов людей без средств к производству и пищевых ресурсов. В средних и высоких широтах посевные площади могут увеличиться при незначительном (2—3 °С) повышении температуры, но впоследствии значительно сократятся вследствие большего повышения температуры [6]. При увеличении температуры на 4 °С или более мировое производство продуктов питания, скорее всего, подвергнется серьезным рискам.

В более высоких широтах снизится уровень смертности от холода. Но изменение климата увеличит уровень смертности от плохого питания и тепловых ударов в мировом масштабе. Инфекционные болезни, такие как малярия и тропическая лихорадка, могут широко распространиться на север, если не будут приняты меры по их эффективному сдерживанию.

Увеличение уровня Мирового океана приведет к тому, что десятки миллионов людей каждый год будут страдать от наводнений в случае повышения температуры на 3—4 °С. Защитная береговая линия будет испытывать растущее давление и подвергнется серьезным рискам в Юго-Восточной Азии (Бангладеш и Вьетнаме), на островах Карибского моря, Тихого океана и прибрежных мегаполисах, таких

как Токио, Нью-Йорк, Каир и Лондон. По одной из оценок, к середине века 200 миллионов человек могут стать вынужденными переселенцами вследствие увеличения уровня Мирового океана, наводнений и других катастроф.

Экосистемы сильнее всего подвержены последствиям изменения климата. В результате потепления всего лишь на 2 °С с угрозой исчезновения могут столкнуться от 15 до 40% видов. Окисление океана, происходящее в результате увеличения уровня углекислого газа, серьезно отразится на морских экосистемах и будет, вероятно, иметь негативные последствия на поголовье рыб.

Согласно исследованиям российских (4; 5) и западных экспертов [2]: на начальной стадии глобального потепления в Канаде, России и Скандинавии изменения климата могут приводить к нетто-положительному эффекту. Улучшатся условия для сельскохозяйственного производства, развития туризма, будет меньше случаев болезни и гибели людей от переохлаждения, меньше топлива потребуются на обогрев. Однако положительный эффект возможен только до уровня глобального потепления в 1—2 °С (что в северных широтах означает примерно 3—5 °С), далее нетто-эффект от изменений климата превратится в сугубо негативный. Засухи и вредители приведут к снижению урожайности, вырастет число ураганов, наводнений и ливневых осадков, все больше энергии будет тратиться на охлаждение, появятся «южные» болезни, дороже станет любая деятельность и жизнь людей в зоне вечной мерзлоты и т.п.

Развитые страны, расположенные в более низких широтах, будут более уязвимы к последствиям изменения климата и уровня. Например, в южной Европе ожидается уменьшение доступности воды и посевных площадей на 20% [2] при повышении средней общемировой температуры на 2 °С. Намечается также снижение уровня добычи морепродуктов в ближайшие 30 лет на 20%. Регионы, которые уже испытывают недостаток воды, столкнутся с серьезными проблемами и растущими затратами.

Методы, базирующиеся на основах экономического анализа рисков и учитывающие полный спектр последствий и возможных результатов от потепления климата, предполагают, что изменение климата при «традиционной модели производства» уменьшит наше благосостояние в размере от 5 до 20% снижения потребления на душу населения. Принимая во внимание увеличение рисков изменения климата и как следствие угрозы повышения уровня Мирового океана и рост числа неблагоприятных погодных явлений, следует ожидать наиболее «пессимистичные» сценарии развития [3].

Современные исследования в области изменения климата дают неприемлемые с экономической точки зрения прогнозы. Отметка в 1 м повышения уровня Мирового океана согласно последним данным ИРСС [7] считается заниженной. Оценки некоторых экспертов в этой области достигают катастрофической цифры в 15 м [8].

На рисунке 3 представлена современная модель повышения температуры на нашей планете. Согласно исследованиям Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, ИРСС), повышение температуры на планете неизбежно и до 2100 г. может составить при самом пессимистическом сценарии 4,7 °С в сравнении с 1986—2005 гг.

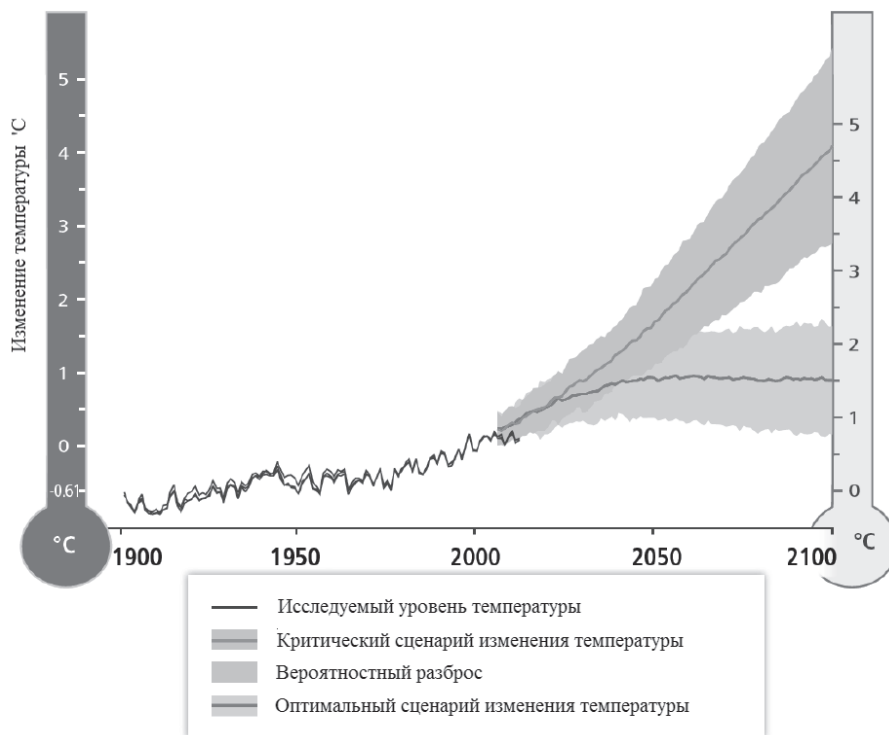


Рис. 3. Современная модель повышения температуры на Земле

Источник: The Working Group II, Contribution of the IPCC's 5th assessment report, Yokohama, Japan, 31 March 2014.

В подтверждение угроз изменений водного мира на планете ввиду повышения температуры может служить доклад Николаса Стерна «Экономика изменений климата», в котором автор анализирует изменение продуктивности водных ресурсов вследствие повышения температуры до 5 °C и более [2].

В долгосрочной перспективе вероятность того, что температура повысится более чем на 5 °C, составляет больше 50%. Такое повышение будет чрезвычайно опасным. Детальное изучение региональных последствий изменения климата с использованием экономических моделей указывает на то, что даже при более умеренном уровне потепления следует ожидать серьезных воздействий на мировую экономику, человечество и окружающую среду.

Согласно исследованиям российских ученых РАН, еще до конца века на дне морей окажутся Париж, Берлин, Лондон, Рим, Петербург, Вашингтон, Нью-Йорк, Александрия и многие другие города, полностью уйдут под воду Багамы, Нидерланды и Израиль. Как говорится в представленном на конференции в Рейкьявике Международным научным комитетом по Арктике и межправительственным Арктическим советом докладе, льды в районе Северного полюса быстро тают. За последние 30 лет толщина ледового покрова в Арктике уменьшилась вдвое. Если так пойдет и дальше, к 2070 г. Северный Ледовитый океан летом будет полностью очищаться ото льда. В результате уже к концу XXI в. уровень мирового океана поднимется на 1 м, а когда льда лишатся Гренландия и Антарктида, — на 65 м.

Таблица 1

Изменение водных ресурсов с повышением температуры

1 °С	Полностью исчезают небольшие ледники в Андах, что вызывает проблемы в водоснабжении 50 миллионов человек
2 °С	На 20–30% сокращаются водные ресурсы в ряде особо чувствительных регионов, например в Средиземноморье и Средней Азии
3 °С	Каждые 10 лет в Южной Европе происходят серьезные засухи. 1—4 миллиарда человек вынуждены сократить потребление воды, при этом 1—5 миллиардов проживают в зонах с риском наводнений
4 °С	Потенциальное сокращение водных ресурсов в Южной Африке и Средиземноморье на 30—50%
5 °С	Возможно исчезновение крупных ледников в Гималаях, что влечет проблемы в водоснабжении четверти населения Китая и сотен миллионов человек в Индии
Более 5 °С	Средняя глобальная температура в случае продолжения выбросов парниковых газов такими же темпами, как сейчас повысится на величину даже большую, чем 5 или 6 °С. Этот рост будет усиливаться за счет вызванных потеплением эмиссий углекислого газа из почв и метана из вечной мерзлоты. Такое повышение температуры приведет к значительным разрушениям и необходимости крупномасштабного переселения людей. Эти социальные эффекты могут оказаться катастрофическими, однако модели не могут с достаточной точностью описать их, поскольку у человечества нет опыта жизни в таких температурных условиях

Источник: The Economics of Climate Change The Stern Review, January 2007, ISBN 9780521700801

Так, по данным Института географии РАН [9], на дне Атлантического океана окажутся Париж, Берлин, Лондон, Рим, Мадрид. В Новом Свете их судьбу повторят Вашингтон, Нью-Йорк, Филадельфия и Балтимор. На дно Тихого океана уйдут Сан-Франциско, Лос-Анджелес и Вальпараисо. Разлившаяся Амазонка смочит Рио-де-Жанейро, а Парана затопит Буэнос-Айрес. Будут затоплены Бейрут, Каир, Александрия, Суэц и Эль-Кувейт. В Африке на дно моря уйдут Кейптаун, Фритаун и Дурбан, в Австралии — Сидней, Мельбурн и Веллингтон. Исчезнут под водой Багамские и Мальдивские острова, значительная часть островов Тихого океана, вся Голландия и Израиль. Будут затоплены прибрежные районы Бангладеш и Китая, а также знаменитый Берег Скелетов в Намибии.

Россия. Россия относится к числу стран, сельское хозяйство которых зависит от колебаний и изменений климатических условий. В краткосрочной перспективе в отдельных районах улучшатся условия для ведения сельского хозяйства, но в других — ухудшатся. В долгосрочной перспективе снижение урожайности в отдельных районах в 1,5—3 раза может привести к сокращению общей продуктивности сельскохозяйственного производства на 20—25%.

Ожидаемая в XXI в. дополнительная эмиссия метана из болот, расположенных в России в зоне многолетней мерзлоты, не приведет к заметному воздействию на глобальный климат.

Экосистемы северных морей (Балтийское, Берингово и арктические моря) в условиях меняющегося климата в XX в. претерпели заметные изменения. Они касались микробиологических показателей, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны, а также популяций морских птиц и млекопитающих. В конце XX в. в связи с сокращением площади морских льдов значительно ухуд-

шились условия обитания белого медведя. В XXI в. в условиях меняющегося климата ожидаются дальнейшие сдвиги ареалов многих морских видов к северу и изменение биологического разнообразия и численности популяций. Изменения уровня Мирового океана окажут существенное влияние на условия рыбного промысла на северных морях. Площадь льдов в арктических морях евразийского шельфа оказывает прямое влияние на морскую хозяйственную деятельность. В XX веке площадь льдов в целом постепенно уменьшалась. Это явление не было повсеместным — в восточном секторе граница многолетних льдов сместилась в последнее двадцатилетие XX в. к югу в среднем на 300 км по сравнению с предшествующим двадцатилетием [9].

Что касается России, то уйдут на дно Тихого океана Владивосток, Магадан и Петропавловск-Камчатский. Волны Балтийского моря скроют Санкт-Петербург, полностью будут затоплены Ямало-Ненецкий автономный округ и Салехард. Западно-Сибирская равнина превратится в море. Азовское и Черное моря сольются, широкий пролив соединит их с Каспием, отрезав от России Кавказ. Разлившиеся воды Цимлянского водохранилища погребут под собой Ростовскую, Астраханскую, Волгоградскую области и Ставрополье.

Более того, оставшиеся в России земли будут сильно заболочены. Вот уже несколько лет в стране тает вечная мерзлота. По словам профессора Геннадия Бельчанского (заведующего лабораторией космического мониторинга арктических экосистем Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова), температура вечной мерзлоты ежегодно повышается на полградуса и уже через несколько десятков лет мерзлота превратится в болото, в которое рухнут построенные там здания. Станет невозможно использовать зимние дороги, а значит, все северные регионы России окажутся отрезанными от Большой земли, ведь других дорог в этих краях нет. Фактически население северных городов будет брошено на произвол судьбы. Не лучше придется и коренным народам Севера. Резко возросший уровень ультрафиолетового облучения сделает невозможным проживание людей вблизи Северного полярного круга. Потепление в Арктике негативно скажется на местной флоре и фауне. Ученые предупреждают, что белые медведи, тюлени и другие обитатели ледяных просторов не смогут приспособиться к новым условиям и вымрут. Оскудение природных ресурсов лишит чукчей, коряков и других коренных народов Севера возможности заниматься традиционными промыслами. К концу XXI в. они просто исчезнут с лица Земли. Более того, шапки полярных льдов выполняют функцию зеркала — отражают часть солнечных лучей назад, в космос. Если они исчезнут, все получаемое от Солнца тепло будет оставаться на Земле. Темпы глобального потепления возрастут многократно. По мнению специалистов Института вычислительной математики РАН, к 2100 г. среднегодовая температура повысится на 3 градуса. Сильнее всего (на 4—6 градусов) воздух прогреется в умеренных широтах Северного полушария, над океанами же Южного полушария — всего на 2—3 градуса.

В зону риска затопления в долгосрочной перспективе попадают инфраструктуры Дальнего Востока, Амурская область, Кольский полуостров, Калининградская область, Курильские острова. Важно также отметить, что расположенные в

прибрежной зоне нефтегазовые станции, также ряд АЭС: Кольская — 1760 МВт и Ленинградская — 4 ГВт.

Франция. В сложившейся ситуации неизбежного глобального потепления перед нашей страной и рядом стран Европы стоит важная задача в области снижения последствий повышения уровня Мирового океана. На побережье Франции порядка трети населения остаются в зоне затопления прибрежных территорий, затопленными могут оказаться такие города, как Монако, Ницца, Марсель, Монпелье и др. Так, важно отметить, что в зону затопления попадают прибрежные аэропорты, местные генерирующие мощности, например АЭС Палюэль (четыре энергоблока, 6000 МВт), на побережье Ла Манша АЭС Пенли (четыре энергоблока, 2764 МВт), АЭС Фламанвиль (3000 МВт), транспортная система, гидроэнергетика. Сложно представить масштабы последствия затопления прибрежных территорий Франции. Вследствие повышения уровня Мирового океана пострадает не только сельское хозяйство, пострадает экосистема всех прибрежных территорий.

Адаптация. Адаптация — единственный возможный ответ на вызовы изменения климата, которые произойдут в ближайшие десятилетия до того, как меры по уменьшению последствий изменения климата будут иметь эффект.

В отличие от действий, направленных на борьбу с изменением климата, адаптация во многих случаях подразумевает выгоды на локальном уровне и не требует большого времени и средств на реализацию [8]. Поэтому некоторые меры по адаптации могут быть реализованы автономно, по мере того, как население отвечает на изменение рынка или окружающей среды. Некоторые аспекты адаптации, такие как принятие решений в области восстановления старой или создания новой инфраструктуры, потребуют более тщательного рассмотрения и планирования [8]. Существуют также некоторые аспекты адаптации, которые нуждаются в том, чтобы общественные блага производили глобальные выгоды, включая улучшение информационной инфраструктуры за метеорологическими процессами и изменением климата, селекция устойчивых к засухам зерновых культур и развитие «зеленых» технологий.

Качественная информация для экономического анализа по издержкам и выгодам от глобальных мер по адаптации к изменению климата в настоящее время ограничена. Исследования в климатически чувствительных отраслях показывают, что меры по адаптации, которые могут оказаться выгодными, являются очень затратными. Но при более высоких температурах, затраты на адаптацию резко увеличатся, а дополнительные убытки останутся огромными. Дополнительные затраты на создание новой инфраструктуры и строительство зданий, устойчивых к изменению климата, в странах ОЭСР может составить 15—150 млрд долл. в год (0,05—0,5% ВВП) [7].

Трудности по адаптации будут наиболее остро проявляться в развивающихся странах, где более высокая экономическая уязвимость и тотальная бедность существенно ограничат способность к своевременным действиям. Что касается развитых стран, то их затраты трудно оценить, но, вероятно, они уже в ближайшее время составят десятки миллиардов долларов.

ПРИМЕЧАНИЯ

- (1) Энергетические выбросы включают в основном выбросы CO₂ (небольшое количество не-CO₂ выбросов в промышленности и от других источников, связанных с энергетикой).
- (2) Все изменения глобальных средних температур рассчитываются по сравнению с преиндустриальными уровнями (1750—1850) гг.
- (3) Данные основаны на исследовании уровня мирового океана в период плиоцена (5—3 млн назад) и современных моделей.
- (4) Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010—2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). — М. 2005. 28 с.
- (5) Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет. 2008 г. www.climate2008.igce.ru

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Опасные последствия глобального изменения климата, Сафонов Г.В., РРЭЦ, GOF, WWW Россия, 2008. — 20 с.
- [2] The Economics of Climate Change The Stern Review, January 2007.
- [3] Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.V. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [4] Уилли Т.М.Л. и С.С.Б. Рэйнер (2001): «Интерпретация проекций данных средних значений глобального потепления», Science 293: 451-454, на основе данных Межправительственной Комиссии по Изменению Климата (2001): «Изменение климата 2001: научное обоснование». Разработка Рабочей Группы к Третьему Оценочному Докладу Межправительственной Комиссии по Изменению Климата (Хотон Дж.Т., Динг У., Григгс Д.Дж. и др.), Cambridge: Cambridge University Press.
- [5] Мерфи Дж.М., Д.М.Х. Сэкстон, Д.Н. Барнетт и др. (2004): «Исчисление неопределенностей при моделировании больших множеств данных изменений климата», Nature 430: 768—772.
- [6] Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 31 March 2014, IPCC Working Group, Chapter 13, p. 1190.
- [7] The Working Group II, Contribution of the IPCC's 5th assessment report, Yokohama, Japan, 31 March 2014.
- [8] Сорокин Л.В., Монделло Ж. Цена политики адаптации к изменению климата // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экономика». 2013. № 5. С. 63—72. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21074092>
- [9] Пятое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М., 2010. С. 90—93.
- [10] Oceans North: Protecting Life in the Arctic, Pew Environment Group, Washington, D.C. 2004 202-552-2000

LITERATURA

- [1] Opasnyie posledstviya globalnogo izmeneniya klimata, Safonov G.V., RRETs, GOF, WWW Rossiya, 2008. — 20 s.
- [2] The Economics of Climate Change The Stern Review, January 2007.
- [3] Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis,

- K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [4] *Wigley T.M.L., Raper S.C.B.* Interpretation of high projections for global-mean warming // *Science*. — 2001. — T. 293. — № 5529. — С. 451—454.
- [5] *Murphy J.M.* et al. Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations // *Nature*. — 2004. — T. 430. — № 7001. — С. 768—772.
- [6] *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, 31 March 2014, IPCC Working Group, Chapter 13, p. 1190.
- [7] The Working Group II, Contribution of the IPCC's 5th assessment report, Yokohama, Japan, 31 March 2014.
- [8] *Sorokin L.V., Mondello G.* The Cost of Adaptation for Climate Change // *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia, Series Economics*. No S5, 2013. Pp. 63—72. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21074092>
- [9] *Pyatoe natsionalnoe soobschenie Rossiyskoy Federatsii, predstavlennoe v sootvetstviy so statyami 4 i 12 Ramochnoy Konventsii Organizatsii Ob'edinennyih Natsiy ob izmenenii klimata i statey 7 Kiotskogo protokola*. M., 2010. S. 90—93.
- [10] *Oceans North: Protecting Life in the Arctic*, Pew Environment Group, Washington, D.C. 20004 202-552-2000

ECONOMIC IMPACTS OF THE SEA LEVEL CHANGES FOR COASTAL INFRASTRUCTURE

K.G. Gomonov, K.A. Osokina, L.V. Sorokin

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

Recent Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scientific research conclusively proved that the dominant cause of climate change and global warming is anthropogenic greenhouse effect. Climate change, caused by the humanity industrial development in the last 100 years going too fast and the modern society can not ignore it now. There is a risk of strong and abrupt changes, by 2050 global warming can increase to 2—5 °C. The destruction of the ice sheets of Greenland and Antarctica leading to sea level rise and alter the boundaries of shoreline is the most dangerous. According to current climate models in the 21st century warming even 1,4 °C would be stronger than in the past 10,000 years. Global ecosystem and humanity are not ready even for such “optimistic” scenario changes. In the case of “worst” scenario of temperature increase to 5,8 °C the effects from climate change and as a result the sea level rise would be catastrophic.

Key words: sea level rise, climate change, economic losses, global warming, greenhouse effect, flooding, shoreline.