

УДК 551.5

Климатические изменения как факторы риска для экономики России

В.В. Оганесян

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
vog@mecom.ru*

В статье представлены возможные потери для экономик разных стран по таким направлениям, как воздействие на рынки, вне рыночные воздействия и социально обусловленные потери, вызванные возможными форс-мажорными событиями социального характера. Наблюдаемые изменения климата на территории Российской Федерации характеризуются значительным ростом температуры холодных сезонов года, ростом испаряемости при сохранении и даже при снижении количества атмосферных осадков за теплый период года, возрастанием повторяемости засух, изменением годового стока рек и его сезонным перераспределением, изменением условий ледовитости в бассейне Северного Ледовитого океана и в устьях северных рек. Основные риски, связанные с потеплением: рост повторяемости, интенсивности и продолжительности засух в одних регионах, экстремальных осадков, наводнений, случаев опасного для сельского хозяйства переувлажнения почвы – в других; повышение пожароопасности в лесах и на торфяниках; нарушение привычного образа жизни коренных северных народов; деградация вечной мерзлоты с ущербом для строений и коммуникаций; нарушение экологического равновесия, вытеснение одних биологических видов другими; увеличение расходов электроэнергии на кондиционирование воздуха в летний сезон для значительной территории страны.

Положительные изменения: потепление в Арктике увеличит продолжительность навигации по Северному морскому пути и облегчит освоение нефтегазовых месторождений на шельфе; сократится отопительный сезон на 2–3 дня и соответственно снизится расход энергии; северная граница земледелия сместится на север, благодаря чему вырастет площадь сельскохозяйственных угодий, особенно в Западной Сибири и на Урале.

Ключевые слова: погодные аномалии, погодные риски, изменение климата, интенсивность, повторяемость и продолжительность засух, экстремальные осадки, наводнения, деградация вечной мерзлоты, нарушение экологического равновесия, экономика хозяйствующих субъектов

Climate change as a risk factor for the Russian economy

V.V. Oganesyanyan

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
vog@mecom.ru*

The possible losses for the economies of different countries in such areas as market impact, non-market effects, and social-induced loss caused by the possible force majeure events of social nature are presented. Climate change in Russia is characterized by a significant increase in the temperature of the cold seasons, by the evaporation growth accompanied by the maintenance and even reduction of total precipitation for the warm

season, by the increasing frequency of droughts, by the changes in annual river runoff and its seasonal redistribution, by the change in sea ice extent in the Arctic Ocean basin and in the mouths of the northern rivers. The main warming-related risks are: an increased frequency, intensity and duration of droughts in some regions, extreme precipitation, floods, cases of dangerous waterlogging for agriculture in other regions; an increased fire hazard in forests and peatlands; the disturbance of the usual way of life of indigenous northern peoples; permafrost degradation causing damage to buildings and communications; the violation of ecological balance, the displacement of some species by others; an increase in electricity consumption for air conditioning in summer for most of the country. The positive changes are: the warming in the Arctic will increase the duration of navigation along the Northern Sea Route and will facilitate the development of oil and gas fields on the shelf; the heating season will be reduced by 2-3 days, and hence energy consumption will decrease; the northern border of agriculture will move to the north, thereby increasing the area of agricultural lands, especially in Western Siberia and the Urals.

Keywords: weather anomalies, weather risks, climate change, intensity, frequency and duration of droughts, extreme precipitation, floods, permafrost degradation, disturbance of ecological balance, economy of business entities

Введение

Целью настоящей работы является комплексная оценка современных изменений климата, анализ различных экономических сценариев и видов ущерба от климатических изменений.

Из-за протяженности территории страны и разнообразия ее природно-климатических особенностей последствия климатических изменений проявляются по-разному в различных регионах России и могут иметь как положительный, так и отрицательный характер. Ожидаемые выгоды в сельском хозяйстве для России принято связывать с ростом урожайности и увеличением площади земель, пригодных для земледелия. Более внимательное рассмотрение агрогеографии России показывает, однако, что для основных сельскохозяйственных районов страны (бассейн Дона, Северный Кавказ, Нижнее Поволжье, Южный Урал, Алтай и степная часть Южной Сибири) сегодня главный фактор, ограничивающий урожайность, – не недостаточно теплое лето, а нехватка воды в вегетационный период. В соответствии со Стратегическим прогнозом, при дальнейшем потеплении климата России падение урожайности может превысить 20 % и стать критическим для экономики этих регионов. Многие плодородные сегодня районы Северного Кавказа и Поволжья могут превратиться в пустынеподобные сухие степи, как это уже происходит, например, в Калмыкии.

Эта потеря вряд ли может быть компенсирована повышением урожайности в более северных областях, так как там отсутствуют плодородные почвы, способные заменить утраченные южнорусские черноземы. Смена типа почв требует по крайней мере многих тысячелетий и никак не может произойти за десятки лет. Вырастить же на твердых подзолах и суглинках кубанские урожаи не удастся ни при каких температурах. В целом по стране к 2020 году прогнозируется снижение урожайности зерновых культур на 9 % по сравнению с уровнем 2005 года.

Недостаточное увлажнение во многих регионах России, в первую очередь на территориях Белгородской, Курской областей, Ставропольского края и Калмыкии, приведет не только к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, но и к снижению обеспеченности водой населения (до 1000–1500 м³/год на одного человека и даже менее, по данным Стратегического прогноза), что по международной классификации рассматривается как очень низкая или критически низкая водообеспеченность.

Отрицательные последствия изменения климата для России сказываются также в наблюдаемой тенденции повышения повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (паводки, наводнения, снежные лавины, сели, ураганы и др.) и увеличения неблагоприятных резких изменений погоды, которые в свою очередь приводят к огромному социально-экономическому ущербу. Они пагубно влияют не только на сельское хозяйство, но и на такие ключевые сектора экономики, как энергетика, водопользование и водопотребление, речное и морское судоходство, жилищно-коммунальное хозяйство.

Если в начале 1990-х гг. в России ежегодно отмечалось 150–200 опасных явлений в год, то в последние несколько лет их число выросло до 250–300. Рекордным был 2007 год – 445 опасных гидрометеорологических явлений. По оценке Всемирного банка, ежегодный ущерб от воздействия опасных гидрометеорологических явлений на территории России составляет 30–60 млрд рублей.

К сказанному следует добавить, что глобальное потепление угрожает создать или уже создаст такие дополнительные социально-экономические угрозы, как просадки грунта из-за таяния вечной мерзлоты (такие изменения могут быть опасны для зданий, инженерных и транспортных сооружений); усиление нагрузки на подводные трубопроводы и вероятность их аварийных повреждений и разрывов, а также препятствия для судоходства вследствие усиления русловых процессов на реках; расширение ареала инфекционных болезней (например, энцефалита, малярии) и другие.

В своем докладе, посвященном экономическим последствиям изменения климата [16], Николас Стерн (Глава государственной экономической службы и советник правительства Великобритании по экономике и развитию) предложил модель комплексной экономической оценки парникового эффекта с учетом предпринимаемых на международном уровне мер по стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере. Модель получила название PAGE 2002 (Policy Analysis of the Greenhouse Effect 2002). Она позволяет рассчитать совокупный ущерб для мировой экономики, а также для экономики от дельных стран и регионов в зависимости от разных сценариев изменения климата, соответствующих тому или иному уровню концентрации парниковых газов. В качестве меры экономического ущерба в модели используется относительный показатель ежегодных потерь (в процентах) от мирового ВВП, если речь идет

о глобальных оценках ущерба, либо ВВП страны (группы стран), если речь идет о локальных оценках. Оценка ущерба проводилась по трем направлениям:

1. Воздействие на рынки (Market impacts).
2. Вне рыночные воздействия (Non Market impacts).
3. Социально обусловленные потери, вызванные возможными форс-мажорными событиями социального характера.

Первая компонента моделирует возможные негативные воздействия климатических изменений на традиционные рынки – энергетику, сельское и лесное хозяйство и т. д. Здесь ущерб оценивается сравнительно просто – через показатели роста (сокращения) соответствующих секторов в действующих рыночных ценах. В отдельную подгруппу выделена экономика прибрежных зон, которые могут пострадать в случае подъема уровня Мирового океана.

Вторая компонента позволяет оценить ущерб, нанесенный окружающей среде (снижение биоразнообразия) и здоровью населения (повышение смертности). Для этого применяются косвенные экономические оценки, такие как стоимость человеческой жизни и цена вымирания биологического вида.

В третью группу объединены возможные экономические потери (утрата инвестиций), связанные с массовой миграцией населения, развитием международных конфликтов и другими социальными процессами. Изменение климата под влиянием повышения концентрации парниковых газов в атмосфере описывается традиционными для экономического моделирования сценариями МГЭИК. Особенность лишь в том, что средние (умеренные) сценарии МГЭИК сведены в один базовый сценарий, получивший название Baseline climate. Этот сценарий соответствует предположению о стабилизации концентрации парниковых газов на уровне 450–550 ppm CO₂-экв., относительно безопасном росте средней температуры на 2–3 °C к 2050 году и минимальном уровне экономического ущерба: 0 % ВВП для промышленно развитых стран и 3 % ВВП для беднейших развивающихся стран. Наряду с этим рассматривается сценарий High climate, который отличается от базового сценария более тяжелыми климатическими условиями. Такое ухудшение климата может быть вызвано обратными связями в цепочке климатических изменений, прежде всего – ослаблением поглощающей способности природных экосистем, а также дополнительной эмиссией метана, законсервированного в болотах и вечной мерзлоте, вследствие роста температур.

Расчеты экономического ущерба по модели PAGE 2002 проводились с использованием метода Монте-Карло, входные значения задавались с помощью датчика случайных чисел. Для каждого заданного набора значений входных параметров были произведены расчеты, а затем полученные результаты усреднялись. При достаточно большом числе прогонов модели появляется возможность проанализировать разброс полученных оценок и составить представление о диапазоне их вероятных значений (табл. 1).

Таблица 1. Частота засух на территории экономических районов России
Table 1. Frequency of droughts in the territory of economic regions of Russia

Регион	Частота засух, %		
	сильных	средних	всего
Центральный район	7	10	17
Волго-Вятский район	7	10	17
Центрально-Черноземный район	12	12	24
Северо-Кавказский район	15	15	30
Нижнее Поволжье	23	17	40
Среднее Поволжье	17	19	36
Южный Урал	23	19	42
Средний Урал	8	12	20

Результаты «базового» моделирования на конец XXI века (при глобальном потеплении на 5–6 °С) дают оценку экономических потерь от 5 до 10 % мирового ВВП. Учет внерыночных воздействий повышает оценку экономического ущерба в среднем до 11 % и даже 14 % ВВП, если реализуется самый неблагоприятный сценарий изменения климата с учетом факторов обратной связи. В этом случае ущерб для наименее развитых стран, экономики которых слабы и особенно уязвимы к изменению климата, составит до 25 % ВВП.

Объединение всех трех видов возможных экономических потерь от изменения климата позволило сделать вывод о том, что при неблагоприятном развитии событий уровень жизни населения (или потребление товаров и услуг на душу населения) может упасть к концу века на 20 % от современной отметки.

Вместе с тем изменения климата связаны еще с одной важной с экономической точки зрения группой зависимостей, которые сопряжены с принятием оперативных решений:

1. Влияние погодных условий и опасных погодных явлений на экономику хозяйствующих субъектов.
2. Влияние информации о погоде на принятие решений в конкретных отраслях и регионах.
3. Влияние достоверности прогноза на результаты экономической деятельности хозяйствующих субъектов.
4. Условия производства гидрометеорологической информации, зависящие от современной оснащенности гидрометслужбы, и ее характеристики как общественного блага.

Тенденции климатических изменений на территории России

Данные мониторинга современного климата России показывают, что в последние годы тенденция к потеплению значительно усилилась

(рис. 1). Так, за период 1990–2000 гг., по данным наблюдений наземной гидрометеорологической сети Росгидромета, среднегодовая температура приземного воздуха в России возросла на 0,4 °С, тогда как за предыдущее столетие прирост составил 1,0 °С. Потепление более заметно зимой и весной и почти не наблюдается осенью (в последнее 30-летие произошло даже некоторое похолодание в западных регионах). Потепление происходило более интенсивно к востоку от Урала.

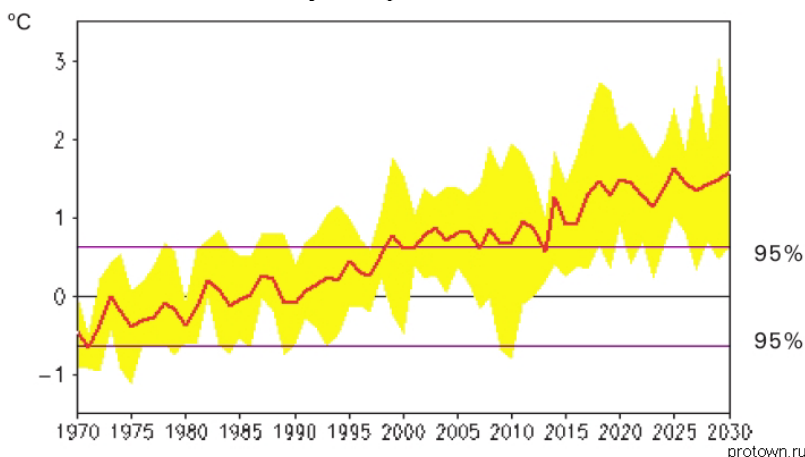


Рис. 1. Рост температуры приземного воздуха для России по отношению к базовым значениям за период 1971–2000 гг., рассчитанный по ансамблю моделей на период до 2030 г. (по результатам, предоставленным Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова). Разброс модельных оценок (оценок разных моделей ансамбля) характеризует выделенная желтым цветом область, в которую попадают 75 % средних модельных значений. Уровень значимости 95 % средних по ансамблю моделей изменений температуры определен двумя горизонтальными линиями.

Fig. 1. The increase in surface air temperature for Russia relative to the baseline values for the period 1971–2000, calculated by the ensemble of models for the period up to 2030 (according to the results provided by the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov). The scatter of model estimates (estimates of different ensemble models) characterizes the area highlighted in yellow, which includes 75% of the average model values. The significance level of 95% of the average ensemble of models of temperature changes is determined by two horizontal lines.

Проведенные в Росгидромете исследования показывают, что в настоящее время климатические условия на территории России существенно меняются, и тенденции этих изменений в ближайшие 5–10 лет сохранятся. Эти выводы подтверждаются результатами исследований других российских ученых, в частности Российской академии наук, и исследованиями большинства зарубежных специалистов.

Наблюдаемые изменения климата на территории Российской Федерации характеризуются значительным ростом температуры холодных

сезонов года, ростом испаряемости при сохранении и даже при снижении количества атмосферных осадков за теплый период года, возрастанием повторяемости засух, изменением годового стока рек и его сезонным перераспределением, изменением условий ледовитости в бассейне Северного Ледовитого океана и в устьях северных рек.

Перечисленные тенденции, как и многие другие особенности меняющегося климата различных частей территории России, оказывают существенные воздействия на условия жизни граждан и социально-экономическую деятельность.

Последствия быстрой изменчивости климатических условий проявляются в росте повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (паводки и наводнения, снежные лавины и сели, ураганы и шквалы и другие явления) и в увеличении неблагоприятных резких изменений погоды, которые приводят к огромному социально-экономическому ущербу, непосредственно влияют на эффективность деятельности таких жизненно-важных секторов экономики, как энергетика (в первую очередь гидроэнергетика), сельскохозяйственное производство, водопользование и водопотребление, речное и морское судоходство, жилищно-коммунальное хозяйство.

Угрозы, связанные с потеплением:

- рост повторяемости, интенсивности и продолжительности засух в одних регионах, экстремальных осадков, наводнений, случаев опасного для сельского хозяйства переувлажнения почвы – в других;
- повышение пожароопасности в лесах и на торфяниках;
- нарушение привычного образа жизни коренных северных народов;
- деградация вечной мерзлоты с ущербом для строений и коммуникаций;
- нарушение экологического равновесия, вытеснение одних биологических видов другими;
- увеличение расходов электроэнергии на кондиционирование воздуха в летний сезон для значительной территории страны.

Даже слой мерзлоты толщиной в несколько десятков метров при существенно положительных температурах на поверхности распадается в течение нескольких сотен лет. Что касается мерзлоты, расположенной в пределах Якутии, она не разрушится никогда. Для этого необходимо огромное количество времени, в течение которого современное потепление постепенно сойдет на нет.

На рис. 2 обозначены четыре зоны деградации мерзлоты на территории России в 1950–2050 гг. На крайнем северо-востоке страны расположена область, где отсутствует деградация мерзлоты. Площадь области, где, напротив, неизбежна ее существенная деградация, превышает 4 млн кв. км, здесь находятся города с миллионным населением, дороги, аэродромы, нефте- и газопромыслы, нефте- и газопроводы. Вся эта инфраструктура в условиях деградирующей мерзлоты может разрушиться в буквальном смысле.



Рис. 2. Деградация мерзлоты на территории России в 1950–2050 гг. (источник: НИЛ Глобальных проблем энергетики МЭИ).

Fig. 2. Permafrost degradation on the territory of Russia in 1950-2050 (source: Research Laboratory of Global Energy Issues MEI).

Положительные изменения:

- потепление в Арктике увеличит продолжительность навигации по Северному морскому пути и облегчит освоение нефтегазовых месторождений на шельфе;
- сократится отопительный сезон и, соответственно, снизится расход энергии;
- северная граница земледелия сместится на север, благодаря чему вырастет площадь сельскохозяйственных угодий, особенно в Западной Сибири и на Урале.

Климатические изменения как факторы риска для экономики России

В России скорость изменений температурного режима за последнее столетие почти вдвое превосходила мировой показатель (табл. 2). Потепление сказывается прежде всего на северных территориях, которые занимают примерно 60 % площади страны. На 4 млн кв. км происходит деградация вечной мерзлоты, что приводит к изменению характеристик грунтов, их несущей способности и разрушению соответствующей инфраструктуры. Параллельно идет процесс таяния льдов в окружающих Россию морях Мирового океана.

По оценкам международных экспертов Всемирного банка, ущерб отраслям экономики страны от опасных явлений распределяется следующим образом: сельское хозяйство – 42 %, топливно-энергетический комплекс – 19 %, строительство – 12 %, коммунальное хозяйство – 8 %, автомобильный и железнодорожный транспорт – 7 %, прочие отрасли – 12 %. Суммарная доля погодозависимых отраслей в стране составляет 40–42 % производства ВВП. При этом на Россию приходится наибольшее число так называемых полюсов роста температуры, который достиг за указанный период 5–6 °С. Эти полюса находятся в Алтайской, Иркутской, Читинской областях, на юге Сибири, иными словами, в районах, которые являются стратегически важными ареалами добычи и разработки природных ресурсов. Такие города, как Надым (одна из газовых «столиц»), Сургут (один из нефтяных центров), Воркута (один из центров угледобычи) уже испытывают серьезные проблемы. В ближайшие десятилетия они, по-видимому, усугубятся.

Таблица 2. Ожидаемые к середине XXI века изменения средней годовой температуры воздуха для основных регионов России
Table 2. Expected by the middle of the XXI century changes in the average annual air temperature for the main regions of Russia

Регион	Прогноз увеличения среднегодовой температуры, °С
Центральный регион	0.5–1
Северо-Западный регион	0–1
Север ЕТС	2–3
Арктическое Побережье	2–3
Западная Сибирь	3–4
Якутия	2–3
Дальний Восток	1–2

Также налицо тенденция к уменьшению осадков и, следовательно, увеличению числа засух примерно на 15–16 % территории. Это юг Западной Сибири, Ростовская, Ставропольская области и Краснодарский край, т. е. основные зернопроизводящие районы. Неблагоприятные последствия для аграрно-промышленного комплекса (АПК) и риски продовольственной безопасности очевидны. С уменьшением осадков тесно связан рост пожароопасности. Повышение температуры только на 1 °С может приводить к увеличению продолжительности пожарных сезонов, росту числа лесных пожаров и площадей, которые затрагиваются пожарами, в среднем от 12 до 16 %.

На основной части российской территории (примерно 80 %) прогнозируется увеличение осадков, что вызовет более мощные весенние паводки, наводнения, затопления. При этом, по оценкам МЧС России, страна

обеспечена гидротехническими сооружениями на две трети от потребности, более 70 % этих сооружений имеют амортизацию, которая перевалила за все мыслимые пределы. Интенсивные осадки ведут к заболачиванию местности, что, в свою очередь, чревато вспышками эпидемий. Повышение температуры сопровождается негативными для здоровья людей последствиями.

Наиболее чувствительные к изменениям погоды сектора экономики дают примерно треть ВВП. Это АПК, лесное хозяйство, водное хозяйство, транспорт, туризм, санаторно-курортное дело, некоторые другие виды деятельности. Наносимый им ущерб при существующих тенденциях изменения регионального климата может достигать ежегодно в среднем 1 % ВВП. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ отмечается, что примерно к 2030 г. могут возникнуть климатические барьеры, которые способны затормозить экономический рост. Некоторые из этих барьеров проявляются уже сейчас.

Выше было показано, что наиболее уязвимой отраслью является сельское хозяйство. В основных районах производства зерна на протяжении XX века возросла засушливость климата. Чаще всего сильные засухи наблюдались в Нижнем Поволжье и на юге Урала. Наименее затронуты засухами были Центральный и Волго-Вятский районы (см. табл. 1).

По оценкам, границы природных зон сдвинутся к северу приблизительно на 600–1000 км. Увеличатся территории, благоприятные для ведения сельского хозяйства. Летние температуры повысятся незначительно, но зато снизится вероятность заморозков, отрицательно влияющих на урожаи.

Согласно более умеренным прогнозам, произойдет смещение к северу границ полярно-тундровой, лесотундровой и южно-таежной лесной зон на 200–350 км. Существенно расширится степная зона наряду с сокращением площади сухостепной зоны. Территория лесостепной зоны, наиболее благоприятной для сельского хозяйства, несколько возрастет в западной части России и сократится в Предуралье.

Общий тон имеющихся в России сельскохозяйственных прогнозов позитивный, в них предсказываются положительные результаты глобального потепления климата для сельского хозяйства России. По оценкам Национального доклада по проблемам изменения климата, подготовленного Минэкономразвития России совместно с другими ведущими ведомствами, баланс положительных и отрицательных последствий изменения природной среды и климата для сельского хозяйства страны в целом можно оценить как положительный. Среди положительных последствий выделяются следующие:

- увеличение площади земель, пригодных для земледелия;
- рост продолжительности вегетационного периода;
- увеличение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур;
- улучшение условий перезимования полевых и садовых культур.

По прогнозам Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ), эффективная площадь страны (благоприятные для проживания зоны со среднегодовой температурой выше минус двух градусов и высотой над уровнем моря ниже 2 тыс м) увеличится вдвое за счет северных территорий и превысит 11 тыс кв. км. Это позволит России занять первое место в мире по наличию эффективной площади, тогда как сейчас она занимает только пятое место (после Бразилии, США, Австралии и Китая). В результате изменения климата площадь территории, пригодной для земледелия, увеличится в 1,5 раза.

Аналогичные показатели содержит прогноз Минэкономразвития России. При удвоении содержания парниковых газов в атмосфере земельная площадь в стране возрастет примерно в 1,5 раза за счет роста территории широколиственных лесов и степной (лесостепной) зоны, условия которых благоприятны для земледелия. В то же время резко сократится тундровая зона (в 2–3 раза), значительно уменьшится площадь тайги. Ожидается, что в ближайшие десятилетия продолжительность вегетационного периода будет увеличиваться на 3,5 дня за каждые 10 лет.

По прогнозу С.А. Пегова и Д.М. Хомякова [8], итоги климатической перестройки приведут в России к резкому улучшению агроэкологических условий. На Центральное Нечерноземье, Верхнее Поволжье, Средний Урал, юг Западной Сибири распространятся климатические условия черноземных степей, и можно ожидать увеличения урожаев в этих регионах в 1,5–2 раза. Могут появиться новые районы, потенциально пригодные для земледелия, в Сибири и Якутии.

Глобальное потепление позволит расширить посевы особо ценных и дефицитных для России сельскохозяйственных культур: площадь пригодная для выращивания кукурузы (на зерно) к моменту удвоения содержания CO_2 может возрасти в 3,7 раза; на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье рост термических ресурсов позволит создать базу для производства хлопка-сырца, винограда, чая и других ценных субтропических культур, достаточную для удовлетворения потребностей страны при возможном росте мировых цен.

В соответствии с имеющимися прогнозами изменения климата, в целом по стране наибольшего прироста урожайности следует ожидать в ближайшие 30–70 лет, причем пик роста урожайности будет через 60–70 лет (табл. 3). По зерновым культурам урожайность в России в среднем возрастет (к современному уровню): через 30–40 лет на 11 %, через 60–70 лет – на 14 % и через 90–100 лет она может понизиться. Аналогичные тенденции будут наблюдаться и для кормовых культур.

Только за счет повышения концентрации углекислого газа прирост валового сбора зерна может составить 2–3 %.

Наивысших приростов урожайности следует ожидать в северных и центральных регионах. В наиболее неблагоприятных условиях с вероятным снижением урожайности зерновых окажутся Северо-Кавказский, Западно- и Восточно-Сибирские регионы (табл. 4).

Таблица 3. Оценка возможного ущерба от изменения климата (по модели PAGE), в % ВВП на душу населения

Table 3. Assessment of possible damage from climate change (according to the PAGE model), in % of GDP per capita

Климатический сценарий	Экономическое воздействие	Среднее значение (% снижения на душу населения)	Минимальное значение (уровень 5% наименьших результатов прогнозов)	Максимальное значение (уровень 5% наибольших результатов прогнозов)
Базовый климат	Рыночные воздействия	2.3	0.3	5.9
	Рыночные воздействия и риск катастроф	5.0	0.6	12.3
	Рыночные воздействия, вне рыночные воздействия и риск катастроф	10.9	2.2	27.4
Ухудшенный климат	Рыночные воздействия	2.5	0.3	7.5
	Рыночные воздействия и риск катастроф	6.9	0.9	16.5
	Рыночные воздействия, вне рыночные воздействия и риск катастроф	14.4	2.7	32.6

Позитивные последствия изменения климата для увеличения урожайности России предсказываются и некоторыми зарубежными экспертами. Согласно оценкам специалистов из Министерства метеорологии Великобритании, в среднем урожайность в России может возрасти на 10 %, тогда как во многих странах, расположенных вблизи экватора и в Южном полушарии, она может существенно уменьшиться – на 20–40 %. Вместе с тем во многих прогнозах выделяются и негативные последствия глобальных изменений для сельского хозяйства. Отмечается значительное изменение погодных условий для сельскохозяйственного производства в традиционных аграрных районах, что будет связано не только с тем, что климат будет более теплым, но он станет и более сухим.

Смещение природно-климатических поясов на север может повлечь за собой негативные процессы. Площадь подверженной засухе степной и лесостепной зоны, где сейчас сосредоточено основное сельскохозяйственное производство, возрастет в 1,8 раза. И эта зона распространится к северу, вплоть до южных границ Московской, Владимирской и Нижегородской областей.

Таблица 4. Реакция урожайности сельскохозяйственных культур на возможные изменения климата и рост содержания CO₂ в атмосфере (в % от современного уровня урожайности)

Table 4. Response of crop yields to possible climate change and increase of CO₂ content in the atmosphere (% of current yield)

Регион	Срок реализации сценария (годы)					
	Кормовые культуры			Зерновые культуры		
	30–40 лет	60–70 лет	90–100 лет	30–40 лет	60–70 лет	90–100 лет
Северный	22	32	31	26	24	13
Северо-Западный	21	24	30	22	12	22
Калининградский	22	22	20	34	25	29
Центральный	19	24	17	27	25	13
Волго-Вятский	21	30	19	20	26	11
ЦЧО	20	24	7	15	15	-7
Поволжье, Север	24	30	8	16	19	-10
Поволжье, Юг	5	14	1	7	30	20
Северо-Кавказский	2	3	-7	-6	-7	-13
Уральский	14	28	17	11	16	-7
Западно-Сибирский	6	19	1	-7	-1	-23
Восточно-Сибирский	0	0	-4	-12	-18	-24
Дальневосточный	6	13	7	10	12	5
Россия	13	21	11	11	14	-1

Особенно далеко к северу продвинутся степи Сибири. На юге России начнется аридизация, сухие степи Поволжья и Северного Кавказа превратятся в пустыни. Все это отрицательно скажется на традиционных аграрных регионах. Согласно пессимистическому сценарию Канадского Климатического Центра, в результате перемен климата произойдет значительный рост температур в основных сельскохозяйственных регионах России – на 6–8 °С зимой и на 4–5 °С летом. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур летом снизится; географические зоны сместятся на север на 800–900 км. Произойдет аридизация лесостепной и степной зон. Общая биологическая продуктивность снизится в большинстве земледельческих районах на 10–20 %, а в отдельных – до 30–40 %, что вызовет значительное снижение урожаев. Таким образом, имеющиеся прогнозы достаточно противоречивы, однако, как уже отмечалось, преобладают оптимистические взгляды на последствия изменения климата для аграрного сектора страны.

Сельскохозяйственное производство в России ведется на площади 197,6 млн га, в т. ч. посевных площадей – 88 млн га. За последние 20 лет

происходило постоянное уменьшение посевных площадей и, в отличие от многих стран, площадь сельскохозяйственных угодий не является пока лимитирующим фактором.

В настоящее время отсутствуют регулярные оценки состояния почв, которые можно было бы использовать в качестве экологических индикаторов сельского хозяйства. Между тем значимость таких процессов, как эрозия почв, для сельского хозяйства чрезвычайно велика. Негативные экологические процессы становятся одной из основных причин сокращения площадей сельскохозяйственных угодий. Происходит полная деградация угодий в результате нерационального использования и влияния негативных процессов, получивших широкое развитие в связи с резким сокращением мероприятий по защите ценных земель от водной и ветровой эрозии, подтопления, заболачивания и других процессов. Так, по данным государственной агрохимической службы России и Госкомзема России, 56 млн га пашни (45 %) характеризуется низким содержанием гумуса, 43 млн га (36 %) – повышенной кислотностью (отмечается увеличение кислотности почв в лесостепной и черноземной зоне), 28 млн га (23 %) – низким содержанием фосфора и 12 млн га (9 %) – низким содержанием калия, что лимитирует уровень урожайности на этих землях. Более 50 млн га сельскохозяйственных угодий, в том числе свыше 35 млн га пашни, подвержено водной и ветровой эрозии. Кроме того, 66 млн га сельскохозяйственных угодий являются эрозионно опасными. Около 100 млн га в России занимают районы, подверженные опустыниванию и засухам или потенциально опасные в этом отношении.

В целом главные причины потери плодородия земель следующие:

– **водная эрозия.** Почвы сильно эродированы на площади более 51 млн га. Только овраги занимают 1,5 млн га и ежегодно захватывают новые десятки тысяч гектаров. Скорость эрозионных процессов резко возросла с начала 1990-х годов;

– **уплотнение почв** как следствие применения тяжелой техники на полях;

– **опустынивание.** Неправильная эксплуатация и чрезмерные нагрузки на пашни и пастбища уже привели к опустыниванию на площади свыше 50 млн га. Ежегодный прирост площади пустыни оценивается в 50 тыс га. Перевыпас животных привел к тому, что большая часть пастбищ находится в неудовлетворительном состоянии. Особенно подверженными аридизации являются Республика Калмыкия, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области;

– **минеральное голодание.** Если до 1990 г. обеспечение почвы минеральными удобрениями находилось на уровне около 60 % потребностей, то сейчас нормы внесения удобрений сократились в 4–5 раз (до 17–18 кг/га). Ежегодно не удобряется 20 млн га зерновых и 15 млн га кормовых культур. В итоге дефицит основных питательных элементов (NPK) в почвах увеличился в 10 раз и достиг 100 кг/га. Из-за прекращения работ

по известкованию и фосфоритованию кислых почв увеличивается доля сельскохозяйственных угодий со средне- и сильнокислыми почвами, которая уже достигла уровня 13–15 %. Это снижает эффективность минеральных удобрений, что влечет за собой потери урожаев в размере порядка 10–12 млн т в пересчете на зерно;

– **засоление и подтопление.** Почвы около 16 млн га (8 %) сельскохозяйственных угодий засолены из-за неправильного орошения. Свыше 5 млн га орошаемых и других земель подтоплены. В неудовлетворительном состоянии находится 1 млн га орошаемых земель, причем площадь земель с неблагоприятной мелиоративной обстановкой ежегодно увеличивается;

– **загрязнение.** Площадь пострадавших земель превышает 70 млн га. Около 2 млн га сельскохозяйственных угодий загрязнены радиоактивными элементами в результате Чернобыльской катастрофы.

Чрезвычайно опасна тенденция снижения естественного плодородия почв России. Почвы многих регионов страны, отличающиеся низкой производительностью, ускоренными темпами теряют гумус, поскольку происходит значительный вынос питательных веществ с урожаями, сокращение объемов вносимых органических удобрений и упрощение севооборотов. Свыше 43 % пашни имеет низкое содержание гумуса, из них 15 % – критически низкое. Ежегодно на полях страны запасы гумуса, определяющего уровень естественного плодородия почв, снижаются примерно на 80 млн т (от 600 до 1000 кг/га). Потери почвы стали критическими для многих аграрных районов.

На снижение естественного плодородия, устойчивости землепользования также воздействует ухудшение баланса органического вещества в почвах сельскохозяйственных угодий. За последние 10 лет его дефицит увеличился с 700 до 900 млн т. В почву поступает органики примерно в 10 раз меньше современных потребностей. При сохранении обнаруженных тенденций в ближайшей перспективе можно ожидать падения урожаев во многих районах, даже в тех, где согласно прогнозам изменение климата даст положительный эффект.

Свидетельством значительного влияния экологического фактора на продуктивность сельского хозяйства являются большие колебания урожаев. Например, самый большой урожай зерна в России был зафиксирован в 1978 г. – 135 млн т. Несмотря на попытки в 1980-е гг. превзойти этот уровень за счет широкой химизации, наращивания технического потенциала, орошения и осушения земель, эти попытки не увенчались успехом. В 1990-е гг. ситуация еще более ухудшилась, урожаи сократились в 1,5–2 раза в условиях масштабного социально-экономического кризиса в аграрном секторе.

Таким образом, улучшение климатических условий в сельском хозяйстве страны, увеличение потенциально пригодных для сельского хозяйства площадей неизбежно столкнется с общим ухудшением

экологической ситуации на селе в виде массовой деградации сельскохозяйственных угодий, ухудшения качества почв, снижения естественного плодородия. Тем самым для реализации появившихся благоприятных возможностей потребуются значительные усилия и огромные инвестиции для восстановления качества земель и их охраны. Широкомасштабная эрозия, аридизация и опустынивание, уплотнение почв, их засоление, уплотнение и другие негативные процессы являются очевидными факторами противодействия позитивным климатическим изменениям для аграрного сектора. Закладываемые в прогнозы оптимистические цифры увеличения урожайности и общего производства в сельском хозяйстве могут быть значительно скорректированы развивающейся экологической деградацией на селе.

Климатические изменения и новые возможности для экономики России

Потепление, помимо негативного воздействия, порождает и определенные позитивные эффекты. Прежде всего это проявляется в сокращении отопительного сезона, что исключительно важно для энергетиков, работников ЖКХ, транспортников и рядовых потребителей. Согласно данным Оценочного доклада [2] Росгидромета Правительству России от 2009 г., на подавляющей части территории страны сокращение отопительного сезона варьируется в диапазоне от 4 до 10 суток. По оценкам, это дает экономии более 50 млн т условного топлива за сезон, или около 450 млрд руб. (цены 2009 года).

Кроме того, расширяется зона земледелия, увеличивается вегетационный период, что приносит соответствующие выгоды АПК в виде роста урожая и соответствующих доходов. Далее, освобождение ото льдов окружающих морей, о чем ранее упоминалось в негативном плане (в частности, в связи с возможным повышением уровня Мирового океана, хотя здесь не все так однозначно), улучшает транспортные возможности. Например, даже неполное освобождение ото льдов Северного морского пути увеличивает продолжительность навигации, повышая потенциал судоходства. То же относится к автомобильному транспорту: сокращение продолжительности оледенения дорог ведет к сокращению издержек на борьбу с этим явлением. Все это, естественно, с определенными допусками по вероятности, поскольку в такой сфере, как изменение климата, ничего строго определенного быть не может.

Выгодами могут обернуться не только позитивные последствия климатических изменений, как таковые, но и косвенные эффекты, обусловленные реакцией общества на риски, о которых шла речь ранее. В первую очередь это стремление к модернизации и переход экономики к новому технологическому укладу, который, помимо прочего, снижает нагрузку на окружающую среду. Модернизация экономики связана прежде всего с реализацией программ и мер по повышению энергоэффективности

и энергосбережения, предусматривающих инновации превентивного характера, т. е. тех, которые, собственно, уменьшают выбросы парниковых газов. В перечне критических технологий, утвержденном президентом России, указаны программы, которые связаны с развитием энергосбережения, энергоэффективности, альтернативной энергетики, с переходом на новые виды транспортного топлива и т. д. Обязательным компонентом должны стать и адаптационные инновации, связанные с использованием новых материалов, новых сортов растений, которые позволяют лучше приспособить экономику к меняющимся климатическим условиям. Можно и нужно стремиться избежать дополнительных, зачастую далеко не обязательных нагрузок на окружающую среду, понимая, что природная изменчивость никуда не девается.

Кризис отрицательно сказывается на темпах и перспективах модернизации экономики, связанных с энергосбережением и энергоэффективностью. Однако, как часто бывает, кризис дает и импульсы для развития, в первую очередь для поиска новых сфер приложения инвестиций – экономических ниш, в которых капиталовложения дадут наиболее быструю отдачу и наибольший мультипликативный эффект в кратко- и среднесрочной перспективе. В долгосрочном плане это позволит выйти на рубежи модернизации, которые обеспечат устойчивый рост и дадут всходы нового технологического уклада. В этом отношении технологии, способствующие решению проблем последствий изменения климата, оказываются теми инструментами, которые позволяют добиться наибольшего мультипликативного эффекта.

В антикризисных программах развитых государств и стран с переходной экономикой, к которым относится и Россия, значительное, а в ряде случаев ведущее, место отведено модернизации энергетической и транспортной инфраструктуры, развитию альтернативной энергетики и связанных с этим НИОКР. Доля расходов на указанные цели в антикризисном «пакете» Южной Кореи достигает 81 %, в Китае – 38 %, во Франции – 21 %, в Германии и США – 12 %. В российской антикризисной программе доля затрат на эти цели не превышает 2 %.

Климатические изменения являются новым фактором развития мировой и российской экономик. Их последствия противоречивы: есть негативные эффекты и проигрывающие от изменения климата группы населения, производства, районы; есть и положительные воздействия и выигрывающие от них субъекты экономики. Общий баланс, по оценкам ведущих американских специалистов, в пользу России: по их мнению, это едва ли не единственная в мире страна, которая после 2050 г. может получить прибавку к росту ВВП до 0,6 %. Представляется, однако, что такие выводы как минимум преждевременны. Как показывают опыт и модельные расчеты, для климатических флуктуаций характерны внезапность и резкость перемен, сопровождающихся существенным ущербом для здоровья людей и экономики. При этом регионы, еще недавно рассматривавшиеся как бенефициары изменения климата, могут превратиться в проблемные территории.

Макроэкономические последствия климатических изменений в российской Арктике

Оценка последствий изменений климата для экономики и хозяйственной деятельности человека представляет существенную методологическую трудность [6, с. 48–57]. Во-первых, прогнозы изменений климата, формируемые на основе физико-климатических моделей, строятся на период с горизонтом планирования 50–100 лет, что не соответствует долгосрочным экономическим прогнозам, которые составляются на период, обычно не превышающий 10–20 лет. Во-вторых, современные тенденции климатических исследований в основном фокусируются на «катастрофичности» сценариев глобальных изменений. Соответственно, все экономические расчеты рассматривают повышение температуры в Арктике с точки зрения прямого ущерба от происходящих изменений для экономики и социальной сферы мира и отдельных государств. Например, по расчетам ряда зарубежных исследователей, последствия деградации многолетней мерзлоты из-за глобального потепления в Арктике будут стоить человечеству около 160 трлн долл. в период до 2100 г., или в среднем 1,9 трлн долл. в год [6–11, 18], что может составить 1,1–1,2 % мирового ВВП. По консервативной оценке, для России стоимость полного (прямого и косвенного) ущерба от климатических изменений на период до 2030 г. может составить 2–3 % ВВП в год, а на отдельных территориях – 5–6 % регионального ВВП [10].

Специфика оценок и прогнозов макроэкономических последствий климатических изменений состоит в том, что большинство исследователей фокусируются на использовании затратного подхода. Несомненно, стоимость предупреждения или ликвидации последствий ущерба разных видов от деградации многолетней мерзлоты, оползней, разливов рек и наводнений, которые являются следствием изменений климата, – важная составляющая, которая в конечном счете учитывается в экономических оценках в виде падения темпов роста ВВП из-за стихийных бедствий. Однако такой подход не учитывает важные тенденции влияния изменений климата на динамику отраслевых комплексов и народного хозяйства в целом. В силу перечисленных особенностей основной ущерб от стихийных бедствий, связанных с климатическими изменениями, в среднесрочной перспективе будет нанесен инфраструктурной составляющей российской Арктики (дорогам, трубопроводам, зданиям и сооружениям) в разных отраслях промышленности и социальной сферы [11]. Принимая во внимание приведенные выше прогнозы масштабов ущерба относительно ВВП в период до 2030 г. и темпов роста российской экономики в этот период, стоимость накопленного (суммарного) ущерба можно оценить в 20 трлн руб. (в ценах 2011 года) [7].

Данная оценка, конечно, не означает автоматически, что в отсутствие глобальных климатических изменений и их последствий российская экономика могла бы расти значительно быстрее. Во-первых, климатический

фактор не единственный и далеко не главный, определяющий динамику ВВП, особенно на менее чем 15-летнюю перспективу. Во-вторых, сами последствия изменений климата для экономики носят неоднозначный характер: в то время как для одних видов хозяйственной деятельности (секторов экономики) и территорий страны, включая АЗРФ, условия воспроизводства ухудшаются, для других они, напротив, улучшаются. В частности, для российского Севера это связано с обусловленными потеплением климата тенденциями: сокращением отопительного сезона и соответственно потребностей и затрат на топливо и отопление; увеличением продолжительности вегетационного периода, расширением зоны земледелия и, следовательно, ростом сельскохозяйственного производства; увеличением сроков навигации в акваториях Северного Ледовитого океана и, соответственно, возможностей развития водного транспорта и т. д.

Тем не менее, по нашим прогнозам, совокупный эффект перечисленных благоприятных последствий изменений климата для экономики АЗРФ и страны в целом до 2030 г. будет характеризоваться заметным превышением издержек (включая прежде всего ущерб от опасных природных явлений) над упомянутыми ожидаемыми выгодами. Это же касается и инвестиций в развитие инфраструктуры, высокая степень износа которой обуславливает ее возрастающую уязвимость к воздействию погодно-климатических факторов.

В связи с этим прогнозы ряда зарубежных коллег, предполагающие получение Россией в долгосрочной перспективе положительного сальдо влияния изменений климата на экономический рост [15], представляются неоправданно оптимистическими. В то же время игнорирование или недоучет упомянутых выше благоприятных последствий климатических изменений для российской экономики, в том числе для АЗРФ, означали бы перекося программ и мер адаптации к климатическим изменениям исключительно в сторону защитных мер.

Наблюдаемая устойчивая тенденция сокращения площади и толщины ледяного покрова СЛО, обусловленная климатическими изменениями, ведет к росту привлекательности транспортировки грузов по данному маршруту, который по оценкам примерно в полтора раза короче основных текущих транспортных маршрутов – Суэцкого и Панамского каналов [12]. Согласно модельным расчетам, навигационный период, свободный ото льда, к 2025 г. будет варьировать в диапазоне 90–120 дней, к 2040 г. может превысить 150 дней, а к 2090 г. – 200 дней [4]. В результате уже в среднесрочной перспективе возможный рост объема перевозок может существенно возрасти, достигнув 50 млн т в год. Только прямые доходы от ледовой проводки такого количества грузов могут составить около 30 млрд руб. ежегодно (см., например, [13]). Сопоставимые доходы могут быть получены от портовых и навигационных сервисов по трассе СМП.

Согласно экспертным оценкам, наиболее значимым риском для устойчивого функционирования инфраструктуры АЗРФ следует считать

последствия потепления климата для ускоренной деградации многолетней мерзлоты, которая занимает почти две трети территории страны.

В европейской части российской Арктики в зону многолетней мерзлоты попадают Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми; в Сибири – Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, на Дальнем Востоке – Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Камчатский край, Чукотский АО. Тенденция постепенного сокращения зоны многолетней мерзлоты в Арктике из-за роста среднегодовой температуры приземного воздуха и в связи с этим самого мерзлого слоя носит устойчивый характер: только за последние 30 лет температура многолетней мерзлоты в России увеличилась в среднем на 0,5–2,0 °С при значительном диапазоне изменений – от 0,004 до 0,05 °С в год [17, 18]. При этом наблюдается значительная территориальная неравномерность рассматриваемого процесса.

Наиболее интенсивное сокращение слоя и зоны многолетней мерзлоты и соответственно связанные с этим наиболее значимые риски устойчивости объектов строительства и инфраструктуры характерны для европейского Севера России, Западной Сибири, юга Республики Саха (Якутия). Именно там расположены важнейшие предприятия и инфраструктурные объекты, в том числе нефте- и газопроводы, а также здания, сооружения и инфраструктура крупных городов АЗРФ. По неполным оценкам, только на нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского АО из-за таяния многолетней мерзлоты и деформаций грунта происходит в среднем 1900 аварий в год, а во всей Западной Сибири – около 7400 [17]. По некоторым оценкам, только в Надыме расходы «Газпрома» на указанные цели составляют 1 тыс долл. /м² [9, с. 82].

По другим оценкам, на поддержание работоспособности трубопроводов и ликвидацию механических деформаций, связанных с таянием многолетней мерзлоты, ежегодно тратится до 55 млрд руб., а средний многолетний ущерб от деградации многолетней мерзлоты (наносимый главным образом зданиям и сооружениям) составляет около 2,5 млрд долл. (150 млрд руб.) [14].

Чтобы оценить в должной мере масштаб ущерба, сопоставим его со стоимостью основных фондов, расположенных в зонах риска деградации многолетней мерзлоты. По данным Росстата, общая стоимость основных фондов в Российской Федерации составила в 2015 г. 160,7 трлн руб. Из них на долю регионов российского Севера с многолетними мерзлыми грунтами приходится около 20 %, что в стоимостном выражении составляет 28,9 трлн руб. Таким образом, серьезной деформации и разрушениям подвергаются 0,5 % основных фондов российской Арктики.

По оценке Всемирного банка, ежегодный ущерб от различных гидрометеорологических явлений, в число которых входят и последствия изменения климата, в нашей стране уже составляет 30–60 млрд рублей [2].

Изменение климата несет прямые экономические последствия для России

Летом 2015 г. глава Минприроды С. Донской со ссылкой на российские исследования прямых и косвенных последствий изменения климата для экономики страны говорил об угрозе среднегодовых потерь до 1–2 % ВВП до 2030 г., а на наиболее уязвимых территориях – до 4–5 % регионального ВВП.

Инвестиции в снижение климатических рисков весьма значительны. По оценкам Всемирного банка, в период с 2010 по 2030 г. на меры по снижению выбросов парниковых газов одним только развивающимся странам потребуются дополнительные (по сравнению со сценарием сохранения нынешней технологической модели развития, основанной на энергоемких процессах и использовании ископаемого топлива) капиталовложения в размере от 140 до 175 млрд долл. в год.

Учитывая, что выгоды, получаемые благодаря таким инвестициям (в частности, снижение расходов благодаря мерам энергосбережения и энергоэффективности), извлекаются лишь со временем, масштабы указанных капиталовложений в первые несколько лет будут существенно выше. Эксперты консалтинговой компании McKinsey считают, что они превысят 560 млрд долл., что означает примерно трехпроцентный рост по сравнению с сохранением инерционного сценария развития экономики до 2030 года.

Не менее впечатляющие масштабы инвестиций прогнозируются для адаптации экономики к изменениям климата. Только развивающимся странам ежегодно потребуется от 100 до 180 млрд долл. Таким образом, речь идет о капитальных затратах в размере не менее 0,5 % мирового ВВП.

По оценкам Всемирного банка, в 2030 г. инвестиции в обеспечение адаптации мировой экономики к климатическим изменениям могут достигать 75 млрд долл., в снижение выбросов парниковых газов и реализацию других превентивных мер – 400 млрд долл. в год, что в сумме может составлять 0,30–0,32 % мирового ВВП.

Однако эти оценки представляют собой медианные величины при вариации показателей от 30 до 90 млрд долл. и от 140 до 675 млрд долларов соответственно: при этом недооценены некоторые расходы, например на ликвидацию последствий разрушительных природных катаклизмов. А если принять во внимание еще и практику воплощения в жизнь крупномасштабных проектов, реальные расходы на которые превышают первоначальную смету как минимум вдвое, то величина совокупных капиталовложений в снижение климатических рисков развития мировой экономики будет близка или превосходить приведенную выше среднегодовую величину (0,5 %) мирового ВВП.

Заключение

Угрозы, связанные с потеплением:

- рост повторяемости, интенсивности и продолжительности засух в одних регионах, экстремальных осадков, наводнений, случаев опасного для сельского хозяйства переувлажнения почвы – в других;
- повышение пожароопасности в лесах и на торфяниках;
- нарушение привычного образа жизни коренных северных народов;
- деградация вечной мерзлоты с ущербом для строений и коммуникаций;
- нарушение экологического равновесия, вытеснение одних биологических видов другими;
- увеличение расходов электроэнергии на кондиционирование воздуха в летний сезон для значительной территории страны;
- уменьшение долговечности зданий, в особенности, блочных и панельных.
- вследствие увеличения изменчивости температуры воздуха и учащения оттепелей зимой – ухудшение качества теплоснабжения;
- рост затрат на дополнительное кондиционирование в летний период;
- рост рисков опасного гололедообразования и аварий на ЛЭП (разрыв проводов и разрушение опор) и гололедицы на дорогах;
- возрастание пожароопасности в лесах летом;
- улучшение условий для развития некоторых ВИЭ, в частности, малых ГЭС, в результате роста стока;
- в северной части – возрастание частоты и высоты заторных наводнений. На юго-западе – уменьшение частоты весенних наводнений, вызванных снеготаянием;
- увеличение частоты и высоты нагонных наводнений в устьях рек, прежде всего в устьевой части Невы.

Положительные изменения:

- потепление в Арктике увеличит продолжительность навигации по Северному морскому пути и облегчит освоение нефтегазовых месторождений на шельфе;
- сократится отопительный сезон на 2–3 дня и, соответственно, снизится расход энергии;
- северная граница земледелия сместится на север, благодаря чему вырастет площадь сельскохозяйственных угодий, особенно в Западной Сибири и на Урале;
- улучшение условий для животноводства в результате увеличения кормовой базы и сокращения периода стойлового содержания скота;
- повышение продуктивности сенокосов и пастбищ и в том числе за счет увеличения продолжительности безморозного периода;
- увеличение продуктивности земледелия, расширение возможностей для развития высокоинтенсивного сельского хозяйства западноевропейского типа в результате роста теплообеспеченности и удлинения вегетационного периода.

Бороться с нарастающими вызовами наступающего глобального потепления можно только всем международным сообществом, что потребует более тесного международного сотрудничества по проблемам изменения климата. Потребуется более широкое и точное информационное климатическое обслуживание органов управления и лиц, принимающих решения на государственном уровне. Необходимо повышение уровня грамотности населения в вопросах, связанных с климатическими изменениями, широкое освещение их средствами массовой информации.

Автор благодарен уважаемому рецензенту за ряд полезных замечаний и советов.

Список литературы

1. Воронина С.А., Порфирьев Б.Н., Семикашев В.В., Терентьев Н.Е., Елисеев Д.О., Наумова Ю.В. Последствия изменений климата для экономического роста и развития отдельных секторов экономики российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2017. № 4 (28). С. 4-17. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17.
2. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
3. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. СПб.: Кириллица, 2015. 216 с.
4. Мохов И.И., Хон В.Ч. Продолжительность навигационного периода и ее изменения для Северного морского пути: модельные оценки // Арктика: экология и экономика. 2015. № 2 (18). С. 88-95.
5. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования: Оценочный отчет / Под ред. О.А. Анисимова. М.: Greenpeace, 2009. 43 с.
6. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. М.: Д'Арт, 2011. 252 с.
7. Павлова Т.В., Катцов В.М. Площадь ледяного покрова Мирового океана в расчете с помощью моделей СМIP5 // Труды ГГО. 2013. Вып. 568. С. 7-25.
8. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
9. Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия (Эколого-экономические очерки) / Под ред. академика РАН В.В. Ивантера. М.: Анкил, 2011. 352 с.
10. Порфирьев Б.Н., Катцов В.М., Рогинко С.А. Изменения климата и международная безопасность. М.: Д'Арт, 2011. 290 с.
11. Порфирьев Б.Н., Терентьев Н.Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // Экологический вестник России. 2016. № 1. С. 44-51.
12. Российская Арктика: современная парадигма развития. СПб.: Нестор-История, 2014. 844 с.
13. Факторный анализ и прогноз грузопотоков Северного морского пути. Апатиты: КНЦ РАН, 2015. 335 с.
14. Чеснокова И.В. Оценка ущерба от криогенных процессов и проблема страхования их последствий для территории РФ // Труды Десятой Международной конференции по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Т. 5: Расширенные тезисы на русском языке. Тюмень: Печатник, 2012. 384 с.
15. Mendelsohn R., Nordhaus W.D., Shaw D. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis // Amer. Economic. Rev. 1994. Vol. 84, no. 4. P. 753-771.
16. The Economics of Climate Change: The Stern Review. 30 October 2006. <http://www.cambridge.org/9780521700801>.
17. Romanovsky V.E., Osterkamp T.E. Thawing of the active layer on the coastal plain of the Alaskan Arctic // Permafrost and Periglacial Processes. 1997. Vol. 8, no 1. P. 1-22.

18. Romanovsky V.E., Smith S.L., Christiansen H.H. Permafrost thermal state in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007–2009: a Synthesis // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2010. Vol. 21, no 2. P. 106-116.

References

1. Voronina S.A., Porfiriev B.N., Semikashev V.V., Terentiev N.E., Eliseev D.O., Naumova Y.V. Climate change impact on economic growth and specific sectors' development of the Russian Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [The Arctic: ecology and economy], 2017, vol. 28, no. 4, pp. 4-17. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17 [in Russ.].
2. Vtoroy otsenochnyy doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossiyskoy Federatsii. Moscow, Rosgidromet, 2014, 1008 p. [in Russ.].
3. Kobysheva N.V., Akent'eva E.M., Galyuk L.P. Klimaticheskie riski i adaptatsiya k izmeneniyam i izmenchivosti klimata v tekhnicheskoy sfere. Saint Petersburg, Kirillitsa publ., 2015, 216 p. [in Russ.].
4. Mokhov I.I., Khon V. Ch. The duration of the navigation period and changes for the Northern Sea Route: model estimates. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [The Arctic: ecology and economy], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 88-95 [in Russ.].
5. Osnovnye prirodnye i sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya izmeneniya klimata v rayonah rasprostraneniya mnogoletnemerzlykh porod: prognoz na osnove sinteza nablyudeny i modelirovaniya: Otsenochnyy otchet. Pod red. O.A. Anisimova. Moscow, Greenpeace, 2009, 43 p. [in Russ.].
6. Otsenka makroekonomicheskikh posledstviy izmeneniy klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g. i dal'neyshuyu perspektivu. Pod red. V.M. Kattsova, B.N. Porfir'eva. Moscow, D'Art publ., 2011, 252 p. [in Russ.].
7. Pavlova T.V., Kattsov V.M. World ocean ice cover as simulated with CMIP5 models. *Trudy GGO* [Proceedings of Voeikov Geophysical Observatory], 2013, vol. 568, pp. 7-25 [in Russ.].
8. Pegov S.A., Homyakov P.M. Modelirovanie razvitiya ekologicheskikh sistem. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1991, 224 p. [in Russ.].
9. Porfir'ev B.N. Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya. Ekologo-ekonomicheskie ocherki. Pod red. V. V. Ivantera. Moscow, Ankil publ., 2011, 352 p. [in Russ.].
10. Porfir'ev B. N., Kattsov V. M., Roginko S. A. Izmeneniya klimata i mezhduнародnaya bezopasnost'. Moscow, D'Art publ., 2011, 290 p. [in Russ.].
11. Porfiriev B.N., Terentiev N.E. Ekologo-klimaticheskie riski sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. *Ecologicheskij vestnik Rossii*, 2016, no.1, pp. 44-51. [in Russ.].
12. Rossiyskaya Arktika: sovremennaya paradigma razvitiya. Saint Petersburg, Nestor-Istoriya publ., 2014, 844 p. [in Russ.].
13. Faktorny analiz i prognoz gruzopotokov Severnogo morskogo puti. Apatity, KNTS RAN, 2015, 335 p. [in Russ.].
14. Chesnokova I.V. Otsenka ushcherba ot kriogennykh protsessov i problema strahovaniya ih posledstviy dlya territorii RF. *Trudy 10 Mezhdunarodnoy konferentsii po merzlotovedeniyu (TICOP): Resursy i riski regionov s vechnoy merzlotoy v menyayushchemsya mire. T. 5: Rasshirenyye tezisy na russkom yazyke.* Tyumen', Pechatnik, 2012, 384 p. [in Russ.].
15. Mendelsohn R., Nordhaus W. D., Shaw D. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *Amer. Economic. Rev.* 1994, vol. 84, no. 4, pp. 753-771.
16. The Economics of Climate Change: The Stern Review. 30 October 2006. Available at: <http://www.cambridge.org/9780521700801>.
17. Romanovsky V.E., Osterkamp T.E. Thawing of the active layer on the coastal plain of the Alaskan Arctic. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1997, vol. 8, no 1, pp. 1-22.
18. Romanovsky V.E., Smith S.L., Christiansen H.H. Permafrost thermal state in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007–2009: a Synthesis. *Permafrost and Periglacial Processes*, 2010, vol. 21, no 2, pp. 106-116.

Поступила в редакцию 21.06.2019 г.

Received by the editor 21.06.2019.