

## ПРОБЛЕМА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ – ПОЛЕ СБЛИЖЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И СОЦИОГУМАНИТАРНЫХ НАУК

© 2020 г. В. И. Данилов-Данильян<sup>а,\*</sup>, В. М. Катцов<sup>б,\*\*</sup>, Б. Н. Порфирьев<sup>с,\*\*\*</sup>

<sup>а</sup> Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

<sup>б</sup> Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова Росгидромета, Санкт-Петербург, Россия

<sup>с</sup> Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия

\*E-mail: vidd38@yandex.ru

\*\*E-mail: director@main.mgo.rssi.ru

\*\*\*E-mail: b\_porfiriev@mail.ru

Поступила в редакцию 30.06.2020 г.

После доработки 07.07.2020 г.

Принята к публикации 14.07.2020 г.

В статье анализируется проблема взаимосвязи естественно-научного и социогуманитарного знания и методов изучения проблемы глобальных и региональных изменений климата и их социально-экономических последствий. Авторы обосновывают точку зрения, в соответствии с которой методологическую и инструментальную основу указанного взаимодействия составляют теория риска и моделирование, а ключевыми результатами становятся комплексная оценка и прогноз климатических рисков социально-экономического развития, лежащие в основе разработки эффективных стратегий устойчивого развития на долгосрочную перспективу. Отмечается контрпродуктивность прямолинейного подхода к решению климатической проблемы, когда в качестве главной цели устойчивого развития рассматривается сокращение выбросов парниковых газов. Подчеркивается необходимость и эффективность системного подхода, предусматривающего приоритет институциональных, структурных и технологических преобразований в обществе и экономике, важным результатом которых должны стать снижение антропогенного воздействия на окружающую среду, включая факторы формирования климата, и адаптация к климатическим изменениям.

*Ключевые слова:* изменения климата, риски, социально-экономическое развитие, естественные науки, социогуманитарные науки, конвергенция, методология.

DOI: 10.31857/S0869587320100035

Изменение глобального климата, как и всякое явление грандиозного масштаба, затрагивающее интересы огромного числа людей, выдвигает перед исследователями новые проблемы, заставляет изменять подход ко многим прежним

задачам, пересматривать традиционные представления и оценки. Это относится едва ли не ко всем областям человеческой деятельности, но особенно к политике, управлению экономикой и науке.



ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН Виктор Иванович – член-корреспондент РАН, научный руководитель ИВП РАН. КАТЦОВ Владимир Михайлович – доктор физико-математических наук, директор ГГО им. А.И. Воейкова. ПОРФИРЬЕВ Борис Николаевич – академик РАН, научный руководитель ИНП РАН.

Методологические проблемы последней, определившиеся в связи с изменением глобального климата, — предмет настоящей статьи. Внимание будет сосредоточено на двух аспектах, наиболее ярко раскрывающих взаимосвязи и противоречия в рассматриваемой сфере: во-первых, внутри самой науки, имея в виду сходство и различия между подходами естественных и социогуманитарных дисциплин, во-вторых, между функциями науки как генератора инициативных идей, питающих политику, администрирование и бизнес, а также (по их заказу) как разработчика методов и средств решения выдвигаемых ими задач.

Как представляется, основные вопросы, которые интересуют общество, политиков, чиновников, предпринимателей в связи с изменениями глобального климата, сводятся к следующему: каких изменений климата можно ожидать в обозримом и отдалённом (до конца столетия и за его пределами) будущем и насколько опасны последствия (экономические, социальные, экологические) этих изменений? насколько значителен вклад антропогенного фактора в изменение глобального климата? и в связи с этим, можно ли повлиять на изменения климата, уменьшить, замедлить их, а также оценить затраты, которые для этого потребуются? какие шаги необходимо предпринять с целью адаптации к изменениям климата и во что эти действия обойдутся обществу?

Сегодня климатология с определённой отечает только на вопрос о вкладе антропогенного фактора, подчёркивая его значимость. Однако многие политики, предприниматели, даже учёные (почти всегда не профессиональные климатологи), а вслед за ними журналисты и в этом вопросе зачастую настаивают на отсутствии определённости. В духе “поиска компромисса” они предлагают не разбираться, почему климат меняется, но просто заниматься адаптацией, а по ходу дела причины этого процесса прояснятся. Такая стратегия не принимает во внимание конкретные условия, в которых предлагается “заниматься адаптацией”. Между тем планирование адаптации требует ясного представления о перспективах изменений климата, а значит, и об их причинах. Без знания и понимания этих причин прогноз изменений климата невозможен, и заблаговременные меры адаптации вряд ли окажутся эффективными [1–3].

Таким образом, эффективность адаптации определяется ответами на оставшиеся вопросы, которые (ответы) могут быть только вариантами. Бессмысленно пытаться отвечать на каждый из них с математической точностью (используя детерминистские числа) — речь может идти только об интервалах и вероятности попадания в эти

интервалы. Остаётся неясным, насколько широк разброс вариантов. Если он приемлем, политики, чиновники и предприниматели найдут рациональную стратегию. Но сегодня с позиций обычной теории принятия решений интервалы слишком широки, разброс вариантов чрезвычайно велик.

Выдающийся российский климатолог М.И. Будыко в статье о глобальном потеплении в конце 1990-х — начале 2000-х годов писал: “То или другое решение вопроса об оптимальной стратегии хозяйственной деятельности в условиях глобального потепления может иметь очень большие экономические, социальные и политические последствия. Легко понять, что дать *обоснованный ответ* на этот вопрос без достоверных данных о климатических условиях будущего практически невозможно. Тем не менее попытки найти оптимальную стратегию при отсутствии надёжных материалов о климате будущего сейчас делают довольно часто” [4]. Эти слова в полной мере справедливы и в настоящее время (с той оговоркой, что словосочетание “оптимальная стратегия” в обоих случаях следует взять в кавычки — и применительно к концу 1990-х годов, и к сегодняшнему дню). Но если на поставленные выше вопросы об изменениях климата в обозримом и отдалённом (до конца столетия) будущем и опасности их последствий, о влиянии на эти изменения и цене этого влияния современная наука не может дать ответы, вполне удовлетворяющие практиков, то закономерно ожидать от неё хотя бы обоснованных рекомендаций: что нужно делать?

Климатология, как и другие естественные науки, опираясь на законы, открытые в физике и других дисциплинах, строит модели, которые предназначены не только для оценки и понимания причин происходящего, но и, аккумулируя наши представления об объекте (климатической системе), для прогнозов развития интересующих нас процессов. За последние четыре десятилетия эти модели, точнее — системы моделей, стали чрезвычайно сложными, особенно с точки зрения их интерпретации, что усилило необходимость тесного взаимодействия естественно-научного и социогуманитарного знания. Для лучшего понимания особенностей этого взаимодействия полезен короткий философский и исторический экскурс.

## НАУКА В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКУЮ ЭПОХУ

Академик В.С. Стёпин предлагал выделять три этапа развития науки [5]. Первый этап — классическая наука, когда были простые субъект-объектные отношения между исследователем и объектом. Объект исследования был как бы един, одинаков

для всех исследователей, которые его изучали, — будь то движение планет, земное притяжение, распространение звука и т.п. Господствовали детерминизм, аксиоматический метод, характерное для научного подхода желание выстроить всё очень строго, логично, не допуская никаких субъективных моментов, что было вполне осуществимо в отношении сравнительно узкого круга исследованных тогда объектов. При этом полагалось, что объект от субъекта никак не зависит.

Второй этап — неклассический, когда, во-первых, пришло признание возможности разных субъект-объектных отношений: исследователь в силу самых разнообразных причин занимает по отношению к объекту (казалось бы, тому же самому) свою собственную позицию, отличную от своих коллег. Объективных критериев для выбора одной точки зрения и отбраковки остальных найти не удаётся, сохраняется сосуществование несходных, подчас несовместимых (по крайней мере в течение какого-то времени) подходов, и благодаря этому возникает некая многомерность восприятия объекта. Во-вторых, объект может зависеть от исследователя. Ярче всего это проявилось в принципе дополнительности Бора, согласно которому те инструментальные средства, которые применяет физик, так сильно воздействуют на объекты микромира, что отвлечься от этого воздействия, пренебрегать им нельзя.

Третий этап развития науки, который В.С. Стёпин назвал постнеклассическим, наступил в 1970-е годы. Для него характерны обе особенности неклассического этапа, но добавилось ещё многое другое. Резко возросли мощность и доступность компьютеров, началось их массовое использование в научных исследованиях. Как естественные, так и социогуманитарные науки перешли к анализу систем настолько сложных, что за два десятилетия до того их детальное изучение представлялось невозможным. Незыблемые для предыдущих этапов каноны научного исследования в постнеклассической науке оказались ненужными, мешающими работе стеснениями. Бессмысленно говорить о полных системах аксиом при изучении климатической или любой крупной экономической системы. Для работы с каждой большой системой оказалось необходимым привлекать экспертов разных, часто очень далеких друг от друга специальностей. Междисциплинарность стала паролем для входа в постнеклассическую науку.

Для последних 50–60 лет характерно сближение методов, которыми пользуются социогуманитарные и естественные науки. Это связано с разными причинами и проявляется по-разному. Прежде всего обращает на себя внимание широкое применение метода моделирования, который

занимает доминирующее положение в естественных науках (это ярко проявляется и в климатологии). Однако и общественные науки теперь не обходятся без моделей. Системы, которые и те и другие науки пытаются изучать с помощью моделирования с использованием компьютеров, — это очень сложные системы, функционирующие в условиях неопределённости, эволюционирующие, самоорганизующиеся, переживающие кризисы и катастрофы, проявляющие синергизм, претерпевающие бифуркации (все эти слова — излюбленные в постнеклассическом лексиконе).

Важно подчеркнуть, что переход к третьей фазе развития науки происходит в социогуманитарных и естественных дисциплинах *синхронно*. Поэтому вопросы о сути естественно-научных подходов и методов исследования, их отличии от применяемых в социогуманитарных науках, сегодня, как представляется, звучат совсем не так, как полвека назад. Теперь пропасть между ними заполнена моделями: это не мост, с которого можно сорваться, а ликвидация самой пропасти, которой больше не существует. Конечно, и в естественных, и в социогуманитарных науках всегда работали по схеме, предполагавшей наблюдение, накопление данных, их систематизацию, выдвижение гипотезы, сбор дополнительных данных для её проверки и т.д. Общим для всех наук было стремление к точности, строгости как методов, так и результатов. Но представления о строгости и точности, их достижимости и, конечно, применяемые методы оставались разными. Теперь в социогуманитарных науках уже не обойтись без компьютерных баз данных, моделирования и пр. Облик естественных наук тоже радикально изменился с переходом к изучению сверхсложных систем: стремление к абсолютному знанию стало неотделимо от понимания его недостижимости, гносеологический релятивизм повлиял на восприятие строгости и точности и изменил их критерии в сторону сближения с социогуманитарными дисциплинами. Это сближение, может быть, — самая характерная черта современного этапа развития науки в целом.

Если бы 60 лет назад объявили, что будут разработаны существенно различающиеся модели климатической системы и профессиональное научное сообщество будет формировать из них ансамбли моделей и рассчитывать усреднённые по этому ансамблю результирующие характеристики, а затем представлять их общественному вниманию в качестве прогноза от имени науки климатологии, это, скорее всего, вызвало бы возмущение среди учёных. Сейчас практически все профессиональные климатологи понимают, что невозможно иначе.

## КЛИМАТОЛОГИЯ В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКУЮ ЭПОХУ

Принципиальная особенность естественно-научных подходов — их опора на законы физики, что позволяет, вводя существующие представления о климатической системе в физико-математические модели, делать с их помощью прогнозы. Этот подход кардинально отличается, например, от экстраполяции данных наблюдений в будущее, который в современной климатологии может играть лишь крайне ограниченную роль. Модели, основанные на понимании физических и других процессов, проверяются различными способами, в том числе весьма сложными [6], совершенствуются и вновь проверяются. Когда после многочисленных модельных экспериментов мы убеждаемся в том, что с помощью моделей получены заслуживающие доверия результаты, они применяются в прогнозе, который может быть использован не только собственно в климатологии, но и в других науках — экономических, политических и т.д.

В свою очередь социальные или экономические проблемы или вызовы могут становиться предпосылкой для естественно-научных исследований. Так, в 1979 г. администрация США обратилась к Национальной академии наук с запросом об оценке чувствительности климата к концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Академия организовала группу экспертов под председательством авторитетного учёного Дж. Чарни [7], в которую входили наиболее уважаемые специалисты, не участвовавшие в дебатах вокруг этой проблемы. Группа Чарни сравнила результаты расчётов с двумя независимыми (как в отношении физического содержания, так и математической реализации) 3-мерными сложными глобальными климатическими моделями, разработанными С. Манабэ с коллегами из Принстонской лаборатории геофизической гидродинамики и Д. Хансеном из НАСА. Группа обнаружила различия в деталях полученных результатов, но констатировала фундаментальное согласие их в главном: климат теплеет при росте концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

Модель Манабэ показала, что при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере произойдёт потепление приблизительно на  $2^\circ\text{C}$ , модель Хансена — на  $4^\circ\text{C}$ . Основываясь на этих оценках, чувствительность глобального климата к удвоению  $\text{CO}_2$  (идеализированную, так называемую равновесную чувствительность) группа Чарни оценила как  $1.5\text{--}4.5^\circ\text{C}$ , с наиболее вероятным значением  $3^\circ\text{C}$ . Чарни признался тогда, что группа “постаралась, но не смогла найти какой-либо упущенный или недооценённый физический эффект” [8]. В течение последующих десятилетий, когда появились новые сложные модели, улуч-

шилось их пространственное разрешение и повысилась реалистичность, эта оценка, если и корректировалась, то не радикально. К настоящему времени диапазон неопределённости остаётся очень значительным и даже увеличился [9]. Однако до сих пор нет ни одной модели из известных — а их в мире насчитывается уже много десятков, — демонстрирующей что-то другое, нежели глобальное потепление в ответ на рост содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. И это отчётливо прослеживается в эволюции формулировок заключений, которые регулярно делает Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) по поводу глобального потепления на протяжении почти трёх десятилетий своего существования: каждая последующая оценка происходящего с климатом категоричнее предыдущей [10].

Таким образом, на вопрос, поставленный обществом (или от имени общества), ответ был дан представителями естественно-научного знания и корректировался на каждом этапе исследований — с наивысшей определённой, доступной на тот момент науке о климате. Этот ответ породил множество других вопросов к естественным наукам, в том числе касающихся количественного описания пространственно-временных аспектов глобального изменения климата в будущем. Их знание позволило бы перейти к эффективным практическим действиям — уже с привлечением арсенала социогуманитарных наук.

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКО-КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Проблема сверхдолгосрочного прогноза в экономике впервые была поставлена в докладе Римскому клубу “Пределы роста”, выполненном под руководством Денниса и Донеллы Медоузов [11]. Для ответа на вопрос о том, выдержит ли биосфера продолжение экономического роста, использовалась простая математическая модель (системной динамики по Дж. Форрестеру [12]) с небольшим количеством переменных, формально похожая на классические физические и механические модели. Однако в отличие от физики и механики, модели которых строились на теоретически и/или экспериментально обоснованных положениях, в “Пределах роста” исходные предпосылки выглядели достаточно произвольными. В частности, не учитывался научно-технический прогресс, а попытки встроить в модель соответствующие показатели сразу выявили слишком высокую неопределённость результатов. Тем не менее доклад имел беспрецедентный успех и оказал большое влияние на дальнейшие работы по сверхдолгосрочному прогнозированию.

В “Пределах роста” мировая экономика рассматривалась как некое синкретическое образование. Это затрудняло анализ её развития как системы, части которой взаимодействуют и развиваются по-разному, и, соответственно, дезагрегирование прогнозных показателей. Попытка представить в модели мир разделённым на группы стран стала задачей следующего доклада Римскому клубу – “Человечество на перепутье” [13], авторами которого были М. Месарович и Э. Пестель. Несмотря на серьёзные научные недостатки этой работы [14], само стремление перейти от примитивных макромоделей к моделям системно организованным, состоящим из значительного количества относительно независимых, но взаимодействующих блоков, было поддержано и заинтересовало не только тех, кто занимался глобальной экологией, взаимовлиянием биосферы и цивилизации, сверхдолгосрочными прогнозами экономической динамики, но и многих исследователей, применявших модели для решения задач других предметных областей. Именно доклад “Человечество на перепутье” положил начало длинному ряду сложных систем моделей, составленных из разных блоков. Между ними имеются прямые и обратные связи, причём приёмы моделирования в разных блоках не одни и те же, хотя есть и группы схожих блоков, которые различаются только параметрами и другими относительно техническими деталями. В этом ряду и многие другие модельные конструкции в естественных науках.

Такие системы моделей чрезвычайно сложны и строгому аналитическому исследованию не поддаются, редко удаётся достаточно достоверно оценить их чувствительность, устойчивость и т.д. В связи с этим их используют, скорее, как своего рода собеседника, который что-то подсказывает, что-то показывает, что-то иллюстрирует, что-то отвергает, но в конечном счёте сам не знает ответа на тот вопрос, который ему задают. Востребуемая, “практичная” модель должна упрощать реальную действительность, сохраняя в её описании лишь то, что необходимо для цели исследования, – в противном случае с помощью модели не удастся узнать ничего нового, не говоря уже о возможности её применения в хозяйственной или иной сфере жизни.

Для прогнозирования экономических и социальных последствий изменений глобального климата, оценки мер по замедлению и смягчению этих изменений необходима трансляция результатов климатологических исследований в социогуманитарную область знаний, их использование специалистами-обществоведами. Такая трансляция сталкивается с принципиальной трудностью – *разницей во временных масштабах*. Если временной горизонт климатологических моделей исчисляется несколькими десятками, а зачастую и сот-

нями лет, то экономические модели за пределами 20–25-летнего горизонта перестают быть экономическими, потому что весь инструментарий, прежде всего финансовый, в силу разных причин теряет смысл. Главная причина – радикальная перестройка структуры цен, которая происходит в современном мире не реже одного раза в 25 лет.

Конечно, стоимостные категории и показатели можно попытаться заменить натуральными, например, энергетическими (что иногда и делается), отвлекаясь от стоимости энергии, занимаясь только возможностями её получения в будущем с помощью как старых, так и новых источников, пытаясь угадать их возможную мощность, ограничения на их использование и т.д. Но всё это будет далеко от собственно экономической науки (в обеих её современных ипостасях – “экономика” и “политическая экономия”) как составляющей Социогуманитарного знания. Поэтому эффективность трансляции результатов климатологических исследований в социогуманитарную область в существенной мере зависит от решения отмеченной выше проблемы разницы во временных масштабах прогнозирования. Один из главных инструментов такого решения и одновременно интерфейс между естественно-научной и социогуманитарной сферами знаний, обеспечивающий их конвергенцию в целях комплексной оценки климатических рисков, – *системное моделирование* (при всех его недостатках).

Помимо разницы во временных масштабах, ещё одна принципиальная трудность трансляции результатов климатологических исследований в социогуманитарное знание и их использования обществоведами связана с территориальной, или пространственной, проблемой. Если нас интересует, например, развитие хозяйства в Европейской части России, то не менее важно, чем о будущих изменениях температуры, знать и о режиме и прогнозе осадков, о состоянии гидросферы на этой территории. Будет ли воды в Волге больше или меньше, сохранится ли на современном уровне или будет сокращаться и дальше водность Дона (за последние 25 лет она сократилась на треть)? Попытка найти ответы на эти вопросы неизбежно приводит к анализу и оценке пространственных (региональных и даже локальных) особенностей, которые необходимо учесть и отразить в системах климатических моделей [15] вплоть до глобальных. Отсюда почти лавинообразный рост исходной информации, проблемы с устойчивостью и чувствительностью систем моделей, трудности с интерпретацией результатов моделирования. Это в равной степени относится и к естественно-научным моделям, прежде всего климатологическим, и, конечно же, к экономическим моделям, что приводит к мысли о том, что постнеклассическая наука имеет больше сходства

с искусством, нежели неклассическая и тем более классическая.

Прогнозирование изменений климата и их экономических и социальных результатов, анализ возможных последствий рассматриваемых в этой связи мер задают *совершенно иной*, чем все ранее выполненные прогностические исследования, не только количественный, но прежде всего качественный *горизонт видения*.

Климатические прогнозы, выявляя и оценивая риски и флуктуации в системе, показывают, по сути, некий коридор возможностей, по которому можно двигаться дальше и который необходимо иметь в виду при определении целей и основных направлений социально-экономического развития страны, горизонт стратегического планирования которого в 2–3 раза уступает горизонту климатического прогноза. Последний, таким образом, выполняет функцию стратегического прогноза (в терминах Федерального закона “О стратегическом планировании”) [16], *задавая пространство для целеполагания социально экономического прогноза*. Именно этой логике в своё время в СССР соответствовал принцип скользящего планирования.

В свою очередь социогуманитарные дисциплины могут предъявлять запрос на климатологические исследования, потому что в конечном счёте изменения климата воспринимаются и оцениваются социумом не столько как природный феномен, сколько как источник опасностей и возможностей развития самого социума. Общество должно находить способы, стратегии, механизмы, снижающие техногенные риски климатических трансформаций, включая сокращение выбросов парниковых газов и воздействия на биоту, а также смягчения последствий природных процессов для здоровья человека, его хозяйственной деятельности, в целом для качества жизни и устойчивости развития. То есть речь идёт о мерах адаптации к переменам в окружающей среде.

#### ОБ ОБЩЕСТВЕННОМ ВОСПРИЯТИИ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ

Принятию решений, вытекающих из экономико-климатологического анализа проблемы изменений глобального климата (в определённой мере они отмечены уже в Рамочной конвенции ООН об изменении климата – РКИК) [17], на всех уровнях – мировом, национальном, муниципальном, а также предпринимательским сообществом – препятствуют прежде всего разнообразные экономические интересы. Такая ситуация возникает всякий раз, когда дело касается долгосрочных решений: если они принимаются, то, как правило, в конфликте с текущими, краткосрочными экономическими интересами различ-

ных социальных групп, иногда – почти всего населения.

Проблема изменений климата не стала исключением и в другом отношении. В современном “обществе спектакля” (по Ги Дебору [18]) любая серьёзная, масштабная, тем более глобальная идея неизбежно политизируется, мифологизируется, опошляется, становится источником несправедного дохода для тех, кто умеет абсолютно из всего извлекать для себя выгоду. Представлениями в этом обществе спектакля, естественно, руководят продюсеры с большими финансовыми возможностями. Именно они, если вытекающие из климатологических исследований выводы противоречат их интересам, стараются перевернуть в общественном сознании с ног на голову климатическую проблему, квалифицируя всю климатозащитную деятельность как религиозную с атрибутами миссионерского поведения. Конечно, ни в какой степени это не может быть отнесено к работе учёных, деятельности МГЭИК, хотя справедливости ради отметим, что “перформансы”, организованные другими продюсерами, дают реальный повод для подобных трактовок.

От представителей корпоративного сектора, в том числе крупнейших компаний, на российских и международных форумах можно услышать, что в долгосрочном планировании используются все возможные сценарии ожидаемых будущих изменений климата, поэтому они готовы и к похолоданию, и к потеплению. Такое отношение к делу может быть следствием игнорирования проблемы в духе установки маркизы де Помпадур “после нас хоть потоп” (проблема-то ведь сверхдолгосрочная), либо непонимания истинного масштаба и сложности проблемы, либо признанием бессилия. Как бы то ни было с экономической точки зрения – это иррациональный подход: к любому исходу может быть готов только тот, кто обладает неограниченными возможностями. Нереально и не нужно готовиться ко всем мыслимым сценариям изменений климата, вполне приемлемо ограничиться предположением о приросте среднеглобальной приземной температуры на протяжении века и исходя из этого стремиться, чтобы прирост был ближе к нижней, а не верхней границе заданного интервала, и готовить стратегии адаптационных мер к различным вариантам региональных проявлений (прежде всего в виде ожидаемых изменений диапазона изменчивости климата для данной территории) и последствий изменения климата.

Конечно, во всём этом проявляется недоверие к климатологии, ведь она (тем более вкупе с экономической наукой) даёт меньше, чем от неё хотели бы получить. Ситуацию усугубляют вышеупомянутые “перформансы”, устраиваемые вокруг неё противниками, невеждами или лишёнными элементарного чувства меры и этики поведения “доброжелателями”. Ответ на важнейший вопрос, *как воспринимаются результаты*

климатологических исследований, насколько правильно они интерпретируются, выявляет многочисленные примеры полной неграмотности, прежде всего в СМИ, тиражи которых на несколько порядков превышают тиражи даже научно-популярной (не говоря уже о научной) литературы. Стоит температуре в каком-либо месте земной поверхности за сутки опуститься на 20°C (вполне ординарное явление), как обязательно найдётся теле- или радиокомментатор, который скажет: “О каком потеплении речь!? Ясно, что грядёт ледниковый период!”. Как тут не вспомнить слова А.И. Воейкова: “Почти каждый год случается, что необыкновенно высокая или низкая температура обращает на себя всеобщее внимание и ведёт к длинным рассуждениям о том, что самые старые люди не помнят подобной погоды. Для объяснения этих аномалий прибегают к весьма разнообразным причинам... Обыкновенно не дают себе труда узнать, везде ли на земном шаре в это время та же самая погода” [19].

В связи с этим обращают на себя внимание многочисленные публикации в СМИ и даже в солидных научных журналах в связи с пандемией коронавируса, в которых отмечается осязаемое положительное влияние режима ограничений на объём и динамику выбросов, в том числе парниковых газов. Особое внимание фокусируется на дате 7 апреля 2020 г. — именно в этот день наибольшее число людей в мире оказалось под карантином и наблюдалось самое существенное снижение выбросов парниковых газов, которые в этот день упали на 17% по сравнению с аналогичной датой предыдущего года (в отдельных странах уровень снижения достигал 26%) [20]. Авторы таких публикаций подчёркивают необходимость использования этого “окна возможностей” для дальнейшего сокращения эмиссии в целях стабилизации климата. При этом игнорируется или отсутствует естественно-научное понимание феномена климатических изменений, который связан прежде всего с накопленным в атмосфере объёмом парниковых газов, а также неизбежность возврата на круги своя по окончании карантина. Действительно, уже менее чем через два месяца произошёл отскок от вышеупомянутого 17%-го снижения мировых суточных выбросов CO<sub>2</sub>, и к 11 июня 2020 г. разрыв с 2019 г. сократился до 4.7%<sup>1</sup>. Аналогичный феномен, правда в меньших масштабах, имел место и в период мирового финансового кризиса двенадцатилетней давности, когда в 2009 г. вслед за падением темпов мирового

ВВП на 2% объём выбросов парниковых газов сократился на 1%, но уже в 2010 г. вырос на 6%, а в период 2010–2016 гг. в ходе энергичного подъёма экономики — на 12%. Более того, по данным обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях, в последние дни мая 2020 г. была зарегистрирована концентрация CO<sub>2</sub> 417 млн<sup>-1</sup> — рекорд за миллионы лет и заметно выше уровня 415 млн<sup>-1</sup> годом ранее [22].

В связи с этим представляется, что оптимизм по поводу значительного снижения эмиссии парниковых газов из-за пандемического карантина, с одной стороны, — следствие непонимания того, что пандемия не то что радикально, а вообще не повлияла на ситуацию с глобальным изменением климата; иными словами, дело в незнании азов климатологии. С другой стороны, призывы незамедлительно (максимум в течение полугода) начать радикальную перестройку энергетики России и в ближайшее десятилетиекратно снизить в ней долю углеводородов (включая газ), придержать рост доли АЭС и на порядок увеличить вклад возобновляемых источников энергии — суть игнорирование или непонимание реальной экономической ситуации в стране и законов экономики.

Тем актуальнее процесс сближения естественно-научных и социогуманитарных подходов к исследованию и поиску решений проблемы глобальных изменений климата и их социально-экономических последствий, который реально происходит, причём довольно быстрыми темпами, но сильно неравномерно, с заметными трудностями и противоречиями. Даже представители других естественно-научных дисциплин не всегда солидарны с оценками и выводами климатологов. Взаимопонимание и доверие имеют место среди тех, кто занимается постнеклассическими конструкциями, работает в междисциплинарных проектах и т.п. Но между теми, кто в своих областях, следуя лучшим традициям, изучает классические проблемы, и “постнеклассиками” зачастую случается и взаимонепонимание, и недоверие. Не раз приходилось слышать, например, от геологов, что антропогенное воздействие на климат не может быть значительным, так как природные силы (вулканизм, землетрясения и пр.) многократно превосходят возможности современного человека. В кабинетах этих учёных, нередко выдающихся специалистов, висит портрет В.И. Вернадского, который почти век назад писал: “Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой” [23, с. 241]. С тех пор эта мощь многократно возросла. Однако противоречие не смущает, не эксплицируется и, возможно, даже не замечается.

В то же время значительная часть общественников и гуманитариев пока не готова к грамотной интерпретации данных климатологов, экологов, географов. Даже в солидных научных журналах со-

<sup>1</sup> Для сравнения: в России в апреле 2020 г. объём суточных выбросов по сравнению с апрелем 2019 г. был ниже на 1.12 млн т CO<sub>2</sub>, к 11 июня 2020 г. он сократился до 200 тыс. т; в США эти показатели составили, соответственно — 4.5 млн т и 1.1 млн. В Европе (ЕС + Великобритания) — 2.5 млн т и 758 тыс. т. [21]. Это означает сокращение разрывов, соответственно, в 5.6, 4.1 и 3.3 раза.

циогуманитарного профиля нередко встречается недопонимание значимости того, что делается сегодня в естественно-научной сфере, в частности в области климатологии. Между представителями разных научных сообществ сохраняются и психологические барьеры, устранить которые возможно посредством диалога, но тут необходимо взаимное доверие, которое, как известно, легко потерять, но трудно завоевать и тем более восстановить. Не менее важен уровень доверия власти и бизнеса к научному сообществу, а также в целом общества к бизнесу и власти и наоборот. Этот вопрос сложен и остро стоит на повестке дня не только в нашей стране, но практически в любом государстве мира.

Применительно к проблеме изменения климата и его последствий, в целом к климатической тематике интерпретация научной информации приобретает особую сложность. Практически все люди пользуются сводками о прогнозе погоды, публикуемые многочисленными СМИ. Отношение к качеству этих прогнозов разное, но восприятие рядовыми потребителями содержащихся в них данных как информации не просто о погоде, а и о климате практически единодушное. Очень мало кто знает, тем более понимает, что данные метеопрогноза не тождественны климатическим характеристикам, что последние представляют собой усреднённые за достаточно длительный период, обычно не менее 30 лет, данные наблюдений, в том числе содержащиеся в метеосводках. Заметим, что речь идёт о сравнительно простых вещах – восприятию и пониманию первичной информации наблюдений. Что уж говорить об интерпретации результатов моделирования, понимание которых на уровне, необходимом пользователю (экономисту, социологу, психологу и т.д.), требует с его стороны больших усилий, погружения в тему. Нужна добрая воля с обеих сторон: со стороны тех, кто строит модели, и тех, кто должен использовать их результаты в своей предметной и/или практической области.

### О РЕШЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Всякое негативное внешнее воздействие на систему, едва удерживающуюся в границах устойчивости, ставит её в ещё более трудное положение, ухудшает сложившуюся ситуацию, обостряет деструктивные процессы. Угрозы, обусловленные изменениями глобального климата, резко выявляют недостатки существующей цивилизации, подчёркивают и усиливают тот негатив, который имеет место и в условиях стационарного климата. Это демонстрирует и пандемия COVID-19, воздействие которой на мировое сообщество и экономику усугубило и одновременно ярко проявило недостатки разных социальных систем.

Как ни выстраивай иерархию глобальных угроз, приходится признать: то, что плохо, при климатических изменениях становится только хуже.

В докладе Всемирного экономического форума 2020 г. о глобальных рисках развития предстоящего десятилетия [24] провалы в сфере климатической политики, а также экстремальные погодные (!) явления и природные бедствия выдвинуты на первые места – выше последствий конфликтов и войн с применением оружия массового поражения, причём не только в терминах вероятности (что объяснимо), но и масштабов и степени опасности воздействия на общество и экономику, а это поддаётся пониманию уже с трудом.

Своего рода затенённость, растворённость проблемы глобальных изменений климата в ряду угроз устойчивому развитию, международной и национальной безопасности обусловлена отдалённостью многих её последствий во времени и дальностью временного горизонта климатических прогнозов. Создаётся иллюзия возможности отсрочки решений по мерам снижения будущего ущерба – характерная, на наш взгляд, особенность климатического риска по сравнению с той же пандемией, потребовавшей немедленного реагирования, задержка которого привела в целом ряде стран к большим социальным потерям и значительному экономическому ущербу.

Другая особенность климатического риска – его восприятие как реального, значительного и глобального не в чистом виде, а через реализацию других опасных явлений и процессов, в первую очередь экстремальных погодных ситуаций, а также эпидемий и пандемий. Когда случается волна жары или холода, бесснежная или, напротив, снежная зима, сильная засуха или, наоборот, сплошные ливни и т.д., часто говорят о климате, хотя на самом деле не совсем о нём идёт речь. Изменения климата, действительно, складываются в том числе из подобных погодных явлений, но даже их сумма (не говоря о других важнейших факторах формирования климата) ему не тождественна.

Специфические черты климатических изменений, их восприятия и оценки, включая их роль одновременно как усилителя и индикатора уязвимости социально-экономических систем, сочетание опосредованного и отложенного во времени кумулятивного эффекта их воздействия на социум с внезапным разрушительным эффектом чрезвычайных ситуаций гидрометеорологического (климатического) характера, позволяют сформулировать подход к обоснованию эффективной стратегии устойчивого развития с учётом фактора климатических изменений. До недавних пор на международном и национальном уровне безраздельно доминировало – и до сих пор сохраняет

сильные позиции — стремление найти и обосновать простое, универсальное для всех стран решение климатической проблемы. А ведь и РКИК, и Парижское соглашение по климату прямо предусматривают принцип дифференциации как ответственности за негативные, обусловленные деятельностью человека изменения климата, так и политики, направленной на смягчение этих изменений и их последствий.

Как отмечал ещё в конце 1990-х годов академик М.И. Будыко, такое стремление исходит из предположения, что “при неизвестных особенностях изменения климата эпохи глобального потепления эти изменения могут привести к катастрофическим последствиям, которых желательно избежать. Единственный эффективный метод достижения этой цели состоит якобы в сокращении выбросов парниковых газов, в особенности углекислого газа, который оказывает наибольшее влияние на глобальное потепление” [4]. Почти 30-летний опыт реализации РКИК доказал, что такой подход, недооценивающий социально-экономическую специфику стран мира, в том числе России, а также значимость адаптации как эффективного механизма снижения климатических рисков, не только не является панацеей, но зачастую ведёт в тупик.

Сказанное никоим образом не означает недооценку проблемы изменения климата и его последствий, которая с полным на то основанием включена в сформулированные ООН цели устойчивого развития. Речь о другом, а именно о выборе эффективной стратегии действий для решения этой проблемы. Для нас очевидна контрпродуктивность подхода, предполагающего непревышение глобальной температуры какого-либо априори заданного значения как *стратегической цели*, для реализации которой — методами ретрополяции [25] или обратной индукции [26] — разрабатываются альтернативные сценарии социально-экономического развития. Этот подход уместен и продуктивен для социально-экономического планирования с горизонтом от трёх (краткосрочное планирование) до 15–20 лет (долгосрочное планирование). Применительно же к проблеме изменения климата и его последствий он в лучшем случае неэффективен, однако на нём на протяжении долгих лет продолжают настаивать многие политики и эксперты за рубежом и в России, в частности, ревностные сторонники стратегии низкоуглеродного развития в её агрессивном варианте [27, 28]. Для снижения климатических рисков развития лица, принимающие стратегические решения, должны: *в области целеполагания* — исходить из приоритета социально-экономических целей устойчивого развития по отношению к климатическим (см. далее); *в области планирования действий для достижения целей* — предусматривать последовательную (пусть и динамич-

ную!) модернизацию структуры, производственно-технологической базы экономики, а также изменение (экологизацию) существующей модели общественного поведения, опираясь в указанном планировании на методы прямой индукции [26, 29].

Эффективное решение проблемы изменения климата и его последствий может быть только *опосредованным*, реализуемым в рамках более общей парадигмы устойчивого социально-экономического развития. Такой подход — отнюдь не новость: это ядро известной концепции *mainstreaming* — встраивания решения климатических проблем в политику социально-экономического развития, которая на протяжении ряда лет декларируется в официальных документах в области климата на международном и национальном уровнях (см., например [30]). Однако на практике, за редким исключением, данная декларация подменяется обратным действием — регулярными и небезуспешными попытками встраивания социально-экономической политики в решение климатических проблем. При этом упускается из виду принципиальное обстоятельство: неустойчивая система, которая не обеспечивает воспроизводства природной среды, популяционного здоровья человека, механизмов социальной стабилизации, даже при отсутствии техногенных выбросов парниковых газов не способна сдерживать заложенных в ней сил саморазрушения и деградирует.

Климат — это прежде всего необходимое условие и фактор жизнедеятельности человека, его развития, качества жизни, именно так он воспринимается социумом. Нравится это или нет, такой подход не свободен от антропоцентризма, но антропоцентризм здорового, не предполагающего благоденствия человека за счёт всей остальной биосферы, но лишь *внутри неё и вместе с ней*. Исходя из этого эффективная стратегия устойчивого развития должна предусматривать:

во-первых, *повышение качества управления социально-экономическим развитием*, в более широком плане — качества цивилизации в целом; это позволит обеспечить разумный баланс между динамикой экономического роста — главным источником доходов, и устойчивостью социально-экономической системы — императивом её долгосрочного существования;

во-вторых, имея в виду непосредственно факторы формирования климата, *осуществление эффективной экологической политики*, направленной на смягчение остроты и сокращение масштабов экологических проблем, прежде всего загрязнения воздуха (опасными для здоровья человека токсикантами), а также на поддержание качества природных экосистем, лесных и водноболотных угодий, которые (вместе с океаниче-

скими системами) вносят определяющий вклад в уменьшение нагрузки на атмосферу, поглощая часть углерода из атмосферы и удерживая его;

в-третьих, *обеспечение приоритета социально-экономических целей устойчивого развития* (преодоление нищеты и сокращение бедности, ликвидация голода и укрепление продовольственной безопасности, улучшение здоровья людей, обеспечение динамичного, охватывающего всё трудоспособное население экономического роста, которые поставлены ООН в перечне целей устойчивого развития до 2030 г. выше климатической проблемы) в противовес новейшей тенденции в политике ряда государств, в первую очередь стран – членов ЕС выдвинуть проблему климатических изменений на первое место в перечне угроз и рисков устойчивому развитию. Это полностью согласуется с приоритетами средне- и долгосрочного (пяти- и десятилетнего периода соответственно) развития России, определёнными в Указе Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 “О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года” и развивающем его указе от 21.07.2020 г. “О национальных целях развития России до 2030 года”.

Неслучайно текущие темпы сокращения выбросов парниковых газов не удовлетворяют требованиям Парижского соглашения по непревышению до конца текущего столетия порога потепления 2°C по сравнению с доиндустриальной эпохой. Так, скорее всего, будет и впредь, если климатическая проблема, с одной стороны, продолжит доминировать в приоритетах глобального развития, а с другой – при её решении по-прежнему будет преобладать политика ускоренного снижения выбросов парниковых газов, в том числе и по объёму затрат, которые в разы (а то и на порядок) превосходят расходы на упреждающую адаптацию.

Весьма многочисленные и влиятельные сторонники такого подхода и в мире, и в России апеллируют к Парижскому соглашению, предписывающему всем ратифицировавшим его странам, в том числе России, обязанность разрабатывать стратегию долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов. При этом игнорируется принципиальная позиция того же документа, в соответствии с которой предусматривается как паритет мер снижения выбросов (причём, что важно, нетто-эмиссий, учитывающих не только уменьшение выбросов, но и поглощение парниковых газов) и мер адаптации, так и необходимость действий по снижению техногенных эмиссий парниковых газов в контексте ликвидации нищеты и сокращения бедности.

Показательно, что в названиях целого ряда национальных стратегий, принятых во исполнение

упомянутого требования Парижского соглашения государствами мира<sup>2</sup>, в том числе странами ЕС – лидером мировой климатической политики (конкретно Великобританией, Германией и Чехией), не упоминаются парниковые газы, используются более широкие формулировки. Такие, например, как “План действий в области климата” (Германия), “Стратегия [экологически] чистого роста” (Великобритания), “Долгосрочная стратегия развития в условиях реализации Парижского соглашения” (Япония). Эти стратегии позиционируются как направленные на смягчение климатических рисков, хотя, конечно же, задаче и способам снижения эмиссий парниковых газов в этих документах уделено должное внимание. Важно, что все официально принятые стратегии включают и меры адаптации к изменениям климата; таким образом реализуется принцип Парижского соглашения о равнозначности обеих групп мер климатической политики.

Изменение климата – глобальная проблема, и её решение возможно только применительно к цивилизации в целом, что подразумевает солидарные действия стран и народов мира. Однако *политико-экономические интересы* побуждают и далее будут побуждать некоторых участников мирового процесса занимать особую позицию, а для её защиты прибегать к предъявлению претензий к другим странам по поводу якобы несоответствия их действий высоким климатическим целям. При этом на передний план выходит популярный в последнее время механизм санкций или иных ограничительных мер типа пограничного углеродного налога. Именно поэтому внешняя политика России должна располагать набором мер как противодействия такой практике, так и адаптации к новой ситуации, включая усилия по эффективному снижению воздействия на климатическую систему. Здесь следует опираться на объединение достижений отечественной науки в естествознании и социогуманитарной сфере, прежде всего в моделировании и прогнозировании.

Как подчёркивал академик В.В. Ивантер, “прогнозирование – это не попытка предсказать будущее, а способ оценить возможные проблемы, которые вытекают из решения проблем насущных. Иначе говоря, решение сегодняшней проблемы предопределяет возникновение будущей проблемы, и в этом смысле прогноз – не оценка благополучия будущего в духе Жюль Верна, а оценка будущих проблем в духе зрелых братьев Стругацких” [31, с. 127]. Такие анализ и оценка как важнейшая часть управления рисками *должны осуществляться непрерывно*. Это процесс, в ходе которого обязательно будут возникать отдельные планы, программы, стратегии, международ-

<sup>2</sup> По состоянию на март 2020 г., стратегии приняты 15 странами, в том числе 10 развитыми, а также 5 развивающимися.

ные договоры, происходить другие события. Но главное, что этот процесс предполагает постоянную обратную связь: анализ возможного будущего должен постоянно корректироваться в зависимости от научных результатов и появления нового знания. Используя привычный шаблон — разработали долгосрочную программу, реализовали её, через 15–20 лет подвели итоги, включая безрадостные (ничего не изменилось, усилия не дали результата), решить проблему изменения глобального климата не получится. Управление рисками климатических изменений для общества и экономики должно быть обоснованным, комплексным и контролируемым, что требует опоры на науку, её междисциплинарный потенциал и конвергенцию естественно-научных и социогуманитарных подходов и методов.

### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Проблема изменения глобального климата и его последствий для устойчивого социально-экономического развития ставит перед современной наукой и практикой сложнейшие задачи. Их решение требует тесного сотрудничества всех действующих и потенциальных участников этого процесса: учёных и специалистов в естественно-научной и социогуманитарной областях знания; производителей и отраслевых и региональных потребителей климатической информации; лиц, принимающих решения на всех уровнях управления (от корпоративного и муниципального до федерального); некоммерческих (общественных) организаций и СМИ.

Такое взаимодействие предполагает знание и понимание имеющихся возможностей, ограничений и трудностей практического использования знаний о климате, его изменениях и последствиях этих изменений для окружающей среды и общества. И здесь не последнюю роль играет доверие к научному и экспертному сообществу, понимание его стремления получить объективные результаты исследований и дать им корректную комплексную оценку. Предстоит большая работа по использованию возможностей, которые предоставляют высокие технологии, прежде всего сложные физико-математические модели. Требуется интенсивная разработка методов, моделей и технологий, обеспечивающих адекватное применение результатов климатического мониторинга и моделирования.

Крайне важно, чтобы указанное взаимодействие участников процесса обеспечивало чёткое разделение их функций, ведь научное сообщество не является субъектом принятия политических или хозяйственных решений, а остальные заинтересованные стороны не могут рассматриваться как источник научных знаний. К сожалению, в последнее время торжествует дилетантизм — ре-

зультат неправильно понимаемой свободы слова, открывающий в общественном диалоге вокруг климатической проблемы безграничный простор для безграмотных и безответственных суждений. Это осязаемое препятствие для выстраивания общественного диалога и содержательной политики в области климата.

Принципиально важно, чтобы научные результаты — причём не только профессиональных климатологов и представителей других естественных наук, но и обществоведов и гуманитариев — были доступны для понимания друг другом, а также общественностью и лицами, принимающими решения. На учёных и экспертах лежит ответственность за то, чтобы их ответы на вопросы и запросы со стороны власти и общества по климатической проблеме и её решению соответствовали современному уровню научных знаний, не упрощались даже во имя облегчения их понимания неспециалистами. Это означает, что проблема интерпретации результатов исследований климатических изменений и их социально-экономических последствий становится для научного сообщества императивом, подразумевающая усиление интеграции естественно-научного и социогуманитарного знания на основе использования методологии риск-ориентированного подхода и методов моделирования. Речь также идёт о более тесном и эффективном взаимодействии научного сообщества и научных СМИ, в том числе в поисках общего языка.

### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00600 (18-00-00596 и 18-00-00599).

### ЛИТЕРАТУРА

1. UNEP (2017). The Adaptation Gap Report 2017. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
2. Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience. Report of the Global Commission for Adaptation. September 2019.
3. 25 Years of Adaptation under the UNFCCC. Report by the Adaptation Committee. Bonn, Germany: United Nations Climate Change Secretariat, 2019.
4. Будыко М.И. Глобальное потепление // Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. С. 7–12.
5. Стёпин В.С. Философия и методология науки. М.: Академический проект, 2015.
6. Катцов В.М., Мелешко В.П., Говоркова В.А. и др. Модели, предназначенные для оценки будущих изменений климата // Оценочный доклад Росгидромета “Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации”. Т. 1. М., 2008. С. 112–151.

7. *Weart S.* The discovery of global warming. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2008.
8. Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment (Jule Charney, Chair). Washington, DC: National Academy of Sciences, 1979.
9. *Meehl G.A., Senior C.A., Eyring V. et al.* Context for interpreting equilibrium climate sensitivity and transient climate response from the CMIP6 Earth system models // *Science Advances*. 2020. V. 6. Is. 26. Article eaba 1981.
10. *Катцов В.М., Спорышев П.В., Кароль И.Л.* Эволюция научных представлений о причинах климатических изменений // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 236–248.
11. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й., Беренс В.* Пределы роста. Изд. 2. М.: Изд-во МГУ, 1991.
12. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: Наука, 1978.
13. Экономика США в будущем (проблемы и прогнозы). М.: Прогресс, 1982.
14. *Данилов-Данильян В.И., Рыбкин А.А.* Глобальное моделирование // Экономическая энциклопедия. Политическая экономия. В 4-х т. Т. 4. М.: Советская энциклопедия, 1980. С. 613–618.
15. *Shkolnik I., Pavlova T., Efimov S., Zhuravlev S.* Future changes in peak river flows across northern Eurasia as inferred from an ensemble of regional climate projections under the IPCC RCP8.5 scenario // *Climate Dynamics*. 2018. V. 50. P. 215–230. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3600-6>
16. Федеральный закон “О стратегическом планировании в Российской Федерации” от 28.06.2014 № 172 (редакция от 18.07.2019 г.) [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW200404/a514cfa65b601d1f631aa5b09aeb95465982f024/#dst100008](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW200404/a514cfa65b601d1f631aa5b09aeb95465982f024/#dst100008) (дата обращения 29.06.2020).
17. Рамочная конвенция ООН об изменении климата. [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/climate\\_framework\\_conv.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml) (дата обращения 29.06.2020).
18. *Дебор Г.* Общество спектакля / Пер. с фр. С. Офертаса и М. Якубович. М.: Логос, 1999.
19. *Войков А.И.* Непериодические изменения температуры и их объяснения // Избранные сочинения / Под ред. акад. А.А. Григорьева. Т. 3. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 15–33.
20. *Le Quéré et al.* Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement // *Nature Climate Change*. 2020. V. 10. Is. 7. P. 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
21. *Le Quéré C., Jackson R., Jones M. et al.* (2020). Supplementary data to: Le Quéré et al (2020). Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement (Version 1.0). Global Carbon Project. <https://doi.org/10.18160/RQDW-BTJU>
22. Rise of carbon dioxide unabated. Seasonal peak reaches 417 parts per million at Mauna Loa observatory. <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2636/Rise-of-carbon-dioxide-unabated> (accessed on June 21st 2020).
23. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. Ч. 1. М.: Наука, 1991.
24. World Economic Forum. The Global Risks Report 2020. Geneva: WEF, 2020.
25. *Robinson J.* Unlearning and Backcasting: Rethinking Some of the Questions We Ask about the Future // *Technological Forecasting and Social Change*. 1988. V. 33. Is. 4. P. 325–38.
26. *Нейман Дж. фон, Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ. под ред. и с добавлениями Н.Н. Воробьева. М.: Наука, 1970.
27. *Порфирьев Б.Н.* Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2. С. 3–13.
28. *Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю.* Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Том 64. № 9. С. 22–33.
29. *Stalnaker R.* Belief Revision in Games: Forward and Backward Induction // *Mathematical Social Sciences*. 1998. V. 36. Is. 1. P. 31–56.
30. Climate change for forest policy-makers – An approach for integrating climate change into national forest policy in support of sustainable forest management. Version 2.0. FAO Forestry Paper № 181. Rome, 2018.
31. Экономика по академику Ивантеру / Сост. Б.Н. Порфирьев, М.Н. Узяков, А.А. Широков, А.Е. Ивантер, И.В. Зубков. М.: Наука, 2020.