

---

---

# ПРИРОДА И ОБЩЕСТВО

---

---

А. А. АКАЕВ

## ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ТЕНДЕНЦИИ В МИРОВОЙ ПОЛИТИКЕ, ЭКОНОМИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ\*

*В статье дан анализ итогов полувекových усилий мирового сообщества по переходу к устойчивому развитию. Описано, как во второй половине XX в. человечество осознало губительные последствия для окружающей среды энерго- и ресурсозатратной капиталистической экономики, основанной на эксплуатации природных богатств. Изложены результаты деятельности ООН по охране окружающей среды и развитию начиная со Стокгольмской конференции 1972 г. и до Парижского саммита 2015 г., а также неправительственной организации – Римского клуба, созданного в 1968 г. с целью формирования адекватного общественного мнения о глобальных экологических проблемах, порожденных антропогенной деятельностью человечества. Если Римский клуб впервые в 1972 г. обнаружил пределы роста, за которыми наступают разрушение и потеря устойчивости биосферы Земли, то Парижское климатическое соглашение определило приоритет стабилизации климата.*

*Показано, как усилиями ученых всего мира были установлены пределы роста и планетарные границы, в пределах которых возможна дальнейшая устойчивая коэволюция человека и природы, разработаны теоретические основы устойчивого развития, созданы зеленые технологии для*

---

\* Статья подготовлена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-18-00535 «Борьба за новый мировой порядок и усиление дестабилизационных процессов в Мир-Системе»).

*Для цитирования:* Акаев, А. А. 2023. Глобальное потепление климата и его влияние на тенденции в мировой политике, экономике и энергетике. *История и современность* 4: 32–68. DOI: 10.30884/iis/2023.04.02.

*For citation:* Akayev, A. A. 2023. Global Warming and its Impact on Trends in World Politics, Economics and Energy. *Istoriya i sovremennost' = History and Modernity* 4: 32–68 (in Russian). DOI: 10.30884/iis/2023.04.02.

*История и современность, № 4, декабрь 2023 32–68*

*DOI: 10.30884/iis/2023.04.02*

перехода к экологизированной энергетике и экономике. Учеными также были разработаны основы зеленой энергетической и экономической политики с учетом приоритета экологического императива. Однако все они не находят должного применения на практике из-за отсутствия эффективной политики глобального управления, а также сильной политической воли мировых лидеров. Требуются политические лидеры новой формации, обладающие знаниями современных достижений науки и технологий, отвечающих экологическим вызовам и способных предотвратить грядущий глобальный экологический кризис.

**Ключевые слова:** промышленная революция, ископаемые топлива, антропоцен, загрязнение окружающей среды, парниковые газы, глобальное потепление, пределы роста, устойчивое (самоподдерживающее) развитие, экологический императив, энерго- и ресурсосберегающие технологии, стабилизация климата Земли, солнечная и ветряная энергетика, умные энергосети, экoэкономика, коэволюция человека и природы, планетарные границы, экологическая политика, зеленая энергетическая и экономическая политика, политическая воля лидеров.

### **Ялтинский мир и его последствия**

В феврале 1945 г. в г. Ялте (РСФСР) состоялась конференция лидеров трех великих держав – победительниц во Второй мировой войне: СССР, США и Великобритании, на которой были рассмотрены вопросы послевоенного мироустройства и принято историческое решение о создании ООН для обеспечения мира и безопасности во всем мире. В послевоенные десятилетия на базе договоренностей трех великих политических лидеров – И. В. Сталина, Ф. Д. Рузвельта и У. Черчилля, – достигнутых в Ялте, удалось обеспечить устойчивое геополитическое развитие и избежать перерастания ряда локальных войн и конфликтов (Корея, Вьетнам, Карибский кризис, Афганистан и др.) в новую мировую войну, новое столкновение цивилизаций вплоть до конца XX в. Таким образом, Ялта стала ключевым местом для определения основ послевоенного многополярного мироустройства и создания ООН и его институтов. Эти события получили название Ялтинского мира и обеспечили сравнительно устойчивый миропорядок почти на полвека.

Плодотворная роль ООН в поддержании ялтинского миропорядка в XX в. общепризнана. Благодаря мирной обстановке, а также активной деятельности экономических институтов ООН – МВФ, ВБ и ГАТТ, которые были призваны оказывать содействие развивающимся странам в плане экономического развития, а также ис-

коренения бедности и нищеты, в этих странах начался устойчивый экономический рост, который набрал особенно мощную динамику к концу XX столетия. Наиболее важную роль сыграло ГАТТ (Генеральное агентство по тарифам и торговле), созданное с целью снижения и упорядочения таможенных тарифов, устранив множество барьеров на пути международной торговли. Быстрое послевоенное восстановление экономик ведущих стран мира способствовало бурному развитию международной торговли, сопровождавшемуся прямыми инвестициями и технологиями широкого применения. К тому же базисными инновациями небывалого послевоенного экономического подъема стали такие эпохальные достижения научно-технической революции XX в., как атомная энергетика, реактивные и ракетные двигатели, электронные вычислительные машины и автоматизация производства, космическая связь, телевидение и мн. др.

Неудивительно, что четвертая индустриальная длинная волна (ДЛВ) мирового экономического развития Кондратьева (1946–1982 гг.) (Акаев 2019: 89) привела к рекордным за всю историю человечества темпам мирового экономического роста – в среднем 4,9 % в год на протяжении четверти века, в период с 1948 по 1973 г., тогда как в предыдущие благоприятные 35 лет (1895–1929 гг.) этот показатель был равен 2,4 %. Поэтому закономерно, что период с 1948 по 1975 г. получил название эпохи всеобщего экономического процветания, поскольку динамичный рост в это время происходил как в развитых, так и в развивающихся странах, что сопровождалось значительным повышением уровня жизни широких слоев населения всего мира и в результате этого – существенным сокращением мировой бедности. В последующие десятилетия подъема пятой ДЛВ (1982–2017 гг.) средние темпы роста мировой экономики вновь снизились до 3,2 % (Там же), а в последнее десятилетие (2011–2021 гг.) – еще ниже, до 2,6 % (Всемирный банк 2023).

Вместе с тем столь бурный рост мировой экономики после окончания Второй мировой войны нанес огромный ущерб окружающей среде в виде загрязнения суши, мирового океана и атмосферы Земли отходами и выбросами хозяйственной деятельности человечества. Дело в том, что экономики как развитых, так и развивающихся стран и в капиталистическом, и в социалистическом лагере унаследовали хищнический характер капиталистической

экономики в отношении эксплуатации природных богатств – они оставались крайне энерго- и ресурсозатратными. Добыча в гигантских количествах полезных ископаемых, в частности энергоносителей и различных металлов, открытым способом сопровождалась перемещением астрономических объемов пустой породы, которая нарушила естественные природные процессы в литосфере Земли и привела к невиданной эрозии почв и металлизации биосферы. Особую опасность для человека и биосферы представляют загрязнения радиоактивными отходами, которые явились неизбежным спутником развития атомной энергетики.

Бурный послевоенный индустриальный экономический рост потребовал опережающих темпов роста энерговооруженности, что породило гигантские объемы добычи ископаемого топлива – угля, нефти и газа. А выбросы в атмосферу парниковых и других газов, выделяющихся в процессе сжигания ископаемого топлива, привели к невиданному загрязнению атмосферы, что пагубно влияет на здоровье людей. Так, резкое повышение в атмосфере концентрации парникового углекислого газа (CO<sub>2</sub>) привело к потеплению климата Земли на 1 °C за последние 200 лет. Однако люди прежде всего ощутили локальные последствия загрязнения атмосферы в больших городах, известные как смог, а также кислотные дожди, которые приводят к усыханию лесов, снижению урожайности сельскохозяйственных культур, гибели рыб в реках, разрушают архитектурные памятники. Например, широко известен факт, когда в 1952 г. всего за четыре декабрьских дня в Лондоне от смога погибло свыше 4 тыс. человек. Причем подобные трагедии повторились в 1956, 1957 и 1961 гг. (Марфенин 2007: 387).

#### **Римский клуб Аурелио Печчен и пределы роста**

Ученые-экологи уже в 1950-е гг. начали бить тревогу по поводу разрушительного воздействия бурной хозяйственной деятельности человека на биосферу Земли (Марфенин 2007), в которой человечество весьма комфортно обитало в течение последних 6–10 тысячелетий. Окружающая среда планеты была необычайно стабильной в течение последних 11 тыс. лет. В этот период стабильности, известный как голоцен, зарождались, развивались и процветали человеческие цивилизации. Теперь стабильность под угрозой. После промышленной революции наступила новая эра – антропоцен, когда человеческие действия стали основным двигателем глобальных

изменений окружающей среды (Вернадский 2012). В 1960-е гг. губительное воздействие дальнейшего роста энерго- и ресурсоемкой экономической деятельности человека на окружающую среду уже стало достоянием широкой общественности. Свидетельством этого явилось создание в 1968 г. международной общественной организации «Римский клуб», нацеленной на то, чтобы привлечь внимание широкой мировой общественности к глобальным экологическим проблемам, с которыми столкнулось человечество.

Инициатором создания этой организации был известный итальянский промышленник и предприниматель, просвещенный гуманист Аурелио Печчеи, который не понаслышке, а по роду своей практической деятельности знал о возрастающих масштабах промышленного загрязнения окружающей среды. Печчеи одним из первых осознал реальность экологической угрозы, нависшей над человечеством. Первыми сопредседателями Римского клуба стали Аурелио Печчеи и Александр Кинг – на тот момент генеральный директор по вопросам науки ОЭСР. Организация объединила видных предпринимателей, экспертов, политиков, деятелей культуры – представительный срез общества того времени. Клуб с самого начала поставил задачу подготовки научно обоснованных докладов по самым злободневным экологическим проблемам; его члены полагали, что решение этих проблем возможно только путем объединения усилий всего человечества. О ключевых аспектах создания и деятельности Римского клуба, а также о роли и значении организации в постановке глобальных проблем человечества и выработке рекомендаций по их разрешению можно прочитать в работе (Чумаков, Штарк 2019).

Сразу после учреждения Римский клуб обратился к видному американскому ученому, профессору знаменитого Массачусетского технологического института Джею Форрестеру относительно применения разработанных им моделей системной динамики для целей долгосрочного эколого-экономического прогнозирования. Главный вопрос, который интересовал тогда Римский клуб, состоял в определении устойчивости экономической модели, господствовавшей на Западе после Второй мировой войны. Эта модель предполагала динамичный рост и неограниченное расширение при использовании энерго- и ресурсоемких технологий. Именно по заказу Римского клуба Дж. Форрестером были разработаны первые довольно грубые математические модели мировой динамики «Мир-1»

и «Мир-2» (1970–1971 гг.), положившие начало компьютерному моделированию глобальных процессов. По сути, модели Форрестера были моделями индустриальной ресурсозатратной экономической динамики.

Дж. Форрестер опубликовал первые результаты компьютерного моделирования мировой динамики в ставшей популярной книге «Мировая динамика» (Форрестер 1978), в которой он впервые предпринял попытку описать основные процессы мировой экономики и демографии, роста загрязнения окружающей среды и их влияния на ее экологическое состояние. Результаты моделирования показали, что продолжение стратегии энерго- и ресурсозатратного развития в условиях имевшего тогда место взрывного демографического роста неизбежно приведет как к острой нехватке ресурсов в мире, так и к катастрофическому загрязнению окружающей среды, способному вызвать глобальный экологический кризис на горизонте 2020-х гг. Поэтому Дж. Форрестер сделал вывод, что единственный путь избежать глобального экологического кризиса – это переход к глобальному равновесию, когда все основные переменные системы выходят на стационарные значения и далее остаются неизменными. В отношении экономического роста это означает, что его темпы становятся нулевыми. Такой сценарий экономического развития получил название сценария нулевого роста.

Для уточнения и развития этих результатов Римский клуб заказал расширенный проект уже талантливым ученикам Дж. Форрестера – Деннису и Донелле Медоуз, которые собрали небольшую международную исследовательскую группу и продолжили пионерские исследования мировой динамики, проведенные Форрестером. Они разработали расширенную и усовершенствованную модель мировой динамики «Мир-3», более детализированную, хотя в ней не удалось преодолеть ни одного из основных недостатков базовой модели Дж. Форрестера. В частности, в них имели место расхождения с теориями экономического роста, а самое главное – не учитывался технический прогресс, который оказывает существенное влияние на динамику мировой экономики. Поэтому неудивительно, что расчеты по модели «Мир-3» дали прогнозы, которые качественно и количественно оказались весьма близкими к прогнозам, полученным по модели «Мир-2». Тем не менее результаты, полученные супругами Медоуз и их соратниками и опубликованные в 1972 г. в книге «Пределы роста» (Медоуз и др. 1991), которая

стала первым официальным докладом Римского клуба, получили широкое распространение в мире и оказали заметное влияние на общечеловеческое представление о мировом развитии.

В этой книге впервые высказывались предостережения о серьезных экологических и экономических угрозах, которые могли возникнуть на пути к стабильному развитию человечества из-за сокращения запасов энергоносителей и других сырьевых ресурсов, а также вследствие интенсивного загрязнения окружающей среды. Эти выводы имели широкий резонанс в мире. Их следствием стало более пристальное внимание к экологическим проблемам, а также более интенсивное и масштабное внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий производства. Хотя справедливости ради следует отметить, что активное внедрение энергосберегающих технологий стало прежде всего следствием нефтяного кризиса 1970-х гг., сопровождавшегося небывалым взлетом цен на нефтепродукты.

Деннис Медоуз и его соратники на протяжении почти 40 лет непрерывно исследовали физические пределы роста, накладываемые истощением природных ресурсов и ограниченной способностью биосферы Земли поглощать вредные отходы промышленной и сельскохозяйственной деятельности человечества. Отдельные результаты моделирования были алармистскими, например о скором истощении природных ресурсов, и в частности ископаемого топлива, а также наступлении запредельного уровня загрязнения окружающей среды. Последний прогноз был изложен в книге «За пределами роста» (Медоуз и др. 1994), посвященной 20-летию со дня выхода доклада «Пределы роста». Что же касается истощения ископаемых энергоресурсов, то, как известно (Велихов и др. 2008: 12), только доказанных мировых запасов нефти хватит на несколько десятков лет, газа – на 100 лет, а угля – на 200 лет. Но беда в том, что их дальнейшее использование в качестве топлива усугубляет климатический кризис, о чем будет сказано ниже.

Следует отметить, что уже в 1980-е гг. началась пятая ДЛВ мирового экономического развития (1982–2018 гг.), основанная на энерго- и ресурсосберегающих технологиях, а также автоматизации производственных процессов с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), порожденных микроэлектронной революцией 1970-х гг. Поэтому накопленные супругами Медоуз и Й. Рандерсом факты были несколько скорректированы и окончательно изданы в книге под названием «Пределы

роста: 30 лет спустя» (Медоуз и др. 2008). В ней авторы снова подтверждают свои первоначальные выводы о том, что тенденции современного экономического и промышленного развития – это путь, ведущий к глобальному экологическому кризису. Вместе с тем они утверждают, что путем перехода на нулевые темпы роста можно перейти на модели устойчивого развития человечества, не снижая при этом уровня жизни в развитых странах. Однако это неприемлемо для развивающихся стран, где уровень жизни еще сильно отстает от стандартов в развитых странах, а также сохраняется значительный уровень бедности и нищеты.

### **Стокгольмская конференция ООН по вопросам охраны природы**

Международные организации и государственные органы в 1960-е гг. также не дремали. В июне 1972 г. в Стокгольме (Швеция) состоялась Конференция ООН по вопросам охраны природы, которая готовилась многие годы. Это был первый крупный международный форум экологической направленности, в котором приняли участие более 100 стран. Именно Стокгольмская конференция 1972 г. стала началом осознания человечеством надвигающегося глобального экологического кризиса. Работа конференции была весьма плодотворной и завершилась принятием Декларации об охране окружающей среды, а также важным практическим решением о создании специальной структуры в рамках ООН – Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), задачей которой стала разработка рекомендаций по наиболее острым проблемам преодоления экологических кризисов. Поэтому начиная с 1972 г. деятельность государств по охране окружающей среды приобрела по настоящему широкий размах, а ее главным направлением стала борьба с загрязнениями. Так, в 1974 г. в США был создан институт World Watch, который быстро стал одним из самых авторитетных научных центров по оценке современного состояния мира и разработке прогнозов будущего. Его бессменным руководителем вплоть до 2001 г. был крупный ученый-эколог Лестер Браун, автор знаменитой книги «Экоэкономика. Как создать экономику, оберегающую планету» (Браун 2003). В 2001 г. он создал свой частный Институт политики Земли, который также сыграл весомую роль.

Следующим важным экологическим шагом ООН стало создание в 1983 г. Международной комиссии ООН по окружающей сре-



де и развитию (МКОСР) и формирование Концепции устойчивого развития. Через 15 лет после Стокгольмской конференции, в 1987 г., МКОСР под председательством тогдашнего премьер-министра Норвегии Г. Х. Брундтланд издала выдающийся доклад «Наше общее будущее» (1989 г.), в подготовке которого участвовала большая группа видных ученых и международных экспертов. От Советского Союза в работе Комиссии принимала участие группа выдающихся ученых во главе с академиком Н. Н. Моисеевым. Именно в этом докладе высокого уровня состояние биосферы Земли впервые было охарактеризовано как кризисное. В докладе также впервые было введено понятие «устойчивое или самоподдерживающееся развитие» и рассматривались пути его достижения. Одним из наиболее удачных определений «устойчивого развития» (УЧР) считается то, которое было дано в самом докладе: «...устойчивое развитие – это развитие, удовлетворяющее потребности ныне живущих поколений без ущерба для удовлетворения потребностей будущих поколений» (Наше... 1989). Более полно «устойчивое развитие» подразумевает следующие дополнительные требования: учет социальных и экологических факторов, а также долгосрочных последствий принимаемых решений. Целевыми ориентирами УЧР служат качество жизни и экологическая стабильность. Доклад Комиссии Брундтланд сыграл важную роль: он лег в основу работы Исторической Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР-2) в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия).

Итак, начиная с 1987 г. понятие устойчивого развития оказалось в центре внимания мировой общественности. Весьма глубокое обсуждение понятия устойчивого развития и путей перехода к нему даны в работах видного российского ученого В. И. Данилова-Данильяна и его соратников (Данилов-Данильян 2003; Данилов-Данильян, Лосев 2000; Данилов-Данильян и др. 2009). В этих работах красной нитью проходит мысль о том, что технических и экономических средств недостаточно для обеспечения устойчивого развития человечества, необходимы прежде всего сдвиги в общественном сознании, а также политическая воля лидеров. Кстати говоря, в докладе Комиссии Брундтланд также подчеркивается: «В основе устойчивого и долговременного развития должна лежать политическая воля» (Наше... 1989: 20). Это утверждение, несомненно, способствовало формированию самостоятельной экологической политики правительств и лидеров. Отметим, что теоретической

платформой устойчивого развития стала концепция биотической регуляции (Данилов-Данильян, Лосев 2000: 108), разработанная выдающимся советским ученым-биофизиком В. Г. Горшковым (1995). Именно он установил, что, используя энергию солнечного излучения, биота организует процессы преобразования и стабилизации окружающей среды на основе динамически замкнутых круговоротов веществ. Отсюда также вытекало, что основная причина высокого постоянства важнейших параметров биосферы Земли – это практически неизменный уровень солнечной энергии, поступающей на ее поверхность.

В. Г. Горшков рассчитал, что биота способна регулировать и стабилизировать окружающую среду в приемлемом для комфортной жизни человека диапазоне физико-химических параметров биосферы Земли, если величина потребления человечеством первичной биологической продукции не превышает примерно 1 % от всей продукции биосферы (Там же). В энергетическом измерении это допустимое потребление первичной биомассы составляет примерно 1 ТВт (тераватт) мощности, притом что на производство всей первичной биомассы Земли ежегодно затрачивается около 100 ТВт мощности солнечного излучения. В. Г. Горшков показал, что уже к 1990 г. человечество достигло указанного порога потребления, освоив при этом порядка 30 % территории суши, а сегодня оно освоило около 65 % суши земной поверхности. Он также показал, что величина допустимого биопотребления соответствует потребностям населения Земли в 1 млрд человек, что было достигнуто человечеством еще в начале XIX в., примерно в 1820-х гг. Следовательно, человечество уже более 200 лет живет в условиях превышенной нагрузки на биосферу Земли. К началу XXI в. оно потребляло, по оценкам ученых (Wackernagel *et al.* 2002), более 20 % планетарной биомассы в энергетическом эквиваленте, то есть более 20 ТВт из 100 ТВт. Из этой работы также следовало, что человечество в последний раз находилось на уровне самоподдержания в 1980-е гг. Все указанное свидетельствует об удивительной потенциальной устойчивости биосферы Земли. Однако следует помнить, что она не безгранична.

Академик Н. Н. Моисеев, под руководством которого еще в 1980-е гг. были созданы первые реальные компьютерные модели протекания глобальных процессов в биосфере Земли (Моисеев и др. 1985), и в частности знаменитая модель «ядерной зимы»

(Моисеев 1996), впервые высказал опасение, что при современных уровнях антропогенного воздействия возникает определенная вероятность потери устойчивости биосферы как целостной системы, частью которой является человечество. Вот что он говорил о последствиях такого сценария развития событий: «Если биосфера утрачивает стабильность, то начнется ее необратимый переход в новое квазистабильное состояние. Каким оно будет, мы, к сожалению, заранее не знаем. Но более чем вероятно, что в этом состоянии параметры биосферы окажутся неподходящими для жизни человека, а может быть, и для существования всей биоты» (Он же 1999: 40). Таким образом, человечество переживает исторический момент, который разделяет две принципиально различные эпохи человеческой истории. Первая, уходящая эпоха проходила в условиях неограниченных возможностей биосферы Земли, а новая эпоха начинается в условиях антропогенно перегруженной биосферы. Поскольку человек не может существовать вне биосферы, а потеря ею устойчивости способна привести к бифуркации и переходу в одно из множества квазиравновесных состояний, где человек, вероятнее всего, не сможет существовать, человечеству необходимо добиваться сохранения биосферы в ныне существующем аттракторе.

В этой связи Н. Н. Моисеев сформулировал следующую стратегию для выживания человечества в XXI в., основанную на обязательном соблюдении экологического императива: «Я полагаю, что главная особенность современного исторического этапа состоит в том, что для продолжения своей истории Человеку необходимо научиться согласовывать не только свою локальную, но и глобальную (всепланетарную) деятельность с возможностями Природы. Людям необходимо осознать потребность в установлении жестких рамок собственного развития, необходимость согласования своей деятельности с развитием остальной биосферы. Эти требования столь суровы, что их правомерно называть экологическим императивом» (Там же: 48–49). Таким образом, с развитием цивилизации на определенном этапе у всего человечества появляется общая цель – обязательное соблюдение условий экологического императива. Нарушение этих ограничений уже в ближайшие десятилетия может обернуться для человечества катастрофическими последствиями. Задача формулирования условий экологического императива стала на рубеже XX и XXI вв. одной из самых сложных, но вместе с тем

и наиболее ответственных проблем фундаментальной науки, о достижениях которой речь пойдет далее. Здесь же необходимо отметить, что центральным требованием экологического императива является стабилизация климата Земли (Моисеев 1999).

### **Изменения климата Земли и его последствия**

Впервые об аномалиях в климатическом поведении ученые заговорили в 1950-х гг. В 1957–1958 гг. в рамках Международного геофизического года ученым удалось подтвердить точными приборными измерениями, что концентрация парникового углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере Земли имеет тенденцию к возрастанию. К тому же изотопный анализ состава воздуха четко показал, что прирост был достигнут за счет углерода, выделившегося в результате сжигания ископаемого углеродосодержащего топлива – нефти, газа и угля (Рамсторф, Шельнхубер 2009: 57). Чтобы ответить на вопрос о том, насколько сильно влияют на климат Земли антропогенные выбросы  $\text{CO}_2$ , климатологи используют специальную температурную величину, которая называется чувствительностью климата. Единицей измерения чувствительности климата служит равновесное повышение средней приземной температуры воздуха при удвоении концентрации  $\text{CO}_2$  со стабильного доиндустриального (до 1850 г.) уровня в 280 ppm (частей на миллион) до 560 ppm. Обобщая результаты многочисленных компьютерных расчетов и фактических данных за весь период голоцена, авторы работы (Там же: 98–99) сделали следующий вывод: чувствительность климата следует оценивать величиной  $3 \pm 1$  °C. Это означает, что при удвоении концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере ее средняя глобальная температура с высокой вероятностью возрастет на  $3 \pm 1$  °C, то есть от 2 до 4 °C. Причем утверждается, что причиной этого изменения является хозяйственная деятельность человека, и в первую очередь – сжигание ископаемого топлива, а во вторую – сведение лесов.

Действительно, с конца 1970-х гг. наблюдался устойчивый тренд на повышение средней глобальной температуры приземной атмосферы со средней скоростью около 0,2°С за 10 лет (Там же: 72), то есть потепление на 1 °C за 50 лет. В 1980-е гг. ученые-климатологи с помощью компьютерного моделирования показали, что подъем уровня мирового океана к концу XXI в. при потеплении на 2 °C составит до 1,5 м, а при потеплении на 3 °C – до нескольких метров, что приведет к затоплению сотен крупнейших прибрежных

городов-мегаполисов мира, являющихся промышленными, торговыми и культурными центрами различных цивилизаций. Один Гренландский ледник содержит такое количество воды, что в результате его полного таяния уровень мирового океана повысится на 7 м. Компьютерное моделирование показало, что даже локальное потепление на 3 °С приведет к его полному исчезновению (Рамсторф, Шельнхубер 2009: 118, 123), а оно может случиться при глобальном потеплении на 2 °С. Кроме того, было также показано, что потепление на 2 °С и более вызовет катастрофические стихийные бедствия – засухи, ураганы и наводнения небывалой разрушительной силы. С другой стороны, будет ухудшаться продовольственная безопасность, широко распространяться заболеваемость заразными болезнями, и в целом жизнь на Земле станет невыносимой (Там же: 101–158). Одним словом, ученые показали, что превышение средней приземной температуры на 2 °С и более по сравнению с доиндустриальным стабильным уровнем в 14 °С крайне нежелательно с точки зрения сохранения жизни на Земле. Лимит потепления в 2 °С был подтвержден в докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) при ООН за 1990 г. (IPCC 1990), и впервые в 1996 г. на заседании Европейского совета в Люксембурге было принято решение о том, что глобальная средняя температура доиндустриального уровня не должна быть превышена более чем на 2 °С, поэтому глобальные усилия, направленные на ограничение и сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, должны ориентироваться на концентрацию CO<sub>2</sub> в атмосфере, не превышающую 550 ppm.

В конце 1980-х гг. проблема изменения климата попала в сферу внимания не только ученых, но и широкой общественности – политиков и журналистов, и с тех пор она постоянно присутствует в повестке дня всех крупных мировых саммитов и конференций (Данилов-Данильян 2019). Учитывая это обстоятельство, ООН в 1988 г. создала Межправительственную группу экспертов по изменению климата – МГЭИК (IPCC), в которой сегодня состоят более 2,5 тыс. ученых и специалистов – видных климатологов, энергетиков, экономистов, экологов, океанологов и представителей других специальностей, имеющих отношение к изменению климата и его последствиям. Уже в первом своем докладе, изданном в 1990 г., МГЭИК подтвердила все вышеуказанные научные факты, касающиеся изменения климата (IPCC 1990). Отчеты организации считаются мировой

научной общественностью наиболее обоснованными и надежными обзорами текущего состояния науки об изменении климата.

Необходимо отметить, что современное мировое климатическое сообщество, представляемое, в частности, МГЭИК, практически единодушно придерживается точки зрения, согласно которой в настоящее время идет потепление климата с беспрецедентной для периода голоцена скоростью, и главной причиной этого явления служит чрезмерное антропогенное действие на климатическую систему, а продолжение его может привести к катастрофическим для человечества последствиям (Данилов-Данильян 2019). Таким образом, переход к устойчивому развитию невозможен без стабилизации потепления климата на уровне, не превышающем 2 °С.

### **Историческая экологическая конференция ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и «Повестка дня на XXI век»**

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась историческая Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию, в работе которой приняли участие представители 172 стран общим количеством до 40 тыс. человек. На этой конференции основной общечеловеческой идеей стала «необходимость перехода мирового общества на рельсы экологически ориентированного и устойчивого долговременного развития». В материалах конференции устойчивое развитие было определено как развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к процессам деградации окружающей среды. Как видим, концепция нулевого роста Форрестера – Медоуза в Рио-де-Жанейро была отвергнута. Таким образом, на Рио-92 была официально закреплена концепция перехода всего мирового сообщества к устойчивому развитию.

Там же была отдельно принята подписанная 166 государствами Рамочная конвенция об изменении климата (РКИК), в которой впервые было четко и ясно сказано о необходимости стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему. В завершение работы конференции была принята «Повестка дня на XXI век» – план действий по достижению экологически устойчивого развития. Важно то, что в этом документе содержалась рекомендация каждой стране разработать свою национальную стратегию устойчивого развития. Важным до-

кументом, конкретизирующим РКИК-92, был Киотский протокол, принятый в 1997 г. и ставший важнейшим международным соглашением, регламентирующим выбросы парниковых газов. Стремление соблюдать квоту по выбросам в соответствии с Киотским протоколом со стороны многих стран позволило достичь некоторых положительных результатов в глобальном сокращении выбросов CO<sub>2</sub>. Киотский протокол впервые ввел в действие межгосударственную торговлю квотами, что явилось признанием того, что экосистемные услуги имеют свою цену.

Однако в целом первое десятилетие после Рио-92 показало, что принятые на ней важнейшие документы остались декларацией и практически не изменили глобальных последствий влияния человека на биосферу. Поэтому доклад Генсека ООН на второй сессии Комиссии по УЧР 28 января 2002 г. был назван «10 лет после Рио – несбывшиеся надежды». Действительно, название доклада само говорит о безрадостных результатах этого десятилетия. Поэтому на форуме ООН «Рио+10» в Йоханнесбурге (2002 г.) главной целью был перевод планов экологического развития мира, намеченных на Рио-92, в практическую плоскость. В результате на саммите «Рио+10» была разработана и принята «Политическая декларация и согласованный план действий». Дальнейшие события вплоть до 2015 г., когда были приняты Цели устойчивого развития до 2030 г., показали, что по-прежнему отсутствует необходимая политическая воля лидеров и поэтому план действий, принятый в Йоханнесбурге в 2002 г., также остался во многом декларативным.

#### **От Рио-92 до Парижа-2015: формирование экологической политики государств и научных основ устойчивого развития**

Хотя идеи устойчивого развития не оказали заметного влияния на практику хозяйственной деятельности человека, они все же способствовали формированию самостоятельной экологической политики правительств и разработке со стороны ученых научных основ устойчивого развития. Особое влияние они оказали на умы людей и общественное сознание. Именно после конференции «Рио-92» большинство правительств мира начали разрабатывать и осуществлять на практике экологическую политику. Возникли и набрали значительный вес зеленые политические партии. Особенно преуспели в этом ведущие страны Евросоюза, поставившие своей целью превращение Европы в «зеленый континент». Сегодня госу-

дарствам необходима сильная и активная экологическая политика – это требование современности, и в этом мало кто сомневается (Акаев 2017). Но наибольшее рвение проявили ученые, которые активно начали разрабатывать экологически чистые технологии во всех сферах их применения, так называемые зеленые технологии, а также пути перехода к зеленой экономике и зеленой энергетике. Экологически устойчивая экономика, или эконэкономика (Браун 2003), требует, чтобы законы экологии были основой формирования экономической политики и чтобы экономисты и экологи работали вместе для создания экономики, которая будет поддерживать прогресс человечества.

### **Экология важнее экономики. Экологический императив**

Существующей сегодня мировой экономикой в большей степени управляют рыночные силы, нежели законы экологии. Поэтому она продолжает разрушать биосферу Земли, создавая дефицит пресной воды, ускоряя деградацию сельхозземель и пастбищ и снижая их продуктивность. Потепление климата, обусловленное энергетикой, основанной на ископаемом органическом топливе, привело к учащению и усилению стихийных бедствий и погодно-климатических аномалий. Поэтому при переходе к устойчивому развитию экономика и энергетика должны занять подчиненное положение, адаптируясь к его целям, а никак не наоборот. Это был главный вывод научных исследований той поры. Вот как его сформулировал академик Н. Н. Моисеев: «Созданная человеком цивилизация может себя сохранить и имеет шансы для дальнейшего развития. Но это может быть обеспечено только при том условии, что экономика перестанет быть демидургом Общества, когда она обретет то место, которое ей уготовано Природой – поддерживать существование человечества, а не определять его историю» (Моисеев 1999: 52). Таким образом, для перехода к устойчивому развитию необходимо обеспечить приоритет, верховенство экологических требований – экологический императив.

### **Возможно ли процветание без роста?**

Прежде всего следует отметить, что были предприняты исследования по развитию и обоснованию концепции «нулевого роста» Форрестера – Медоуза. Вследствие практической нереализуемости этой концепции подобные работы остались на уровне призывов



и пропаганды экологического императива. Наиболее яркой в этом направлении стала книга английского ученого, профессора Тима Джексона «Процветание без роста» (Джексон 2013). В ней автор ищет ответы на вопрос о том, как примирить стремление к всеобщему процветанию населения в развитых странах и деградирующую биосферу планеты с ограниченными ресурсами. Неявно предполагается, что энергоемкое и вредное производство ресурсов перемещается в развивающиеся страны. Поскольку книга была написана и издана после последнего мирового финансово-экономического кризиса 2008–2009 гг., то предлагается использовать процесс посткризисного восстановления экономик развитых стран для перестройки основ современного капитализма, чтобы адаптировать его к условиям экологического императива. Конкретно предлагалось разработать и осуществить программу кейнсианского стимулирования экономики под названием «Новый зеленый курс» – наподобие «Нового курса» президента Ф. Д. Рузвельта в период Великой депрессии 1930-х гг. в США (Там же: гл. 7).

Предполагалось, что огромные объемы инвестиций будут потрачены на оживление экономики исключительно с помощью зеленых технологий и создания новых зеленых рабочих мест в госсекторе, как это было сделано в ходе реализации «Нового курса» Рузвельта. Значительное сокращение рабочей недели виделось самым простым решением проблемы поддержания полной занятости в отсутствие роста экономики. Следует особо отметить, что ключевым элементом этой стратегии должно было стать кардинальное уменьшение социального неравенства путем резкого увеличения инвестиций в общественные блага и социальную инфраструктуру (Там же: гл. 8). Роль государства, по Джексону, заключается в предоставлении его гражданам всех возможностей для процветания в рамках экологических ограничений. Как видим, все это весьма соответствует лучшим образцам социалистической мечты. Однако в посткризисное восстановительное десятилетие (2010–2020 гг.) ничего подобного в развитых странах Запада, включая саму Великобританию, не было реализовано, исключая инвестиции в зеленую энергетику. Возможно, это объясняется отсутствием ныне таких политических лидеров, как великий президент Ф. Д. Рузвельт. Социальное неравенство продолжало расти, и теперь оно переходит все пределы. О каком всеобщем процветании можно говорить, ко-

гда даже средний класс на Западе резко сократился, а зарплаты трудящихся имеют тенденцию к снижению?

### **Реальные концепции перехода к устойчивому развитию**

Важную роль в формировании представлений о реальных практических возможностях перехода к устойчивому развитию сыграл доклад Римскому клубу 1997 г. Э. фон Вайцеккера, Э. Ловинса и Л. Ловинс «Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная» (Вайцеккер и др. 2000). Прежде всего в этой книге авторы на основании 50 конкретных примеров со всего мира показали, что имеется реальный потенциал для значительного повышения эффективности использования энергии и других ресурсов. Они также показали, что если бы эффективность использования ресурсов возросла в четыре раза, а материальное производство – в два раза, то это позволило бы по крайней мере в два раза снизить нагрузку на окружающую среду. Как видим, они не считают экономический рост причиной неизбежной экологической деградации, как это делают Медоуз и его соратники. Поэтому авторы утверждают, что главным признаком новой эпохи должно стать наиболее эффективное использование ресурсов. Поскольку они, так же как и Н. Н. Моисеев, считают стабилизацию климата наиболее важным экологическим императивом (Там же: 18), и отводят центральное место энергоэффективности. Исследователи считают, что именно энергоэффективность дает наиболее простую и доступную возможность повышения производительности энергоресурсов и сокращения выбросов парниковых газов при одновременном увеличении рентабельности. Главная идея фон Вайцеккера и его соавторов заключается в том, что наступил момент, когда приоритет роста производительности труда должен смениться приоритетом повышения эффективности ресурсосбережения.

В 2009 г. Э. фон Вайцеккер, К. Харгроуз и М. Смит опубликовали новый доклад Римскому клубу под названием «Фактор пять. Формула устойчивого роста» (Вайцеккер и др. 2013). В этой книге уже утверждалось, что с использованием существующих технологий возможно добиться пятикратного снижения нагрузки на окружающую среду в среднесрочном периоде. «Фактор 5» дополняет «Фактор 4». Обе книги на конкретных примерах убедительно показывают, где и как можно увеличить производительность ресурсов не менее чем на 75–80 %. При этом «Фактор 5» специально кон-

центрируется на тех секторах экономики, которые во всем мире потребляют наибольшее количество энергоресурсов, воды и сырья, а также являются источниками самых высоких выбросов парниковых газов – это строительство зданий, тяжелая промышленность, сельское хозяйство и транспорт.

Показано, что именно в этих областях можно добиться желаемого повышения эффективности ресурсов, а следовательно, резкого снижения расхода ресурсов и связанной с этим нагрузки на окружающую среду. Наряду с пропагандой свершения революций в области эффективности использования ресурсов авторы предложили правительствам трансформировать предстоящий большой цикл Кондратьева (БЦК) в мировой экономике (2018–2050 гг.) в зеленый БЦК (Вайцзеккер и др. 2013: 22–28). В качестве базовых технологических инноваций грядущего зеленого БЦК авторы рассматривали современные технологии, обеспечивающие пятикратное повышение эффективности использования ресурсов, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), а также системного дизайна, оптимизирующего производительность ресурсов всей системы в целом, и биомимикрии – дизайна по принципам природы.

Однако, как отмечается в книге «Фактор 5», на практике в двенадцатилетний период между выходом книг «Фактор 4» и «Фактор 5» расходы энергии росли почти непрерывно. Этот безрадостный факт заставляет авторов книги заняться анализом политико-практических вопросов претворения в жизнь технологической революции повышения ресурсоэффективности, научные основы которой уже созданы. Они рассмотрели инструменты и пришли к твердому убеждению, что главный тормоз на этом пути – незаинтересованность рынка и консерватизм политических лидеров. Поскольку рынок сам по себе не может автоматически осуществить целенаправленный переход к ресурсоэффективности экономики и общества, то это требует активного вмешательства со стороны государств.

С другой стороны, в период с начала 1980-х гг., когда президент Рональд Рейган в США и премьер-министр Маргарет Тэтчер в Великобритании начали политику либерализации экономики с ее полным дерегулированием и масштабной приватизацией производственных мощностей госсектора, и вплоть до мирового финансово-экономического кризиса 2008–2009 гг. развитые государства Запада полностью подчинились диктату рынка. Жертвой этой неолибе-

ральной революции в западном мире и стала защита окружающей среды, не решались климатические и социальные проблемы. Так продолжалось вплоть до кризиса 2008–2009 гг., когда наконец-то миф о всеисилии и мудрости рынка был развеян. Ситуация изменилась, и государства снова стали уважать. Возникли более уравновешенные взаимоотношения между государством и рынком, между общественными и частными интересами, которые теперь необходимо укреплять. По мнению авторов «Фактора 5», найти здоровый баланс между общественными и частными интересами означает, что надо найти равновесие между экономическими претензиями и экологическим императивом (Вайцзеккер и др. 2013: 15).

Экономический рост без ущерба для экологии, путем всемерного использования «Фактора 5» фон Вайцзеккера и его соратников для повышения эффективности использования ресурсов, а также принципа роста вместе с природой, или коэволюции человека и биосферы Н. Н. Моисеева получили яркое освещение в книге «Зеленая революция» (Фюкс 2015), написанной известным «зеленым» немецким политиком и публицистом Ральфом Фюксом. Он показал, что нулевой рост, рекомендуемый Медоузом и его соратниками, не сулит человечеству ничего хорошего, и поэтому он убежден, что призывы типа «Благосостояние без роста» бесплодны и неприемлемы. Фюкс горячо поддерживает предложение фон Вайцзеккера по запуску нового большого цикла Кондратьева (2018–2050 гг.) на основе зеленых инноваций новой цифровой технологической революции. Он предлагает строить новые производства исключительно по принципу замкнутых циклов, по каскадной схеме потребления сырья, где отходы каждого звена производства становятся сырьем для следующего. Например, из отходов сельскохозяйственного производства и продовольственной отрасли с помощью биотехнологий можно производить высококачественные биопродукты: химические вещества, корма, компоненты лекарств и косметики, а также биотопливо. Это означает переход к экологически устойчивой «циклической экономике», в которой ключевую роль играют биотехнологии и бионика. Фюкс убежден, что зеленая революция уже началась в Европе и надо лишь распространять ее по всему миру. Важно только обеспечить ей путь политическими решениями.

### **Переход к экоэкономике**

Сегодня наша главная задача состоит в сохранении условий для дальнейшего существования человечества, а следовательно, сохранения биосферы Земли в нынешнем аттракторе. Теоретические основы экологически устойчивой экономики, или экоэкономике, – системы производства и потребления, которая должна находиться в равновесии с окружающей средой, – были разработаны известным ученым-экологом и экономистом Лестером Брауном и его сотрудниками (Браун 2003). В 2001 г. Брауном был создан Институт мировой политики, целью которого провозглашены разработка плана устойчивого развития и претворение его в жизнь. Институтом Брауна был разработан и предложен мировому сообществу «План Б», основанный на концепции экоэкономике (Он же 2013). Ключевые задачи «Плана Б» – стабилизация климата и численности населения мира, преодоление бедности и восстановление естественных систем жизнеобеспечения Земли – тесно связаны между собой, и все они, как показано в книге Л. Брауна, в принципе решаемы на основе существующих технологий.

Стабилизация климата достигается путем кардинального снижения объема выбросов  $\text{CO}_2$  за счет резкого повышения энергоэффективности и масштабного перехода на ВИЭ. Ставится задача преодоления бедности и ограничения численности населения Земли к 2040 г. 8 млрд человек. Однако в этом нет необходимости, поскольку человечество самоорганизовалось и само снижает темпы роста. Поэтому численность человечества, достигнув максимума в 8,7 млрд человек к 2050 г., далее пойдет на убыль, и к 2100 г. снизится до 7,9 млрд человек (Акаев, Садовничий 2022). Восстановление естественных систем жизнеобеспечения Земли – это восстановление лесов, пастбищ и почв, очистка рек и морей от загрязнения; стабилизация уровня грунтовых вод и защита биоразнообразия. Браун полагает, что решение этой задачи потребует комплекса мер – гораздо более масштабного, чем план Маршалла по восстановлению экономик Европы и Японии, лежавших в руинах после Второй мировой войны (Браун 2013: 131).

Однако «План Б» не получил реальной поддержки даже у правительства США. Хотя идея экологически устойчивого развития была предложена еще в 80-е гг. прошлого века, до сих пор нет страны, имеющей стратегию создания экоэкономике. Однако есть

страны, которые можно рассматривать как точки роста эконoмoмикoм на планете: это, например, Дания, Южная Корея, а теперь и крупнейшая страна мира – Китай.

### **Переход к зеленой энергетике**

Больше всех повезло известному американскому экономисту и экологу Джереми Рифкину, автору «Третьей промышленной революции» (Рифкин 2015). В 2007 г. Европарламент выпустил официальную декларацию, которая представляла «Третью промышленную революцию» как долгосрочное экономическое видение и дорожную карту для Евросоюза. У третьей промышленной революции пять фундаментальных источников: 1) широкое внедрение ВИЭ; 2) строительство зданий со встроенными ВИЭ; 3) получение и использование водорода в качестве аккумулятора энергии; 4) использование интернет-технологий для превращения энергосетей в интеллектуальную энергосеть; 5) перевод автопарка на электромобили или автомобили на топливных элементах (Там же: 58). Современные цифровые технологии позволяют собирать данные производителей и потребителей энергии в реальном времени и дают возможность организовать наилучший контроль работы энергосети путем оптимальной синхронизации спроса и предложения. Таким образом энергосети и базы данных объединяются в одну структуру – «умную сеть». Широкое использование ВИЭ приведет к переходу от нынешней централизованной генерации электричества крупными электростанциями к распределенному производству электроэнергии, что обязательно потребует создания умных электросетей, обеспечивающих устойчивость и эффективность энергоснабжения. Полная реализация «Третьей промышленной революции» означает переход от традиционных централизованных моделей организации бизнеса к распределенной структуре, от вертикальной иерархической организации экономики и политической власти к горизонтальному сетевому взаимодействию и сотрудничеству.

### **Принятие Целей устойчивого развития до 2030 г. и Парижское климатическое соглашение ООН 2015 г.**

Настоящий прорыв в деле достижения устойчивого развития в XXI в. на глобальном уровне произошел в 2015 г. Состоялось двойное принятие Целей устойчивого развития (ЦУР) до 2030 г. на сессии Генеральной Ассамблеи ООН 27 сентября 2015 г. и Па-

рижского климатического соглашения 12 декабря 2015 г. по итогам 21-й конференции ООН по вопросам изменения климата. ЦУР, включающие 17 целей и 169 целевых показателей, призваны объединять усилия всех государств – членов ООН и международных организаций в обеспечении устойчивого развития вышеуказанных показателей к 2030 г. Парижское климатическое соглашение не только подтвердило прежний лимит потепления в 2 °С по сравнению со средней приземной стационарной температурой +14 °С, характерной для доиндустриальной эпохи (до 1850 г.), но и установило новую, более амбициозную цель – стремиться к еще меньшему предельному лимиту потепления, равному 1,5 °С. Парижское климатическое соглашение 2015 г. сразу же стали называть историческим. Это было обусловлено беспрецедентными масштабами его всемирной поддержки: впервые климатическое соглашение было принято практически единогласно, его подписали 195 из 198 стран – участниц конференции. Менее чем год спустя, 4 ноября 2016 г., оно юридически вступило в силу, поскольку к этому времени его уже ратифицировали 111 стран (57 % из числа подписавших соглашение), на которые приходилось 77 % глобальных выбросов CO<sub>2</sub>, то есть значительно больше, чем требовалось условиями соглашения (55 % и 55 %). Официально Парижское соглашение вступило в силу в начале 2021 г., после окончания действия Киотского протокола 1997 г. по сокращению выбросов парниковых газов в атмосфере Земли.

Эти важнейшие события, произошедшие в 2015 г. в ООН, были восприняты мировым сообществом как поворотный момент в истории человечества. Действительно, впервые в своей истории человечество приняло дорожную карту, направленную на достижение весьма амбициозных и инклюзивных целей социально-экономического развития в рамках стабильного и устойчивого состояния биосферы Земли. Это также означало, что мировое сообщество наконец-то осознало, что стратегии ЦУР альтернативы не существует. А в Парижском соглашении было признано, что потепление климата представляет угрозу для человечества и биосферы Земли и требует широкого сотрудничества всех стран в сокращении глобальных выбросов парниковых газов. Важно помнить, что наше общество строит свои прогнозы на будущее на основе предположения, что изменения биосферы и климата происходят медленно, линейно и предсказуемо.

Однако в последнее время наука все чаще показывает, что длительные периоды медленных линейных изменений в природе могут резко, нелинейно, необратимо и непредсказуемо переходить в периоды быстрых и интенсивных изменений, называемых переломными моментами. Поэтому чрезвычайно важно знать границы переломных моментов, чтобы не допустить перехода в область, где возможны катастрофические последствия для человека. Научно обоснованная концепция планетарных границ (КПГ), определяющая безопасное пространство для существования и развития человечества, была предложена в 2009 г. профессором Йоханом Рокстрёмом, директором Центра исследований устойчивости Земли при Стокгольмском университете (Rockström *et al.* 2009).

Планетарные границы, по сути, – это биосферные ограничения хозяйственной и иной деятельности человечества, которые дадут ему возможность благополучно существовать и развиваться на протяжении будущих веков, а то и тысячелетий. КПГ, таким образом, устанавливает зону глобальной экологической безопасности, образно говоря, ноосферу Вернадского – сферу взаимодействия природы и общества (Вернадский 2012). Великий русский ученый Владимир Иванович Вернадский как раз и считал, что ноосфера требует глобального управления планетарными процессами согласно единой разумной воле. Он искренне верил в коллективный разум человечества и неизбежность его перехода в ноосферу. Последователь Вернадского Н. Н. Моисеев уже не питал иллюзий относительно естественного осуществления коэволюции человека и биосферы. Он указал путь к эпохе ноосферы следующим образом: «Эпохой ноосферы я называю этап истории человека, когда его коллективный разум и коллективная воля окажутся способными обеспечить коэволюцию, т.е. совместное развитие природы и общества. Человечество часть биосферы, и реализация принципа коэволюции – необходимое условие обеспечения его будущего» (Моисеев 1999: 253). Таким образом, сегодня дорога в будущее для человечества разветвляется на два пути. Один, стихийный, ведет к его самоуничтожению, а другой – к увеличению скоррелированности процессов в природе и обществе, то есть к коэволюции Моисеева и, следовательно, к ноосфере (Лисичкин и др. 1997).



### **Концепция планетарных границ**

Концепция планетарных границ (КПГ) направлена на исследование и определение научно обоснованных границ экологических пределов, в которых человечество может безопасно жить, работать и развиваться. Были выделены девять ПГ, которые играют ключевую роль: 1) изменение климата; 2) скорость утраты биоразнообразия; 3) изменение землепользования; 4) глобальное использование пресной воды; 5) закисление океана; 6) истощение стратосферного озона; 7) вмешательство в круговорот азота и фосфора; 8) химическое загрязнение; 9) атмосферная аэрозольная нагрузка (Rockström *et al.* 2009). Сегодня учеными определены количественные оценки пределов по семи из предложенных девяти ПГ. Нарушение одной или нескольких ПГ может быть пагубным или даже катастрофическим из-за риска превышения пороговых значений, которые вызовут нелинейные резкие изменения параметров окружающей среды в системах континентального или планетарного масштаба. По оценкам авторов указанного исследования, три процесса в биосфере – изменение климата, скорость утраты биоразнообразия и вмешательство в азотный цикл – уже вышли за допустимые границы. Нарушения ПГ, связанные с изменением климата, уже привели к участвовавшим разрушительным ураганам, наводнениям, засухам и тепловым волнам, а также тайфунам и цунами. Скорость исчезновения видов оценивается в 100–1000 раз больше, чем в естественных условиях голоцена. Именно изменения климата вкупе с утратой биоразнообразия стали причиной возникновения пандемии COVID-19 и других зоонозных болезней последнего времени, утверждают эксперты ЮНЕП. В последнее время сотрудники Й. Рокстрёма сообщили, что у них имеются данные о нарушении уже семи ПГ. А это серьезный сигнал человечеству!

### **Великий энергетический переход**

Энергетика является ключевым фактором развития человеческой цивилизации (Смил 2020). Она лежит в основе всех видов хозяйственной деятельности человека, от добычи полезных ископаемых, промышленного производства, сельского хозяйства и транспорта до сферы услуг. Оказывает решающее влияние на рост экономики и повышение благосостояния человека, создает комфортные условия для его жизни и деятельности. В XX в. мировой ВВП ( $Y_w$ ) рос прямо пропорционально объему выработки мировой энер-

гии ( $E_w$ ):  $Y_w \sim E_w$ . Американский физик, профессор Дж. Холдрен установил, что суммарное потребление энергии практически на всем протяжении XX в. было пропорционально квадрату численности населения Земли ( $N$ ):  $E_w \sim N^2$  (Holdren 1991). Но уже начиная с 1980-х гг. в результате масштабного перехода к энергосберегающим технологиям и экономии потребления энергии, а также насыщения в энергопотреблении домохозяйств это соотношение начало меняться так, что в настоящее время и на протяжении большей части XXI в. энергопотребление будет расти пропорционально численности населения Земли:  $E_w \sim N$  (Акаев 2017). Ведущая роль энергетики в формировании и развитии информационно-цифрового общества в XXI в., безусловно, сохранится. Вместе с тем именно энергетика явилась и в настоящее время остается основным источником загрязнения окружающей среды – суши, атмосферы и водных ресурсов, что привело к невиданной деградации среды обитания человека. Более того, интенсивно разрушается биосфера Земли, частично утрачивая важнейшую функцию стабилизации окружающей среды и особенно климата. Поскольку в течение всей 200-летней индустриальной эпохи в энергетике доминировали ископаемые органические топлива – уголь, нефть и газ, то выделяемые при их сжигании большие объемы углекислого ( $CO_2$ ) и других парниковых газов, попадая в атмосферу и частично накапливаясь там, повышают концентрацию парниковых газов, что вызывает потепление климата (Тарко 2005). Таким образом, за 200 лет индустриальной эпохи к 2018 г. средняя температура приземной атмосферы повысилась ровно на  $1^\circ C$ .

Можно утверждать, что Парижское климатическое соглашение внесло перелом в характер борьбы с климатическим потеплением, дало мощный импульс процессу декарбонизации энергетики (Акаев, Давыдова 2020). Сложился глобальный необратимый тренд на преимущественное развитие безуглеродной энергетики, основанной на ВИЭ – солнечных и ветряных электростанциях (СЭС и ВЭС), и замораживание проектов строительства угольных ТЭЦ. Ярким свидетельством, подтверждающим этот тренд, стал стремительный рост по всему миру как инвестиций в ВИЭ, так и объемов вырабатываемой за счет таких источников энергии. Данные технологии совершенствовались в течение всего пятого БЦК (1982–2018 гг.) и к этому времени уже достигли зрелости (Сидорович 2015). Поэтому настало время для динамичного и повсеместного

внедрения СЭС и ВЭС в рамках шестого «зеленого» цикла Кондратьева. Так, начиная с 2015 г. ежегодно вводится больше мощностей на ВИЭ, чем на ископаемом топливе. В 2017 г. суммарная мощность ВИЭ во всем мире превысила 1000 ГВт. В 2018 г. на долю ВИЭ приходилось около 64 % мировых инвестиций в электроэнергетику и примерно такая же доля новых вводов генерирующих мощностей. В 2019 г. уже 26 % мирового производства электроэнергии происходило из ВИЭ (REN21 2019). С каждым годом ВИЭ также становятся все более конкурентоспособными. Только за 10 посткризисных лет (2011–2021 гг.) себестоимость СЭС снизилась на 45 %, а ВЭС – на 25 %. Сегодня себестоимость ВИЭ уже сопоставима с показателями традиционных углеводородных источников энергии, а через несколько лет она будет гораздо ниже. Международное агентство по ВИЭ (IRENA) прогнозирует, что доля ВИЭ в мировом энергосекторе должна увеличиться до 85 % к 2050 г. (IRENA 2018).

Для достижения главной цели Парижского соглашения – стабилизации потепления климата на уровне 1,5–2 °С – по результатам моделирования МГЭИК (2018) требуется трехкратное снижение выбросов парниковых газов соответственно к 2050 г. и 2070 г. по сравнению с объемом выбросов в 2019 г. (33,3 Гт CO<sub>2</sub>). Доля ВИЭ в общих запасах первичной энергии должна соответственно увеличиваться к 2050 г. примерно до 85 % и 65 %. Это очень трудная задача, если учесть, что за 25 лет после Рио-92 (1992–2017 гг.) доля ископаемого топлива в мировом топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) снизилась всего на 1,5 % – с 86,6 % в 1992 г. до 85,1 % в 2017 г. При этом доля ВИЭ в выработке электроэнергии за тот же период повысилась с 0,5 % до 4,5 % ТЭБ (Смил 2022: 176–177). А ведь за следующие 25 лет человечеству предстоит повысить ее до 85 %! Это говорит о грандиозных масштабах предстоящей трансформации мировой энергетической системы. Таким образом, для достижения целей Парижского соглашения 2015 г. глобальная энергетическая система должна претерпеть революционную трансформацию из низкоэффективной и высокоуглеродной энергосистемы, преимущественно основанной на ископаемом топливе, в высокоэффективную и низкоуглеродную энергосистему, связанную «умной» энергосетью, при доминировании ВИЭ и водородной энергетики. Подобный процесс, когда новый энергетический уклад от начальной доли в 3–5 % ТЭБ поднимается до доминирующей доли

в 30–40 %, называется энергетическим переходом. Ранее, при переходе от доминирующего угля к нефти, а затем от доминирующей нефти к газу, для этого потребовалось примерно 60 лет (Смил 2020: 380). На сей раз требуется сократить это время в два раза и сжать переходный период до 30 лет. Учитывая грандиозность масштабов предстоящей задачи по трансформации действующей сегодня в мире энергосистемы, ее назвали Великим энергетическим переходом.

Необходимо помнить, что энергопереход – это эволюционный процесс, характеризующийся длительным периодом и не допускающий чрезмерного ускорения (Он же 2012: 96). Поскольку эволюционные процессы имеют свою эндогенную скорость развития, может получиться так, что не удастся существенно ускорить процесс распространения ВИЭ, как это планируется в слишком амбициозных сценариях развития. В данной связи следует особо подчеркнуть, что любые заявления или непродуманные планы по осуществлению перехода к ВИЭ за одно или два десятилетия являются абсолютно необоснованными и крайне вредными, если они исходят от политических лидеров (Там же: 201). Кроме того, если раньше драйвером энергоперехода служили естественные экономические стимулы, то теперь это больше экологический фактор, который зависит от государственной энергетической политики, политики декарбонизации энергетики, что обусловлено требованиями стабилизации климата. Поэтому успех предстоящего Великого энергоперехода зависит от активизации государственной политики декарбонизации энергетики. Исходя из эволюционных математических моделей замещения ископаемого топлива с помощью имеющихся передовых технологий ВИЭ, мы в наших работах (Акаев, Давыдова 2020; Акаев, Davydova 2021) с помощью компьютерного моделирования реальных сценариев перехода показали, что Великий энергопереход с достижением целей Парижского соглашения возможен к 2050–2060 гг. со стабилизацией потепления на уровне 1,7 °С. Дальнейшее улучшение возможно только путем масштабного использования установок прямого отсасывания углерода из атмосферы и его захоронения в глубоких подземных шахтах. По данным Международного агентства энергетики, в 2020 г. таких установок в мире насчитывалось всего 15, и в общей сложности они высасывали из воздуха около 9 тыс. т CO<sub>2</sub> в год, тогда как объем выбросов углерода только в 2019 г. составил свыше 7 млрд т (Акаев, Давыдова 2020).

### **Миссия Римского клуба продолжается**

Римский клуб все еще остается основной неправительственной организацией, формирующей повестку ответственного глобализма и устойчивого развития. Доклады Клуба по-прежнему служат ориентиром для значительной части мировой элиты. В 2018 г. Клубом был представлен юбилейный (1968–2018 гг.) доклад, приуроченный к 50-летию его создания, под названием «Come On! Капитализм, близорукость, население и разрушение планеты» (von Weizsacker, Wijkman 2018). Этот основополагающий доклад был написан двумя действующими на тот момент президентами Клуба – Эрнстом фон Вайцзеккером и Андерсом Вийкманом при участии 34 членов Клуба, так что он представляет консолидированную позицию Клуба и открывает новый современный этап его деятельности. Доклад содержит жесткую критику капитализма и практики финансовых спекуляций, раскрывает хищническое отношение капитализма к природе, ставшее основой его процветания, и призывает к строительству альтернативной зеленой экономики, «новому Просвещению» и переосмыслению науки и образования, переходу к единой планетарной гармоничной цивилизации, одним словом, к ноосфере Вернадского (Вернадский 2012). По существу, это повестка развития человечества, предлагаемая Римским клубом. Его члены полагают, что в 1980-х гг. произошло вырождение здорового капитализма, основным источником прибыли в рамках которого стали финансовые спекуляции. Клуб приветствует подписание Парижского климатического соглашения, но указывает на неприемлемость разрыва между принятыми целями и обязательствами государств, даже полного выполнения которых будет недостаточно для достижения основных целей. Действительно, по оценке МГЭИК национальные обязательства, принятые к Парижской конференции, приведут к глобальному потеплению на 3 °С к 2100 г., после чего потепление также продолжится (МГЭИК 2018). С тех пор, к сожалению, кардинальных изменений не произошло.

Наряду с основным юбилейным докладом Римского клуба в том же 2018 г. увидел свет уже доклад Римскому клубу «Трансформация возможна» (Randers *et al.* 2018), подготовленный видными скандинавскими учеными Йоргеном Рандерсом, Йоханом Рокстрёмом, Пером-Эспеном Стокнесом и их соратниками. Следует отметить, что Й. Рандерс был соавтором первого исторического

доклада Клуба «Пределы роста» наряду с супругами Медоуз. Это первое в мире исследование того, как оптимально достичь всех 17 ЦУР к 2030 г. в рамках всех девяти ПГ, предпринятое с помощью интегрированной модели социально-экономического развития и изменения состояния биосферы Земли. В результате моделирования авторы пришли к выводу, что существующие модели экономического роста, производства и потребления с неизбежностью разрушают природное равновесие, выводят его за пределы ПГ и приближают экологическую катастрофу. Причем даже моделирование в предположении более быстрого экономического роста показало, что, хотя это может несколько улучшить достижение ЦУР к 2050 г. (но никак не к 2030 г.), цена для стабильности жизнеобеспечения Земли окажется высокой. Авторами делается окончательный вывод о неспособности современного финансового капитализма как экономической системы обеспечить устойчивое развитие одновременно с достижением ЦУР 17 в рамках ПГ. Поэтому авторы предлагают трансформацию капитализма, которая позволяет обеспечить устойчивое развитие человечества в рамках ПГ.

Как видим, в ключевых докладах Римского клуба, закладывающих повестку устойчивого развития человечества и биосферы Земли на вторую четверть XXI в., утверждается, что капитализм в его современной форме не способен обеспечить достижение ЦУР 17 в рамках всех девяти ПГ, то есть устойчивое развитие человечества. Поэтому авторы докладов предполагают трансформационные стратегии, но в рамках усовершенствованного «инклюзивного» капитализма, которые якобы способны обеспечить устойчивое развитие. Мы исходим из того, что капитализм переживает завершающую стадию своего жизненного цикла и поэтому он в принципе не способен трансформироваться в инклюзивный капитализм. Постепенных улучшений современного капитализма уже будет недостаточно. Потребуется принципиально новые формы производства и потребления, более справедливое распределение доходов и богатства, усовершенствованная рыночная система, эффективное глобальное управление и мн. др. Отрадно, что эти элементы закладываются сегодня авангардными развивающимися странами, входящими в БРИКС-11, и прежде всего Китаем и Россией.

В этой связи мы, группа ученых МГУ имени М. В. Ломоносова под руководством академика В. А. Садовниченко, подготовили свой научный доклад Римскому клубу в канун 50-летия первого офици-

ального доклада Клубу. Главным достоинством нашего доклада стало компьютерное моделирование изменений климата, что позволило получить прогнозные сценарии стабилизации потепления климата в соответствии с целями и требованиями Парижского климатического соглашения. Наш доклад был одобрен Римским клубом и опубликован известным международным издательством «Springer» (Sadovnichy *et al.* 2023). Вышел также его краткий русский вариант (Садовничий 2023) и готовится к выходу полный вариант. В этом докладе мы показали, что человечество переходит на новую фазу исторического развития. Мы считаем, что необходимо осуществить переход к интегральной гуманистически-ноосферной цивилизации и устойчивому многополярному мироустройству на базе партнерства цивилизаций и ведущих держав. Предпосылки для этого уже складываются с начала XXI в., в особенности благодаря формированию объединения БРИКС +.

### **Последствия потепления климата становятся все разрушительнее**

Итак, по-прежнему имеет место радикальная недооценка надвигающегося климатического и экологического кризиса. Этим объясняется тот факт, что как Парижское климатическое соглашение 2015 г., так и ЦУР 17 выполняются крайне недостаточно и неполноценно. Еще в начале века известный английский экономист Н. Стерн убедительно показал, что в глобальном масштабе превентивная охрана климата окупается уже в среднесрочной перспективе (Stern 2007): чем позже страны начинают сокращать выбросы парниковых газов, тем больше потерь несет мировая экономика. Чем больше инвестиций в ВИЭ, чем выше эффективность ресурсопотребления и экологически чистых технологий, тем крепче основы устойчивого роста. Бездействие – вот самая дорогостоящая политика, – таков был вывод Н. Стерна.

А тем временем, по данным Всемирной метеорологической организации (ВМ), начало июля 2023 г. стало самым жарким за всю историю наблюдений. 7 июля 2023 г. был зафиксирован новый температурный рекорд: средняя глобальная температура достигла 17,24 °С, что на 0,3 °С выше прежнего рекорда, установленного в августе 2016 г. Июнь 2023 г. также оказался самым жарким за всю историю измерений (WMO 2023). В целом, как показал анализ WMO, последние восемь лет (2015–2022 гг.) были самыми жаркими в истории. В этот период от жары в мире ежегодно умирало

около 100 тыс. человек. Глобальный ущерб от участвовавших стихийных бедствий составил примерно 300 млрд долларов в год. Максимальный ущерб наблюдался в 2014 г. – 676 млрд долларов, в 2017 г. – 584 млрд долларов. Для сравнения, в начале 2000-х гг., по данным AON, он составлял примерно 150 млрд долларов. Как видим, ущерб растет стремительно.

### **Время требует политических лидеров новой формации**

Ученые, исследующие природу социальных перемен, часто используют понятие порога перемен, представляющее тот предел, при пересечении которого может наступить быстрая и часто непредсказуемая смена хода процесса. В книге Л. Брауна (2003) приводится пример вступления США во Вторую мировую войну. В 1940–1941 гг. в Соединенных Штатах велись горячие дебаты по вопросу участия страны в войне, бушевавшей в Европе. Тогда большинство американцев были решительно настроены против вступления в войну, хотя дальновидный президент Франклин Рузвельт считал, что участие в ней страны неизбежно. Затем наступило 7 декабря 1941 г., когда во время нападения Японии на Перл-Харбор был нанесен огромный ущерб Тихоокеанскому флоту США. Дебаты вмиг были закончены. Нападение на Перл-Харбор перенесло США через порог перемен. Страна объявила войну Германии и Японии и начала мобилизацию.

Знаменитый ученый Л. Браун полагает, что для того чтобы человечество приступило к переходу к экоэкономике, требуется подобная масштабная встряска, которая привела бы к подлинному перевороту в парадигме политического мышления мировых лидеров и в целом человечества в пользу устойчивого развития. По-видимому, так уж устроено человечество, и этому альтернативы нет. Такая встряска может быть следствием невиданной доселе экологической катастрофы. Действительно, например, после шокового нефтяного кризиса 1970-х гг., сопровождавшегося резким повышением цен на нефть, произошел переход к более экономным технологиям потребления топлива, энергосберегающим технологиям в экономике в целом.

Ученые считают, что нынешний институт политического лидерства в наиболее развитых странах абсолютно не отвечает требованиям новой эпохи. Нужен принципиально новый институт политических лидеров, обогащенных знаниями науки и технологий



и способных вывести человечество из глобального экологического кризиса. Поэтому ученые пишут специальные книги, посвященные будущим политическим лидерам. Например, известный американский физик профессор Р. Мюллер написал книгу под названием «Физика для будущих президентов» (Мюллер 2011). В ней в весьма популярной форме излагаются те разделы физики, знать которые необходимо каждому руководителю мирового уровня. Это источники энергии, ядерные и космические технологии, а также глобальное потепление и меры по его стабилизации. В книге объясняются наиболее важные факты, идеи и ключевые концепции, благодаря которым президенты сумеют принять качественные и мудрые политические решения. С этой же целью в свое время выдающийся советский ученый академик Н. Н. Моисеев написал книгу с гамлетовским названием «Быть или не быть... человечеству?» (Моисеев 1999), в которой отметил: «Государствам необходима активная экологическая политика – это требование современности. Человек должен научиться по-иному относиться к Природе, отказаться от опасной иллюзии господства над ней и научиться жить, следуя законам Природы» (Там же: 51).

Выдающийся российский механик и математик академик Р. И. Нигматуллин написал замечательную книгу «4 Э нашей жизни» (Нигматуллин 2015), также из этой серии. В ней в ясной и доступной форме излагаются проблемы, связанные с изменением климата, перспективы развития энергетики и экономического роста и их последствия для экологии биосферы, а также межэтнические отношения. Нигматуллин считает, что ученые непременно должны анализировать локальные и глобальные проблемы человечества и доносить их до власти. Он не устает повторять, что требуется интеллектуальное давление на власть, чтобы та проводила необходимую для процветания страны модернизацию энергетики и экономики с учетом приоритета требований экологии (Там же: 64–65). МГЭИК каждый свой доклад сопровождает специальным «резюме для политиков». Например, подобное резюме было подготовлено сразу после принятия исторического Парижского климатического соглашения (МГЭИК 2018), где изложены понимание глобального потепления на 1,5 °С и связанные с ним экологические риски и меры по усилению глобального реагирования в контексте устойчивого развития.

### Заключение

В настоящее время биосфера Земли находится вблизи точки бифуркации: или человечеству удастся объединить усилия всех стран мира, совершить большой скачок в модернизации энергетики и экономики и перейти на траекторию устойчивого развития, коэволюции человека и биосферы, или биосфера теряет устойчивость и переходит в одно из квазиравновесных состояний, где человечество ожидают тяжелые экологические кризисы и испытания. Биосфера является саморегулирующейся системой, ее способность к поддержанию стабильной окружающей среды не безгранична и сохраняется лишь до тех пор, пока возмущения, которым подвергается система, не превышают возможностей регуляции.

Антропогенное воздействие человечества еще на рубеже XIX–XX вв. превысило это предел, и с тех пор Земля находится в состоянии непрерывно усугубляющегося экологического кризиса, хотя пока еще не утрачена надежда на то, что процессы деградации биосферы и ее регулятивного механизма не стали необратимыми. Но если не предотвратить дальнейшее развитие кризиса, он неминуемо перерастет в необратимую, возможно, губительную для человечества экологическую катастрофу. Пришло время, когда нынешнюю энергетику и экономику, загрязняющую атмосферу и окружающую среду и неуклонно ведущую мир к экологической катастрофе, необходимо трансформировать в зеленую энергетику и экономику, берегающую биосферу планеты. А для этого нужны эффективные политические решения, которые будут неуклонно претворены в жизнь во всех странах мира.

### Литература

**Акаев, А. А.**

2017. От Рио до Парижа: достижения, проблемы и перспективы в борьбе с изменениями климата. *Вестник РАН* 87(7): 587–598.

2019. *От эпохи Великой дивергенции к эпохе Великой конвергенции*. М.: ЛЕНАНД. 352 с.

**Акаев, А. А., Давыдова, О. И.** 2020. Парижское климатическое соглашение вступает в силу. Состоится ли Великий энергетический переход? *Вестник РАН* 90(10): 926–938.

**Акаев, А. А., Садовничий, В. А.** 2022. Математическая модель для прогнозирования глобальной демографической динамики в эпоху использования интеллектуальных машин. *Вестник РАН* 22(9): 877–884.

**Браун, Л.** 2013. *Мир на грани. Как предотвратить экологический и экономический коллапс.* М.: АСТ – ПРЕСС КНИГА. 208 с.

**Браун, Л. Р.** 2003. *Экоэкономика. Как создать экономику, оберегающую планету.* М.: Весь мир. 392 с.

**Вайцеккер, Э., Ловинс, Э., Ловинс, Л.** 2000. *Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу.* М.: Academia. 400 с.

**Вайцеккер, Э., Харгроуз, К., Смит, М.** 2013. *Фактор пять. Формула устойчивого роста. Доклад Римскому клубу.* М.: АСТ. 368 с.

**Велихов, Е. П., Гагаринский, А. Ю., Субботин, С. А., Цибульский В. Ф.** 2008. *Эволюция энергетики в XXI веке.* М.: ИздАт. 159 с.

**Вернадский, В. И.** 2012. *Биосфера и ноосфера.* М.: Айрис-пресс. 576 с.

**Всемирный банк.** 2023. *Перспективы развития мировой экономики.* URL: <https://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/global-economic-prospects>.

**Горшков, В. Г.** 1995. *Физические и биологические основы устойчивости жизни.* М.: ВНИИТИ. 470 с.

**Данилов-Данильян, В. И.**

2003. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ). *Экономика и математические методы* 39(2): 32–38.

2019. Глобальная климатическая проблема и возможности прогнозирования. *Век глобализации* 4: 3–15.

**Данилов-Данильян, В. И., Лосев, К. С.** 2000. *Экологический вызов и устойчивое развитие.* М.: Прогресс-Традиция. 416 с.

**Данилов-Данильян, В. И., Лосев, К. С., Рейф, И. Е.** 2009. *Перед главным вызовом цивилизации: Взгляд из России.* М.: ИНФРА-М. 224 с.

**Джексон, Т.** 2013. *Процветание без роста. Экономика для планеты с ограниченными ресурсами.* М.: АСТ – ПРЕСС КНИГА. 304 с.

**Лисичкин, В. А., Шелепин, Л. А., Боев, Б. В.** 1997. *Закат цивилизации или движение к ноосфере.* М.: ИЦ-Гарант. 345 с.

**Марфенин, Н. Н.** 2007. *Устойчивое развитие человечества.* М.: Изд-во МГУ. 624 с.

**МГЭИК.** 2018. *Резюме для политиков. Глобальное потепление на 1,5 °С. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °С выше доиндустриальных уровней о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению бедности.* Женева: Всемирная метеорологическая организация. 32 с.

**Медоуз, Д. Х., Медоуз, Д. Л., Рандерс, Й.** 1994. *За пределами роста*. М.: Прогресс. 361 с.

**Медоуз, Д. Х., Медоуз, Д. Л., Рандерс, Й., Беренс, В. В.** 1991. *Пределы роста*. М.: Изд-во МГУ. 207 с.

**Медоуз, Д. Х., Рандерс, Й., Медоуз, Д. Л.** 2008. *Пределы роста. 30 лет спустя*. М.: Академкнига. 342 с.

**Моисеев, Н. Н.**

1996. Ядерная зима. В: Ярошинская, А. А. (ред.), *Ядерная энциклопедия*. М.: Благотворительный фонд Ярошинской. С. 144–147.

1999. *Быть или не быть... человечеству?* М.: Россия молодая, 1999. 288 с.

**Моисеев, Н. Н., Александров, В. В., Тарко, А. М.** 1985. *Человек и биосфера: Опыт системного анализа и экспериментов с моделями*. М.: Наука. 272 с.

**Мюллер, Р. А.** 2011. *Физика для будущих президентов*. М.: АСТ Астрель.

**Наше общее будущее: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР).** 1989. М.: Прогресс. 371 с.

**Нигматуллин, Р. И.** 2015. *4 Э нашей жизни: экология, энергетика, экономика, этнос*. М.: Литтерра. 112 с.

**Рамсторф, Ш., Шельнхубер, Х. И.** 2009. *Глобальное изменение климата: диагноз, прогноз, терапия*. М.: ОГИ. 272 с.

**Рифкин, Дж.** 2015. *Третья промышленная революция*. М.: Альпина нон-фикшн. 410 с.

**Садовничий, В. А. (ред.).** 2023. *Преодолевая пределы роста. Основные положения доклада для Римского клуба*. М.: Изд-во МГУ. 99 с.

**Сидорович, В.** 2015. *Мировая энергетическая революция. Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир*. М.: Альпина Паблишер. 208 с.

**Смил, В.**

2012. *Энергетика: мифы и реальность. Научный подход к анализу мировой энергетической политики*. М.: АСТ – ПРЕСС КНИГА. 272 с.

2020. *Энергия и цивилизация*. М.: Эксмо. 480 с.

2022. *Цифры не лгут: 71 факт, важный для понимания всего на свете*. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус. 320 с.

**Тарко, А. М.** 2005. *Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов*. М.: ФИЗМАТЛИТ. 232 с.

**Форрестер, Дж.** 1978. *Мировая динамика*. М.: Наука. 168 с.

**Фюкс, Р.** 2015. *Зеленая революция. Экономический рост без ущерба для экологии*. М.: Альпина нон-фикшн. 330 с.

**Чумаков, А. Н., Штарк, Л. П.** 2019. Римский клуб: к итогам полувекковой деятельности. *Век глобализации* 4: 40–42.

**Акаев, А. А., Davydova, O. I.** 2021. A Mathematical Description of Selected Energy Transition Scenarios in the 21<sup>st</sup> Century Intended to Realize the Main Goals of the Paris Climate Agreement. *Energies* 14: 2558. DOI: 10/3390/en14092558.

**Holdren, J.** 1991. Population and the Energy Problem. Population and Environment. *Journal of Interdis Studies* 3: 231–255.

**IPCC.** 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment Reports*. Cambridge: Cambridge University Press. 410 pp.

**IRENA.** 2018. URL: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications).

**Randers, J. Roskröm, J., Stokness, P.-E. et al.** 2018. *Transformation is Feasible. A Report to the Club of Rome*. Stockholm: Stockholm Resilience Center. 60 pp.

**REN21.** 2019. Возобновляемая энергетика 2019. URL: [www.ren21.net/GSR](http://www.ren21.net/GSR).

**Roskröm, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å.** 2009. A Safe Operating Space for Humanity. *Nature* 461: 472–475.

**Sadovnichy, V., Akaev, A., Ilyin, I., Malkov, S., Grinin, L., Korotayev, A.** 2023. *Reconsidering the Limits to Growth: A Report to the Russian Association of the Club of Rome*. Cham: Springer International Publishing, 2023.

**Stern, N.** 2007. *The Economics of Climate Changes: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 662 pp.

**Wackernagel, M., Schulz, N., Deumling, D., Callejas Linares, A.** 2002. Treching the Ecological Overshoot of the Human Economy. *Proceedings of the Academy of Science* 99(14): 9266–9271.

**Weizsäcker, E. U. von, Wijkman, A.** 2018. *Come on! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. A Report to the Club of Rome*. N. p.: Springer. 234 pp.