

КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И РЕАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ ЦИВИЛИЗАЦИИ

© 2021 г. В. С. Арутюнов^{a,b}

^a Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, Москва, Россия

^b Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

E-mail: v_arutyunov@mail.ru

Поступила в редакцию 16.11.2020 г.

После доработки 23.11.2020 г.

Принята к публикации 25.12.2020 г.

Наша Цивилизация – наиболее сложная из известных нам природных систем. Её дальнейшее прогрессивное развитие невозможно без постоянного роста потребления энергии для преодоления энтропийных процессов и, соответственно, постоянного рассеивания этой энергии в окружающую среду. Поэтому независимо от характера используемых источников энергии со временем неизбежно нарушение теплового баланса планеты и повышение температуры её поверхности. Концепция устойчивого развития, акцентируя внимание на борьбе с последствиями техногенного влияния Цивилизации, не учитывает это неустранимое противоречие развития Цивилизации в условиях ограниченных ресурсов и масштаба вмещающей её планеты. Не давая ответ на этот глобальный вызов, крайне затратные природоохранные мероприятия фактически усиливают техногенный прессинг на природу. До тех пор, пока не будут выработаны более реальные представления о путях развития Цивилизации и соответствующие им стратегические решения, наиболее рациональная тактика – не борьба с неизбежными изменениями, а подготовка к предстоящим переменам.

Ключевые слова: эволюция, биосфера, цивилизация, устойчивое развитие, энергия, тепловой баланс, альbedo Земли, изменение климата.

DOI: 10.31857/S0869587321030026

Несовместимость постоянного роста населения Земли и объёма потребляемых им ресурсов с ограниченными возможностями нашей планеты ещё в начале XIX в. понял Томас Мальтус [1]. Однако в полной мере она была осознана только в 1970-х годах после работ Джея Форрестера, Денниса Медоуза и Эдуарда Пестеля [2–5], выполненных по заказу Римского клуба. О популярности идеи “пределов роста” (Limits to Growth) сви-

детельствуют миллионные тиражи посвящённых этой теме работ [3–7] и неослабевающий интерес к моделированию процессов глобальной динамики [8].

Основной вывод, сделанный на основе моделирования, заключался в том, что, превысив вмещающую по отношению к нему способность Земли, человечество оказалось перед перспективой одного из двух сценариев: неизбежный коллапс, вызванный естественной физической ограниченностью земных ресурсов, или контролируемое сокращение оказываемого им давления на окружающую среду путём преднамеренного социального выбора. Данный вывод послужил основой широко известной Концепции устойчивого развития (Conception of Sustainable Development), которая стала не только стимулом для большого числа исследований по глобальной динамике, экологии, энергетике, социологии и другим связанным областям, но и платформой для формирования региональной и глобальной политики. Огромный объём и интенсивность работ в этой



АРУТЮНОВ Владимир Сергеевич – доктор химических наук, иностранный член НАН Республики Армения, заведующий лабораторией окисления углеводородов ФИЦ ХФ РАН, главный научный сотрудник ИПХФ РАН, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина и МГУ имени М.В. Ломоносова.

области породили иллюзию [9], что, совершенствуя модели глобальной динамики, можно, не меняя радикально характер современной Цивилизации, выработать оптимальный сценарий развития, который приведёт к длительному и стабильному её существованию и даже прогрессивному развитию.

Главный недостаток представлений, лежащих в основе Концепции устойчивого развития, в том, что они игнорируют фундаментальные закономерности эволюции Вселенной. На протяжении доступного нашему анализу периода её существования произошло постоянное усложнение форм материи. За элементарными частицами появились атомы и молекулы, затем химические соединения, биологические объекты, сложные формы жизни, разум и, наконец, Цивилизация. На всех этапах усложнение систем сопровождалось ростом интенсивности их обмена энергией с окружающей средой, необходимого для противодействия энтропийным процессам. Поэтому увеличение интенсивности энергетических потоков внутри сложных систем и их энергообмена с внешней средой по мере усложнения можно считать необходимым условием прогрессивной эволюции. Это подтверждают и окружающая нас Биосфера, и возникшая внутри неё Цивилизация. Необходимо признать, что прогрессивное развитие Цивилизации невозможно без постоянного увеличения интенсивности обусловленных ею энергетических потоков, то есть увеличения потребления ею энергии и, соответственно, её рассеивания в окружающую среду. Попытки искусственно ограничить этот процесс равносильны попыткам остановить развитие этой наиболее сложной из известных нам природных систем и неизбежно приведут к её деградации.

Единство Биосферы и Цивилизации. Одним из первых единство Биосферы, окружающей нас Природы и Цивилизации, а также глобальную космическую роль человечества понял В.И. Вернадский. В отличие от своего предшественника П. Тейяра де Шардена, который, исходя из своих глубоко религиозных убеждений, сформулировал понятие о Ноосфере как вершине мировой эволюции на пути соединения Вселенной с Богом [10], Вернадский трактовал это понятие сугубо материалистически. Он рассматривал Ноосферу как состояние, при котором Цивилизация и окружающая её Природа становятся единым целым [11].

Основной постулат В.И. Вернадского заключался в том, что жизнь — не случайное явление на земной поверхности, её появление на нашей планете — закономерность космического масштаба, в силу этого она не может исчезнуть или прерваться. Как наиболее убедительный аргумент космической роли жизни он отмечал планетарный мас-

штаб, который приобрела жизнь на Земле. Практически вся внешняя оболочка нашей планеты, включая её атмосферу и поверхность на глубину в несколько километров, сформирована в результате деятельности живых организмов. А сейчас также закономерно основным фактором, формирующим облик планеты, включая её поверхность и атмосферу, стала порождённая Биосферой Цивилизация.

Столь же закономерным процессом В.И. Вернадский считал переход Биосферы “под влиянием научной мысли и человеческого труда” в новое состояние, которое он (возможно, преждевременно) называл сферой разума — Ноосферой. Учёный полагал, что такая перестройка Биосферы, происходящая на наших глазах, “не может быть случайным явлением, зависящим от воли человека, но есть стихийный природный процесс”. Следовательно, “Цивилизация культурного человечества... не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление” [11, с. 277]. Исходя из этого он делает очень важный и глубокий вывод о том, что “все страхи и рассуждения обывателей, а также представителей гуманитарных и философских дисциплин о возможности гибели Цивилизации связаны с недооценкой силы и глубины геологических процессов, каким является происходящий ныне, нами переживаемый переход Биосферы в Ноосферу” [там же, с. 284]. Конечно, это написано до появления такого мощного фактора, как ядерное оружие, которое ещё до наступления “эры разума” может нанести страшный удар по Цивилизации и Биосфере. Но даже подобная катастрофа вряд ли способна уничтожить все разнообразные проявления жизни на Земле и даже её высокоразвитые формы и все достижения Цивилизации и неизбежно приведёт к следующей попытке.

Ещё один фактор, не учитывавшийся Вернадским в силу реалий его времени, но который мы уже не можем игнорировать, — стремительный прогресс в создании искусственного интеллекта. Можно дискутировать о сроках его появления и формах его проявления, однако не существует никаких природных запретов, исключающих возможность создания небиологических носителей разума. А это автоматически и фантастически изменило перспективы и характер развития Цивилизации. Но пока перед ней стоит более прозаическая задача: на основе реально доступных ресурсов обеспечить своё прогрессивное, то есть действительно устойчивое развитие в течение максимально продолжительного периода для плавной смены цивилизационной парадигмы на базе новых научно-технических достижений.

Рост потребления энергии как необходимое условие развития Цивилизации. Таким образом, даже если удастся стабилизировать численность

населения Земли и не рассматривать неизбежную в будущем его экспансию в космос, постоянный рост потребления энергии — необходимое условие развития Цивилизации. Любая попытка искусственно ограничить потребление энергии за счёт сдерживания темпов технологического развития (что не противоречит её более рациональному использованию) неизбежно приведёт к остановке развития общества, застою и его последующей деградации. В истории Цивилизации тому было много примеров, включая судьбу так называемых “примитивных сообществ”, ещё сохраняющихся в труднодоступных уголках планеты. Фактически они в своих конкретных условиях реализовали сценарий Концепции устойчивого развития, идеально вписавшись в окружающую среду и добившись “полной гармонии” с природой, но заплатили за это остановкой развития и даже деградацией. Но вряд ли это то будущее, к которому стремится человечество.

Можно не сомневаться, что попытка реализовать подобный сценарий в масштабах всей планеты приведёт к аналогичным последствиям. У человечества нет выбора: или продолжать прогрессивное развитие и, соответственно, наращивать потребление энергии и прочих ресурсов и их рассеивание в окружающую среду, или законсервировать наши взаимоотношения с окружающей средой, вписаться в неё с неизбежной последующей деградацией и примитивизацией социума. Попытки найти промежуточную траекторию при огромном количестве связей, обеспечивающих относительную (но не абсолютную!) стабильность Биосферы, которая продолжает развиваться и поэтому меняться, а тем более самонадеянно рассчитывать на возможность управления такой сложнейшей системой в “ручном режиме” абсолютно беспочвенны. Реалистичный подход к проблеме устойчивого прогрессивного развития цивилизации в окружающем и неизбежно меняющемся мире не должен ставить своей задачей сохранение привычной для нас окружающей среды, а тем более сводиться к этой проблеме. Его целью должен быть поиск оптимальных путей взаимной эволюции (коэволюции) Цивилизации и мира, в котором она существует (в первом приближении — Биосферы), на что одним из первых указал В.И. Вернадский [11]. К сожалению, современный уровень обсуждения стратегии взаимодействия Цивилизации и Природы практически сводится к необходимости снизить воздействие человечества на окружающую среду, что не решает проблему, а лишь отдаляет наступление кризиса.

Концепцию устойчивого развития можно рассматривать как естественную спонтанную реакцию на взрывную экспансию человечества в Биосферу в результате бурного научно-технического прогресса XIX–XX вв. и сформировавшегося менталитета “покорителей природы”. Период ак-

тивного освоения планеты и её ресурсов по мере приближения к естественному пределу неизбежно должен был вызвать подобную “природоохранную” реакцию. Однако уже необходимо переходить от примитивной реакции “от противного”, которую предлагает Концепция устойчивого развития, к разработке принципиально иной стратегии развития цивилизации в новых технологических и новых природных условиях. Такая стратегия должна исходить из неизбежности взаимной эволюции Цивилизации и Природы, в том числе климата планеты, и опираться не на текущие, а на прогнозируемые достижения человечества, включая возможность появления новых форм организации общества и нового типа его субъектов, как бы фантастически это сейчас ни звучало.

Управляемое развитие или саморазвитие? Системный вызов, стоящий перед цивилизацией, требует системного ответа. Авторы работы [9] полагают, что выход из сложившейся ситуации позволит найти более совершенные модели мировой динамики (World Energy Models) и их постоянное развитие на базе научного мониторинга и анализа информационных потоков. При этом организация стратегического управления рисками, прогноза и предупреждения кризисных явлений должна стать сверхзадачей для науки, поскольку они могут быть компенсированы только целенаправленным вмешательством в социальную организацию общества. Эти идеи отражают заложенные в Концепции устойчивого развития представления о необходимости прогноза и предупреждения кризисных явлений и стратегического управления рисками, что, по мнению её разработчиков, может обеспечить бескризисное развитие.

Действительно, опыт показывает, что затраты на прогнозирование и подготовку к чрезвычайным природным событиям примерно в 15 раз меньше по сравнению с предотвращённым ущербом. Но пока неясно, реальна ли вообще идея управляемого развития. Один из выдающихся экономистов современности Фридрих Хайек считал необходимым условием прогресса именно спонтанную эволюцию, а главной ошибкой — мнение, что мы можем больше, чем реально делаем. По его словам, механизм рынка позволяет задействовать такой объём информации, который недоступен никакому управляющему органу. Вместо навязываемых сверху конкретных целей должны быть приняты более абстрактные нормы поведения. Именно благодаря этому удалось расширить возможности мирного сосуществования людей за пределы первоначальных малых групп, ибо при этом каждый получил возможность извлекать пользу из знаний и умений других людей, действующих с совершенно иными собственными целями [12].

Ф. Хайек подчёркивал, что именно унифицированные ценности и цели — главное препятствие для достижения любых целей. Смысл рынка состоит в том, что все люди используют собственные знания для достижения собственных целей, починаясь правилам игры — выработанным обществом нормам человеческого поведения. Поэтому, полагал он, наши общественные институты созревают как часть бессознательного процесса структурной самоорганизации. Мораль не есть творение разума, она образует отдельную традицию “между инстинктом и разумом”. Значение этой традиции в том, что она даёт нам механизм приспособления к проблемам и обстоятельствам, которые недоступны для рассуждений. Наши моральные традиции, как и многие другие аспекты культуры, развивались одновременно с разумом, но не в качестве его продукта. Хайек полагал [12], и с этим трудно не согласиться, что моральные традиции превосходят разумные способности, на которых может быть основано рациональное управление нашим поведением.

Помимо заведомо несовместимого с устойчивым развитием ограничения на постоянный рост потребления энергии и базовых ресурсов, другая молчаливо закладываемая практически во все рассматриваемые сценарии предпосылка состоит в том, что и в будущем останутся неизменными базовые поведенческие модели населения планеты. Хотя темпы научного и технического прогресса в области генетики, биоинженерии и искусственного интеллекта столь высоки, что кардинальные перемены не только неизбежны, но и вряд ли заставят себя долго ждать.

Таким образом, предлагаются две принципиально различные реакции человечества на складывающуюся ситуацию. Условно их можно квалифицировать как управляемое развитие и саморазвитие. В качестве наиболее последовательного способа реализации управляемого развития выдвигается идея некоего Мирового правительствa с широкими и подкреплёнными военной силой полномочиями, что укладывается в наблюдаемую тенденцию постоянного укрупнения социальных образований. Однако такой путь, помимо явного скатывания к глобальному тоталитаризму и отхода от демократических принципов, грозит потерей разнообразия организационных форм развития общества. Вся история эволюции на планете показывает, что любая унификация и специализация, давая вначале определённые преимущества и импульс к количественному росту, при изменении условий неизбежно приводит к потере устойчивости системы (история СССР — один из таких примеров). Именно разнообразие форм, в том числе политического устройства, — одно из наиболее очевидных условий стабильности. Но пока не ясно, как совместить это с ограниченностью ресурсов.

Чем больше функций управления развитием Цивилизации и Биосферы человечество будет брать на себя, тем более искусственными и техногенными они будут становиться. Любая серьёзная ошибка в управлении может привести к гибели гигантского искусственного космического корабля, в который при таком сценарии постепенно превратится наша планета. Именно идеальная приспособленность к конкретным условиям, которую может обеспечить такая техногенная цивилизация, — самая серьёзная угроза её будущему. На протяжении всего существования биосферы первой жертвой изменившихся условий всегда становились наиболее приспособленные к предыдущим условиям, наиболее высокоспециализированные виды.

Н.Н. Моисеев, справедливо указывая на неустойчивость искусственной “техногенной” цивилизации, предлагал в качестве альтернативы “управляемую эволюцию” [13]. Однако трудно представить, как можно совместить управление и саморазвитие. Любое управление есть подавление естественных тенденций, и постепенно приводит к искусственной системе, понижая её устойчивость.

Концепция устойчивого развития предлагает выход из противоречия между быстрым темпом роста цивилизации и невозможностью устойчивого развития Биосферы с той же скоростью за счёт восстановления естественной биоты в объёме, необходимом для поддержания стабильности окружающей среды в глобальных масштабах. Но для этого необходимо ограничить развитие Цивилизации так, чтобы не разрушать Биосферу, что требует сокращения хозяйственной деятельности и связанного с ней потребления энергии и ресурсов на планете в целом. А последнее вряд ли возможно без многократного сокращения населения [14]. Только в случае установления и поддержания численности населения ниже порогового уровня, то есть на порядок ниже современной, человечеству не нужно будет заботиться об охране и восстановлении окружающей среды в глобальных масштабах, поскольку эти функции, как и в предшествующие миллиарды лет, будет выполнять естественная биота. В небольшой части Биосферы, занимаемой Цивилизацией и являющейся “домом” человечества, будут существовать промышленность и сельское хозяйство, а также технические средства очистки от производимых человеком загрязнений до уровня, определяемого предельно допустимыми для него концентрациями [14]. Но как могут быть реализованы такие депопуляционные программы без снижения уровня жизни, насилия и принуждения? Хватит ли времени на их естественно-эволюционную реализацию?

Природа, несомненно, пока более мощный регулирующий инструмент, чем Цивилизация. Могущество Цивилизации уже достаточно, чтобы вывести инструмент Природы из строя, но пока недостаточно, чтобы заменить его. В теле человека более 10^{14} клеток, а в биосфере их примерно 10^{28} . Каждая клетка перерабатывает около 10^8 бит/с информации, биосфера в целом — 10^{36} бит/с. Даже с учётом того, что мощность современных компьютеров превысила многие терафлопы (10^{12} бит/с), а их количество в мире составляет сотни миллионов ($\sim 10^9$), их суммарная мощность по крайней мере на 15 порядков ниже информационных потоков в биосфере. Поскольку весь поток информации в биоте используется при её взаимодействии с окружающей средой, вряд ли можно ожидать, что в ближайшем будущем компьютерам удастся в полном объёме смоделировать работу живого человеческого организма, а тем более — функционирование всей биоты. Поэтому необходимо прикладывать максимум усилий, чтобы как можно дольше сохранить этот уникальный инструмент глобальной регуляции.

Представления о вине чрезмерной индустриализации в плачевном состоянии нашей окружающей среды, культивируемые природозащитными движениями, наивны. Разлад человека с природой начался ещё на заре возникновения сельскохозяйственного способа производства. А парадоксальность нынешней ситуации в том, что сельское хозяйство — главная отрасль жизнеобеспечения человечества, базирующаяся на использовании фотосинтезирующими растениями солнечной энергии и других возобновляемых природных ресурсов, — к концу XX столетия оказалось в числе наиболее ресурсо- и энергоёмких и природоопасных [15].

Столь же несостоятельны представления о возможности кардинально решить проблему сохранения окружающей среды за счёт перехода к безотходным технологиям и экологически чистым источникам энергии. Любая хозяйственная деятельность основана на потреблении энергии и ресурсов и ведёт к перестройке естественной биоты. Современная деформированная людьми биота не только не способна компенсировать антропогенные возмущения, но и сама искажает среду обитания примерно с той же скоростью, что и промышленные предприятия. Дальнейшее возмущение естественной биоты за счёт расширения хозяйственной деятельности даже на базе экологически чистых источников энергии может привести её в полностью разорванное состояние. Скорость искажения деформированной биотой окружающей среды может на порядок превосходить скорость её искажения за счёт деятельности промышленных предприятий [14].

Понимание цели — большой шаг вперёд, но есть ли инструмент для её достижения и реальна ли она вообще? Возможно ли достижение коэволюции (по Н.Н. Моисееву) человечества и Природы в условиях ограниченности наших ресурсов и лимита отпущенного нам времени? Мы этого не знаем. Ф. Хайек полагал, что, поскольку человечество принципиально не владеет всей полнотой информации, нам не дано просчитать стратегически оптимальное решение. Близость нашего горизонта не позволяет предвидеть, прогнозировать далёкое будущее, и тактически оптимальное решение может обернуться стратегическим проигрышем [12].

А пока происходит постепенное “вращание” человека в создаваемую им техногенную среду, что может в достаточно близкой перспективе привести к полной потере возможности его существования в естественной природной среде. Мы уже не можем существовать не только без одежды и современного жилья. Быстро накапливающиеся биологические изменения в популяции лишили многих жителей цивилизованных стран возможности потреблять без угрозы здоровью и даже жизни ту воду и пищу, которая естественна для населения слаборазвитых стран. Более 90% жителей промышленных стран уже иммунозависимы, то есть не выжило бы без прививок и лекарственных препаратов. Гарантированное выживание почти всех родившихся детей ведёт к накоплению генетического груза, которое, по мнению некоторых учёных, носит экспоненциальный характер. В результате каждое следующее поколение рождается биологически менее жизнеспособным, а потому более зависимым от искусственной среды. Уже пора признать, что подавляющая часть населения развитых стран не может существовать в “естественной природной среде”.

Стремительную трансформацию претерпевает наша повседневная одежда. Её основой давно стали искусственные материалы. А благодаря достижениям в материаловедении и микроэлектронике она оснащается такими удобствами, как электроподогрев, встроенная электроника, диагностирующая состояние организма и даже автоматически дозирующая поступление в организм определённых лекарств. Наряду с имплантируемыми искусственными органами эти устройства берут на себя регулирующие функции нашего организма. Расширяя его возможности, они неизбежно повышают нашу зависимость от техногенной среды. По объёму производимых единичных элементов техносфера уже сопоставима с биосферой. Например, число ежегодно производимых транзисторов (около 10^{18}) превышает число муравьёв на земном шаре. Но заменить естественную биоту техносферой, работающей на базе возобновляемой солнечной энергии, пока невозможно, так как информационные потоки в биоте на 15 по-

рядков превосходят информационные потоки в техносфере.

Как разрешатся эти многочисленные противоречия, пока неясно. Ожидает ли цивилизацию в текущем столетии очередной виток удаления от естества (что во всех переломных эпохах обеспечивало преодоление антропогенного кризиса) или беспримерный по масштабу обвал? Можно лишь сослаться на историческое наблюдение, что кардинальное преодоление антропогенных кризисов всегда достигалось очередным удалением социоприродной системы от естественного состояния [16]. В этом случае становление техносферы можно рассматривать как продолжение постоянной адаптации биоты к среде, преобразуемой её собственной активностью в направлении адаптации среды к возрастающим потребностям биоты.

Энергетика и климат. Одним из следствий неадекватного подхода к проблемам, определяющим пути развития Цивилизации, являются некоторые сценарии развития энергетики, на основе которых формируются глобальные политические и экономические решения. Значительная часть населения и политиков развитых стран разделяет убеждение, что глобальные энергетические проблемы могут быть решены за счёт возобновляемых источников. Но несопоставимость реальных возможностей возобновляемой энергетики и потребностей в энергии современного индустриального, а тем более будущего постиндустриального общества была убедительно показана ещё полвека назад [14, 17, 18].

Низкая плотность потока первичной энергии (солнечной радиации на земной поверхности) и низкий КПД (около 1%) её преобразования зелёными растениями перечёркивают надежды на глобальную роль возобновляемой “зелёной” биоэнергетики [19–21]. Без нарушения равновесия природных процессов из природного кругооборота нельзя изымать более 1% циркулирующих в нём веществ [14], что при ежегодном приросте на Земле зелёной массы растений в объёме около 200 млрд т значительно ниже современного глобального потребления энергии. Но главный парадокс “зелёного” подхода к климатическим проблемам Цивилизации заключается в том, что техногенное повышение температуры нашей планеты, как следствие неизбежного роста потребляемой Цивилизацией энергии, будет происходить независимо от вида используемых источников энергии, будь то ископаемое углеродное топливо, термоядерная энергия или “чистая и возобновляемая” биомасса и энергия солнечного излучения. Использование последней в глобальном масштабе потребует поступления на поверхность планеты дополнительной энергии солнечного излучения, то есть изменения её альбедо. Согласно закону

Стефана–Больцмана, установление нового теплового баланса за счёт рассеивания этой энергии в космос в виде инфракрасного излучения нагретой поверхности планеты автоматически приведёт к повышению её средней температуры. И по мере роста потребления энергии Цивилизацией, то есть до тех пор, пока продолжается её развитие, в соответствии с законом Стефана–Больцмана температура земной поверхности будет постоянно расти независимо от любых усилий по её стабилизации. Поэтому представления о возможности долговременного и комфортного существования населения планеты за счёт перехода на возобновляемые источники иллюзорны и ведут к потере времени на решение действительно важных стратегических задач [20, 21].

Не менее нереальны и популярные представления о возможности стабилизации пока плохо понимаемых нами глобальных климатических процессов за счёт целенаправленного воздействия на них [22, 23]. Среди множества факторов, влияющих на климат, наиболее важные – солнечно-земные связи, геотектонические процессы и циркуляция атмосферы. Их взаимодействие формирует как долговременные климатические периоды в тысячи, десятки и сотни тысяч лет, так и короткопериодные циклы от нескольких лет до нескольких сотен лет [24]. Многие отечественные и зарубежные специалисты отмечают, что данные о разогреве и охлаждении атмосферы Земли под влиянием солнечной активности опровергают теорию глобального потепления, вызванного антропогенным влиянием на атмосферу. Наблюдаемое потепление является естественным выходом из Малого ледникового периода XIV–XIX вв., а современная динамика климата ничем не отличается от климатической динамики на протяжении всей истории Земли [24]. Природные системы настолько сложны, а существующие представления о них настолько несовершенны, что многие специалисты оценивают публикуемые результаты моделирования влияния антропогенных факторов на климатические изменения не более как подгонку фактического материала под выдвинутую идею [25]. Это заставило большую группу американских учёных опубликовать в 1998 г. петицию, в которой после детального анализа сделано заключение, что “не существует никаких убедительных научных свидетельств, что антропогенный выброс диоксида углерода, метана и других парниковых газов может вызвать катастрофическое прогревание атмосферы Земли и разрушение её климата” [24]. И вряд ли на современном этапе человечество может и должно брать на себя управление плохо понимаемыми природными процессам, так как результаты могут быть непредсказуемыми, а последствия – плачевными.

Социальная основа природоохранных движений. Комфортные условия жизни, обеспечиваемые

населению развитых стран современным индустриальным обществом, и отсутствие необходимости постоянной борьбы за выживание, которая ещё два века назад была непереносимым условием существования большей части их населения, создали представления о лёгкости обретения доступных ныне благ. Недостаточный уровень естественнонаучной культуры и понимания базовых законов сохранения вещества и энергии породил в массовом сознании иллюзию безграничных возможностей научно-технического прогресса. Постоянно усиливаются популистские требования природозащитных движений к качеству жизни, чистоте воздуха, воды, полноте утилизации промышленных и бытовых отходов, запрету на генетически модифицированные продукты. А политики не отваживаются объяснить населению, что полномасштабная реализация всего этого потребует прогрессивного роста затрат тех же самых природных ресурсов и энергии, то есть многократного роста техногенной нагрузки на окружающую среду и ускоренной раскрутки маховика антропогенного прессинга на природу. Например, широко обсуждаемые проекты снижения “углеродного следа” энергетики за счёт секвестрирования (сбора и захоронения) образующегося CO_2 и/или перехода на водородное топливо неизбежно приведут к резкому росту стоимости энергии и затрат природных ресурсов на её производство. По оценкам специалистов Центра энергетики Московской школы управления Сколково, сбор и захоронение CO_2 увеличивает капитальные затраты на получение водорода паровым реформингом на 87%, а операционные – на 33%. При этом почти в полтора раза вырастет приведённая стоимость получаемого водорода, а цена утилизации CO_2 составит до 70 евро за тонну [26]. Соответственно, из-за дополнительного потребления энергии на сбор и захоронение образующегося CO_2 вырастут общее потребление и скорость истощения первичных энергоресурсов (природного газа). А получение “зелёного” водорода электролизом на основе возобновляемых источников – самая дорогая технология его производства, в 3 раза дороже паровой конверсии метана.

При оценке перспектив солнечной энергетики часто упускают из виду отмеченный ещё 40 лет назад П.Л. Капицей её принципиальный недостаток – низкую плотность потока энергии [18] и, соответственно, огромные площади, с которых необходимо собирать солнечное излучение. По оценкам В.А. Легасова [27], для инженерного оснащения таких площадей в земной коре просто может не хватить сырья для производства не только редких элементов, используемых при изготовлении солнечных панелей, но даже обычных конструкционных материалов. Неизбежны и серьёзные экологические проблемы из-за рассеивания

различных элементов при производстве и последующей утилизации панелей. И это на фоне прогнозируемых перспектив быстрого роста потребления энергии для удовлетворения хотя бы минимальных потребностей более 4 млрд жителей наиболее отсталых стран.

Вопрос о том, как и откуда берутся потребляемые ресурсы и какие средства для этого необходимы, мало заботит обывателя, полагающего, что государство обязано обеспечить ими не только его, но и его далёких потомков, то есть “проявить заботу о судьбе будущих поколений”. К сожалению, понимание того, что за все окружающие нас блага приходится платить теми же самыми природными ресурсами, то есть нарушением природных ландшафтов, сокращением биоразнообразия, загрязнением воздуха и воды, пока не вошло в массовое сознание. Мало кто понимает, что требования естественной среды на вечные времена могут обернуться возвратом к условиям жизни наших далёких предков, и перестройка стереотипов сформировавшегося глобального “потребительского общества” вряд ли возможна без масштабных катаклизмов.

В поисках системного ответа. Глобальные модели позволили человечеству анализировать своё будущее. Но предвидение само по себе не является целью. Понимание возникающих глобальных проблем – лишь исходный материал для принятия решений, за которыми должны следовать определённые действия. Кроме того, в сложных развивающихся системах существуют принципиальные ограничения на отрезок времени, на который может быть сделан прогноз, то есть имеется конечный горизонт прогноза, а прогнозируемое будущее, как правило, не единственно возможное. Увеличение вычислительных возможностей и качества используемых моделей неспособно сколько-нибудь значительно расширить этот горизонт. Описать мир будущего и пути перехода к нему также невозможно, как накануне промышленной революции XIX в. представить наш современный мир. Прошло меньше века с тех пор, как был изобретён транзистор, и лишь немногим более 30 лет с появления персонального компьютера. Но эти изобретения преобразили мир. Очевидная глобальная революция может полностью изменить нашу Цивилизацию и нашу планету.

Мы являемся свидетелями завершения уникальной эпохи в истории человечества – продолжавшегося примерно миллион лет его количественного роста и экспансии в окружающую среду. Сейчас человечество вступило в критический период смены парадигмы развития, отражением чего, с одной стороны, является демографический переход, происходящий за исключительно короткий период, практически равный человеческой жизни [28], а с другой – стремительное при-

ближение к пределам допустимой нагрузки на окружающую среду и доступного объёма природных ресурсов [23]. Поэтому вопрос о дальнейших путях развития Цивилизации сейчас гораздо более сложен и менее определён, чем те выводы, которые непосредственно следуют из экстраполяции тенденций, наблюдавшихся на протяжении всей предыдущей истории человечества. Но именно на такой непосредственной экстраполяции основаны все алармистские страхи природозащитных движений и предлагаемые методы борьбы за спасение Природы и Цивилизации. К сожалению, также как и военные, футурологи и политики всегда готовятся к борьбе с уже миновавшими кризисами, полагаясь на средства, оправдавшие себя в условиях, которые уже не повторятся. Тенденция навязывать существующие представления в качестве эталона для оценки прошлого всегда была источником серьёзных ошибок. Но ещё более ошибочен перенос сложившихся взглядов в будущее. Мы можем лишь пытаться экстраполировать в будущее некоторые тенденции. При этом любые прогнозы, на которых базируются решения государственных, международных или финансовых органов, не должны противоречить нашим базовым представлениям о природе и отражающим их физическим законам.

Кризис, в который сейчас стремительно втягивается человечество и вместе с ним вся Биосфера, это системный кризис, и он требует системного ответа. Природа всегда находила такой ответ. Но каким он будет, однозначно предугадать в докризисной ситуации невозможно. Тем не менее определённые тенденции, безусловно, существуют, и стоит попытаться заглянуть за горизонт. Тенденция, пронизывающая всю историю человечества, состоит в последовательном переходе от более естественных к менее естественным состояниям. При этом прогрессивным считается такой путь развития, при котором человечество со временем всё более удаляется от равновесия с окружающей средой. Уход от естественного равновесия с природой в сторону создания искусственной природной среды начался задолго до промышленной революции и даже до неолитической революции, которая стала лишь очередной вехой, заметно ускорившей этот процесс. А с достижением относительной независимости от природных условий постоянно возрастала зависимость от новой, искусственно создаваемой среды.

Сейчас наметилось несколько принципиально разных подходов к согласованию дальнейшей эволюции человечества с изменениями в окружающей среде под воздействием возрастающего давления цивилизации. Если отбросить заведомо нереальные концепции ограничения или консервации технологического развития, ведущие к неизбежной деградации человечества, что наглядно демонстрируют ещё сохранившиеся традицион-

ные сообщества, можно выделить следующие идеи.

Подход, сформулированный в работах, выполненных под эгидой Римского клуба и его последователей, и ставший основой Концепции устойчивого развития, исходит из необходимости стабилизации общей численности человеческой популяции и контроля за развитием техногенеза. В частности, предлагается постепенное сокращение населения путём строгого правительственного контроля рождаемости [14]. Помимо моральных и практических проблем, связанных с реализацией этой концепции, высказывается вполне обоснованное предположение, что снижение численности человечества неизбежно завершится его деградацией. Кроме того, действия, предлагаемые на основе моделей устойчивого развития, не дают кардинальное решение проблемы будущего человечества, а дают лишь выигрыш во времени, отодвигая коллапс в надежде на появление принципиально новых стабилизирующих или эволюционных факторов. Действительно, глобальные модели показывают возможность нетривиального (то есть ненулевого, соответствующего полной гибели) стационарного решения, достигаемого управлением инвестициями капитала. Но это решение соответствует установлению в масштабах всей планеты жёсткого режима космического корабля, когда все ресурсы планеты на учёте, и всё, что потребляется, должно регенерироваться.

Подход, развиваемый в трудах Н.Н. Моисеева [13, 17], основывается на концепции “путешественников в одной лодке” и сводится к поиску компромиссов между эволюцией Биосферы и техногенезом, то есть их взаимной коэволюции. Однако трудно представить, как можно согласовать скорости этих процессов и как долго удастся поддерживать такое равновесие в условиях постоянного нарастания угрозы случайных техногенных катастроф, неизбежно сопровождающих технологический прогресс.

Рассматривается и подход, основанный на сознательной технологизации Биосферы, когда поддержание её гомеостаза (газового состава, температуры, круговорота воды, углерода и других элементов) будет выполняться технологическими аналогами зелёных растений, различных микроорганизмов и т.п. [29]. В основе этого подхода – всё возрастающая замена природных компонентов Биосферы их технологическими аналогами, опора на безотходные производства и замкнутые системы жизнеобеспечения космического, подводного или иного назначения в качестве будущего прообраза ноогенной, то есть основанной на достижениях разума, техносферы. Основные возражения против этой концепции сводятся к трудности обеспечить в искусственной системе то богатство согласующих связей, которое сфор-

мировалось в Биосфере за 4 млрд лет её эволюции. Лишившись жизнеобеспечивающих функций и “экологических услуг” Биосферы, человечество вынуждено будет жить в режиме громадной подводной лодки с автономной системой жизнеобеспечения. Как и в предыдущей концепции, любой неконтролируемый сбой, любая техногенная катастрофа достаточно большого масштаба может привести к гибели всей Цивилизации. Даже если вероятность такого события ничтожна, её нельзя полностью исключить, что наглядно демонстрируют нарастающие по всему миру частота и амплитуда техногенных катастроф.

Но возможен и другой вариант. Общество не столько адаптируется к окружающей среде, сколько адаптирует внешнюю природу к своим меняющимся потребностям, а также перестраивает внутреннюю природу человека в соответствии с его возрастающими возможностями и последствиями преобразующей деятельности [16]. Поэтому в последнее время всё менее фантастическими выглядят предположения о возможности самостоятельного существования и развития в качестве следующей ступени эволюции самовоспроизводящихся информационных систем небиологической природы, которую игнорирует Концепция устойчивого развития.

* * *

Какие же конкретные рекомендации вытекают из имеющихся прогнозов? Прежде всего следует сократить расход громадных природных, технических и интеллектуальных ресурсов на попытки управлять плохо понимаемыми нами климатическими процессами. Гораздо рациональнее отслеживать наблюдаемые тенденции и готовить социальную и индустриальную инфраструктуру к прогнозируемым изменениям, включая возможное перемещение инфраструктуры и населения. Вместо крайне затратной, а главное, бесполезной борьбы с неизбежными изменениями климата целесообразнее готовиться к ним и даже пытаться извлечь из них пользу, особенно в отечественных условиях.

Необходимо также осознать, что, вопреки алармистским прогнозам, в пределах реально доступного нам горизонта прогноза глобальный энергетический кризис человечеству не грозит. Предстоит лишь плавная и вполне обычная для Цивилизации смена базовых источников энергии. Причём это будут отнюдь не альтернативные и возобновляемые источники, вклад которых в мировую энергетику принципиально не может превысить несколько процентов. В земной коре ещё имеются громадные ресурсы углеводородов, прежде всего природного газа, а со временем не-

избежно будет создана и термоядерная энергетика [20, 21].

Разумеется, экономное и бережное отношение к Природе и её ресурсам, каковы бы ни были их объёмы, должно стать моральной доминантой общества. Например, США при постоянном росте ВВП сумели практически стабилизировать потребление энергии за счёт постоянного снижения удельного потребления энергии на единицу производимого ВВП [20, 30]. Но экономный расход природных ресурсов, снижение объёма промышленных выбросов, утилизация промышленных и бытовых отходов не должны быть самоцелью и перерастать в стадию фанатизма. Любые технологические процессы, направленные на снижение выбросов и переработку отходов, сами неизбежно потребляют дополнительные природные ресурсы и энергию. С увеличением глубины очистки их потребление растёт экспоненциально [20]. Поэтому необходимо исходить из экологического и технологического оптимума, после которого очистка от загрязнений и утилизация отходов сами превращаются в ресурсозатратный источник дополнительных отходов.

Что касается окружающей нас живой природы, то, видимо, мы уже прошли точку невозврата. Совместить существование 10 млрд, а в ближайшем будущем почти 20 млрд человек с сохранением необходимой для глобального биосферного равновесия долей природных экосистем вряд ли возможно. Поэтому основным предметом глобального моделирования и системного анализа на фоне продолжающегося роста населения, жёстких политических и экономических противоречий между странами, необходимости повышения уровня жизни значительной части населения планеты, сокращения доступности ключевых природных ресурсов должно стать обеспечение плавного перехода от общества неограниченного потребления к обществу рационального потребления. Именно это, а не борьба с изменением климата должно стать доминантой анализа. При этом нельзя не учитывать возможные изменения поведенческих стереотипов, как естественные, так и под воздействием целенаправленного влияния, в том числе далеко не всегда рациональные. Необходимо также учитывать возможные изменения структуры и характера производственной деятельности, уровня образования и способов самореализации населения, неизбежность появления высокоинтеллектуальных искусственных систем.

Акцентирование же на фоне этих действительно глобальных проблем вопроса климата и фактически тупиковой Концепции устойчивого развития может привести к тому, что Цивилизация может и не дожить до необходимости реагировать на серьезные климатические изменения.

Подведём итоги:

- развитие материи закономерно идёт путём усложнения возникающих систем;
- по мере усложнения систем растёт интенсивность их обмена энергией с окружающей средой, необходимого для противодействия энтропийным процессам;
- Цивилизация — наиболее сложная из известных нам систем, по мере развития которой потребление ею энергии неизбежно и закономерно будет расти;
- независимо от источника потребляемой Цивилизацией энергии рост её потребления увеличивает рассеивание энергии в окружающей среде; сохранение теплового баланса Земли как изолированного космического тела неизбежно приведёт к повышению температуры земной поверхности;
- управление климатическими процессами путём сокращения эмиссии парниковых газов в принципе не способно предотвратить неизбежное глобальное потепление, вызываемое прогрессивным развитием Цивилизации, но потребует колоссального расхода средств, энергии и интеллектуального потенциала;
- до тех пор, пока не выработаны реальные представления о путях развития цивилизации и соответствующие им стратегические решения, наиболее рациональная тактика — не борьба с неизбежными изменениями, а подготовка к предстоящим переменам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мальтус Т.-Р.* Опыт закона о народонаселении / Перевод И.А. Вернера. М.: Типолитография О.М. Лашкевич и К^о, 1895.
2. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: Наука, 1978.
3. *Meadows D.L., Meadows D.H., Randers J.* The Limits to Growth. N.Y.: Universe Books, 1972.
4. *Meadows D.L., Meadows D.H., Randers J.* Dynamics of Growth in a Finite World. Cambridge, MA: Wright-Al-len Press, 1973.
5. *Пестель Э.* За пределами роста. М.: Прогресс, 1988.
6. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Беренс В.В.* Пределы роста. М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1991.
7. *Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л.* Пределы роста. 30 лет спустя. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2007.
8. *Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю.* Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: ИСПИ РАН, 2012.
9. *Ansell T., Cayzer S.* Limits to growth redux: A system dynamics model for assessing energy and climate change constraints to global growth // *Energy Policy*. 2018. V. 120. P. 514–525.
10. *Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. М.: Изд-во АСТ, 2002.
11. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. М.: Рольф, 2002.
12. *Хайек Ф.* Познание, конкуренция и свобода. СПб.: Пневма, 1999.
13. *Моисеев Н.Н.* Мировое сообщество и судьба России. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997.
14. *Горшков В.Г.* Физические и биологические основы устойчивой жизни. М.: ВИНТИ, 1995.
15. *Жученко А.А.* Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства в XXI веке / Глобальные проблемы биосферы. М.: Наука, 2003. С. 95–115.
16. *Назаретян А.П.* Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. М.: ПЕР СЭ, 2001.
17. *Моисеев Н.Н.* Сочинения в 3-х томах. Т. 3. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997.
18. *Капица П.Л.* Энергия и физика // *УФН*. 1976. № 2. С. 307–314.
19. *Арутюнов В.С.* Биотопливо: Pro et contra // *Российский химический журнал*. 2007. № 6. С. 94–99.
20. *Арутюнов В.С., Лисичкин Г.В.* Энергетические ресурсы XXI столетия: проблемы и прогнозы. Могут ли возобновляемые источники энергии заменить ископаемое топливо? // *Успехи химии*. 2017. № 8. С. 777–804.
21. *Арутюнов В.* Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики. М.: Эксмо, 2016.
22. *Арутюнов В.С.* Глобальное потепление: Миф или реальность? Катастрофа или благо? // *Российский химический журнал*. 205. № 4. С. 102–109.
23. *Арутюнов В.С., Стрекова Л.Н.* Ступени эволюции. Эволюционная концепция природы и цивилизации. М.: Наука, 2006.
24. *Шполянская Н.А.* Климат и его динамика в плейстоцене–голоцене как основа для возникновения разнообразных рисков при освоении районов криолитозоны // *Геориск*. 2019. № 1. С. 6–24.
25. *Кондратьев К.Я.* Неопределённости данных наблюдений и численного моделирования климата // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 4. С. 93–119.
26. *Митрова Т., Мельников Ю., Чугунов Д.* Водородная экономика — путь к низкоуглеродному развитию. М.: Центр энергетики Московской школы управления Сколково, 2019.
27. *Легасов В.А., Кузьмин И.И.* Проблемы энергетики // *Природа*. 1981. № 2. С. 8–23.
28. *Капица С.П.* Общая теория роста человечества. М.: Наука, 1999.
29. *Корогодина В.И., Корогодина В.Л.* Информация как основа жизни. Дубна: Изд. центр “Феникс”, 2000.
30. *Radler M., Bell L.* US, worldwide energy demand growth rates to slow in 2011 // *Oil & Gas J*. 2011. V. 109. № 1. P. 37–46.