



Акаев Аскар —
д.т.н., профессор,
иностраннный член РАН

Учение В.И. Вернадского и Н.Н. Моисеева о ноосфере, коэволюции человека и биосферы — императив эпохи

Концепция В.И. Вернадского о переходе биосферы в ноосферу

Еще в начале XX в. великий русский ученый Владимир Иванович Вернадский, разработавший учение о биосфере Земли [1], убедительно доказал, что человек превращается в основную геолого-преобразующую силу планеты. В.И. Вернадский считал, что человечеству, чтобы обеспечить свою будущность, придется взять на себя ответственность за дальнейшее развитие биосферы и общества и что в результате такого целенаправленного воздействия биосфера перейдет в качественно новое состояние. Это новое состояние биосферы, которое определяется деятельностью человеческого разума, видный французский философ и математик Эдуар Леруа назвал ноосферой. При этом Э. Леруа принял за основу установленный В. Вернадским биогеохимический базис биосферы, а в термин «ноосфера» вложил прямое значение понятия — «сфера разума» [2, с. 196].

Понимая под ноосферой сферу взаимодействия природы и общества, В. Вернадский считал, что ноосфера требует глобального управления планетарными процессами согласно

единой разумной воле, и это связано с идеями социально ориентированного общества. Обосновывая зарождение и утверждение понятия «ноосфера», В. Вернадский писал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободного мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера» [1, с. 480].

Разрабатывая одно из фундаментальных учений XX в. — учение о ноосфере, В. Вернадский искренне верил в коллективный разум человечества и неизбежность его перехода в ноосферу. Он был убежден в том, что высшая цель человечества состоит в создании новой, управляемой, научно и духовно организованной цивилизации, гармонично взаимодействующей с биосферой Земли. Он верил в то, что подобная высококоразвитая управляемая цивилизация придет на смену нынешней стихийно функционирующей цивилизации. Следуя В. Вернадскому, эту будущую цивилизацию профессор А.П. Федотов назвал «Земной ноосферной цивилизацией» [3] и предположил, что стартовый этап в становлении ноосферной цивилизации должен быть осуществлен в первой четверти XXI в. с тем, чтобы к середине века могли быть заложены ее основы [3, с. 22]. Сам В. Вернадский не указал путей, по которым от биосферы человечество может прийти к ноосфере.

События XX столетия дают достаточно оснований усомниться в неизбежности перехода к ноосфере, как полагал В. Вернадский. Ведь В. Вернадский,

разрабатывая свое учение о биосфере и ноосфере, неявно предполагал неограниченные возможности биосферы Земли по антропогенной нагрузке. Однако это предположение давно потеряло силу. Гигантские масштабы индустриализации и милитаризации мирового народного хозяйства, невиданные темпы роста экономики крупнейших авангардных стран мира потребовали добычи и переработки невиданных объемов горных пород и энергоносителей, что привело к загрязнению окружающей среды и деградации экосистем биосферы в опасных масштабах. Многие современные нарушения функционирования биосферы не только велики, но и необратимы, считает известный специалист, профессор А.М. Тарко [4, с. 15]. Так что путь к ноосфере не неизбежен, как полагал В. Вернадский, и если он есть, то не прямой и чреватый значительными нарушениями в функционировании биосферы, уверен А. Тарко.

Биосфера Земли как самонастраивающаяся система показала удивительную способность компенсировать предельные внешние нагрузки. Выдающийся ученый, академик Никита Николаевич Моисеев особо подчеркивал способность биоты регулировать процессы в биосфере [5]. Действительно, биота выполняла роль регулятора на протяжении миллиардов лет, она удерживала параметры биосферы в том узком диапазоне значений, в котором только и мог возникнуть и развиваться человек как биологический вид. Результаты такого регулирования были в целом успешными несмотря на то, что за время существования нашей планеты биосфера неоднократно подвергалась таким мощным внешним воздействи-

ям, как гигантские всплески солнечной активности, падения крупных метеоритов, а также внутренним — интенсивный вулканизм и т.п. Но теперь основной опасностью для стабильности биосферы являются все возрастающие антропогенные нагрузки.

Н. Моисеев, опираясь на результаты компьютерных экспериментов, проведенных в 80-е гг. в СССР под его руководством, впервые высказал опасение, что при современных уровнях 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 начинается 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» [5, с. 40].

Экологический императив Н. Н. Моисеева

Таким образом, мы переживаем исторический момент, который разделяет две принципиально различные эпохи человеческой истории. Первая, уходящая эпоха проходила в условиях неограниченных возможностей биосферы Земли. Новая эпоха начинается в условиях антропогенно перегруженной биосферы. Поскольку человек не может существовать вне биосферы, а потеря ею устойчивости может привести к бифуркации и переходу в одно из множе-

ства квазиравновесных состояний, где человек, вероятнее всего, не сможет существовать, человечеству необходимо добиваться сохранения биосферы в ныне существующем аттракторе, считал Н. Моисеев [6, с. 49].

В этой связи Н. Моисеев сформулировал следующую стратегию для выживания человечества в XXI в.: «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» [5, с. 48–49].

Таким образом, с развитием цивилизации на определенном этапе у всего человечества появляется общая цель — соблюдение условий экологического императива. Нарушение тех ограничений, которые накладываются на жизнедеятельность людей условиями экологического императива, уже в ближайшие десятилетия может обернуться для человечества катастрофическими последствиями. Задача формулирования этих условий экологического императива является одной из самых сложных, но вместе с тем и наиболее ответственных и важных проблем фундаментальной науки.

В настоящей работе рассматривается стратегия мирового энергетического развития, отвечающего экологическому

императиву Н. Моисеева, — энергоэкологический сценарий. Условия, связанные с энергопотреблением, относятся к числу ключевых условий экологического императива. Они могут быть определены исходя из допустимых пределов изменения температуры приземной атмосферы. Последние потребуют перехода к новой парадигме энергопотребления, а именно — к стабилизации душевого энергопотребления на определенном уровне. Мы покажем, что только стабилизация душевого энергопотребления с определенными нормативами для различных стран позволит стабилизировать климат Земли в XXI в. в требуемых пределах.

Для практической реализации этой энергетической стратегии необходимо, чтобы все ведущие страны мира без исключения приняли на себя твердые обязательства по соблюдению установленных международным сообществом нормативов душевого энергопотребления. Но как этого добиться? Как известно, даже весьма щадящий Киотский протокол не выполняется многими странами и прежде всего крупнейшими загрязнителями атмосферы Земли — США и Китаем.

Видный ученый, профессор Юрий Владимирович Яковец справедливо утверждает, что для выработки и реализации эффективных стратегий, отвечающих на вызовы XXI в., необходимо переходить от диалога к партнерству цивилизаций [7]. Действительно, среди различных форм конструктивного взаимодействия — диалога, сотрудничества и партнерства, именно партнерство и прежде всего стратегическое партнерство является высшей и наиболее плодотворной формой сотрудничества. Оно

возникает на почве диалога, общего видения целей разрешения критических ситуаций, постоянно возникающих в процессе мирового развития и накопленного опыта сотрудничества в ответ на новые вызовы. Как известно, ООН провозгласила первый год нового столетия годом диалога между цивилизациями. Диалог идет, но проблемы устойчивого развития человечества не решаются. Ответы на вопрос о том, как обеспечить масштабный переход от диалога к глобальному партнерству в интересах устойчивого развития, как раз и дает Ю. Яковец в указанном выше учебнике для лидеров нового поколения [7].

Концепция Н.Н. Моисеева о коэволюции человека и биосферы

Путь к гармонизации как биосферы, так и человека указал Н. Моисеев. Еще в начале 70-х гг. прошлого века, продолжая учение В. Вернадского о ноосфере, он выдвинул концепцию коэволюции человека и биосферы. Его очень беспокоили масштабы загрязнения окружающей среды; по его мнению, уже к середине XXI в. антропогенные нарушения равновесия биосферы могут возрасти настолько, что станет возможным нарушение нормального функционирования и переход к деградации, при которой человечество не сможет более существовать. В этой связи он и писал: «Сегодня опасность перевести параметры биосферы в такое состояние, когда человеку в ней уже не остается места, вполне реальна. Здесь возникает проблема коэволюции человека и природы. Этим термином мы условимся называть такое совместное развитие человеческого общества

и биосферы, которое не выводит параметры биосферы из области гомеостазиса человечества, узкой области параметров биосферы, в которой возможно его существование. Другими словами, коэволюция человека и биосферы обеспечивает сохранение человеческого вида и условий для дальнейшего развития цивилизации. В этих терминах мы уже в состоянии сформулировать основное требование, которому должно удовлетворять развитие человечества: оно должно обеспечивать возможность коэволюции человека и биосферы» [8, с. 13]. В этом состоит суть концепции коэволюции человека и биосферы, сформулированной Н. Моисеевым и получившей признание во всем мире.

Однако Н. Моисеев не питал иллюзий относительно практического осуществления коэволюции человека и биосферы. Он полагал, что в современном мире с его системой ценностей представляется маловероятной возможность подчинить деятельность человечества реализации условий, обеспечивающих требования коэволюции общества и природы. В этой связи он весьма пессимистично писал следующее: «Но надвигающийся общепланетарный экологический кризис неизбежен. Не явится ли он той искупительной купелью, которая заставит сегодняшних властителей судеб обрести новую нравственность и сменить существующую шкалу ценностей?» [6, с. 50]. Поэтому он предлагал вначале принять и утвердить новый нравственный императив, направленный на формирование нравственности, отвечающей условиям экологического императива. Он мечтал и верил, что наступит время, когда новый нравственный императив,

подобно традиционным принципам нравственности станет достоянием человечества, основой повседневной жизни людей.

В последние годы широко используется понятие устойчивого развития биосферы. Воздействия на биосферу должны быть такими, чтобы на их фоне, развиваясь, биосфера не теряла устойчивости, была «самоподдерживающейся системой». «Можно утверждать, что эта концепция является другим выражением концепции Н.Н. Моисеева о коэволюции человека и биосферы», — справедливо пишет ученик и соратник Н. Моисеева А. Тарко [8, с. 14]. Сегодня воздействие человека на природу приобрело глобальный и во многом необратимый характер. Возможности биосферы в обеспечении человечества ограничены и к настоящему времени в значительной степени исчерпаны, полагает А. Тарко [8]. Опасность таится в нелинейности механизмов, способствующих или же не способствующих стабильному развитию биосферы. Так, Н. Моисеев установил, что при небольших антропогенных воздействиях на биосферу биота способна частично компенсировать воздействия, а при больших, наоборот, усиливать эти воздействия. А. Тарко приводит пример, иллюстрирующий указанную ситуацию, из области глобального цикла двуокиси углерода в биосфере. Модель, разработанная им, позволила установить, что при небольших индустриальных выбросах углекислого газа в атмосферу биота поглощает их часть и через механизм парникового эффекта частично стабилизирует климат. Но если количество углерода в атмосфере становится достаточно большим, то биота, наоборот, начинает выделять

углекислый газ и климат меняется еще сильнее [8, с. 16].

На Конференции ООН по устойчивому развитию Рио+20 (Рио де Жанейро, 2012) страны мира в очередной раз заявили о своей приверженности устойчивому развитию. В итоговом документе конференции Рио+20 намечена разработка долгосрочных целей устойчивого развития. Это, естественно, потребует разработки долгосрочного прогнозирования и обоснования глобальной стратегии, обеспечения реализации системы целей устойчивого развития. В области энергетического развития была принята инициатива ООН «Устойчивая энергия для всех», в соответствии с которой правительства более 50 государств Африки, Азии, Латинской Америки и малых островных развивающихся государств сегодня разрабатывают планы и программы в области энергетики, направленные на достижение к 2030 г. всех трех целей инициативы, а именно обеспечения доступа к энергии, удвоения эффективности использования энергии и удвоения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако очевидно, что энергоэкологическая стратегия будет определяться позицией наиболее развитых и развивающихся авангардных стран мира.

Экологический императив и энергоэкологическая стратегия

Развитие современной экономики основывается на опережающем развитии энергетики. Эту тенденцию невозможно будет сохранить в XXI в. Гигантское увеличение масштабов производства и потребления энергии привело к тому,

что темпы развития становятся критическим фактором как для экологии, так и для экономики. Снижение темпов развития порождает социальные проблемы, а их рост ведет к кризису воспроизводства ресурсной базы и далее к глобальному энергетическому и экологическому кризису. Основным источником энергии сегодня служит ископаемое углеводородное топливо (уголь, нефть и газ), которое останется главным источником энергии, по крайней мере до середины текущего столетия. Но именно оно ответственно за выбросы в атмосферу Земли углекислого газа, который усиливает парниковый эффект и вызывает ускорение процесса потепления климата, что приближает глобальный экологический кризис.

Выше мы уже изложили концепцию коэволюции человечества и биосферы Н. Моисеева и отметили, что реализация принципа коэволюции — необходимое условие обеспечения благополучного будущего человечества, а это, в свою очередь, требует соблюдения экологического императива. Центральным требованием экологического императива является стабилизация климата, которая достижима в случае выполнения двух следующих условий:

- 1) стабилизации энергопотребления;
- 2) стабилизации численности населения Земли.

Мы рассмотрим условие стабилизации энергопотребления. Современные технологии способны заменить практически все, за исключением энергии. Следовательно, дефицит энергии, который будет нарастать в ближайшие десятилетия, невозможно восполнить ничем иным, кроме ограничения ее потребления. Важно, чтобы это ограниче-

ние согласовывалось с объективными тенденциями, только тогда оно будет обязательно реализовано.

Следует отметить в этой связи, что Н. Моисеев предпочитал говорить не об управляемом, а о направляемом развитии социально-экономических процессов. Воздействие людей необходимо и возможно лишь для того, чтобы поддерживать те или иные естественные тенденции. Людям и науке наиболее успешно удается направление естественных процессов самоорганизации в желаемое русло развития, которое может обеспечить стабильность жизни и ее развитие, считал Н. Моисеев [5, с. 270]. Такими объективными тенденциями в современной энергетике стали энергосбережение и энергоэффективность, с одной стороны, и переход к альтернативным, возобновляемым источникам энергии — с другой. Стратегия экономного использования энергии рассматривается как важнейший инструмент снижения зависимости экономики от роста затрат на энергетические ресурсы. Главным средством экономии служат технологическое энергосбережение (уменьшение расхода энергии в процессе ее преобразования из первичной в конечную) и более эффективное использование энергии во всех случаях энергопотребления за счет внедрения новых высокоэффективных технологий. Одновременно человечество должно переходить на энергоэкономный стиль жизни за счет самоограничения и сокращения потребностей до разумных пределов.

Таким образом, наша цивилизация стоит на пороге сразу двух энергетических революций. Первая заключается в повсеместном переходе к энергосберегающим технологиям. Замена существующих

не менее века ламп накапливания, двигателей внутреннего сгорания, а также других устаревших технологий более эффективными несет в себе огромный энергосберегающий потенциал. Сейчас лампочки накапливания заменяются светодиодами, которые потребляют на порядок меньше электроэнергии. Один только переход к более эффективным технологиям освещения снизит потребление электричества в мире на 12%. Электромобиль с гибридным двигателем уже сегодня потребляет около 20% горючего, расходуемого обычным автомобилем, то есть в 5 раз меньше. Модернизация зданий также обладает значительным потенциалом экономии электричества — до 30–50%. Сокращение потребления электричества в сочетании с использованием возобновляемых источников энергии для нагрева, охлаждения и освещения зданий позволяет создать полностью независимый от углеродного сырья дом.

Вторая энергетическая революция заключается в переходе от энергетики, основанной на сжигании нефти, угля и газа, к энергетике, базирующейся на энергии возобновляемых источников, то есть энергии ветра, солнечных лучей и геотермальной энергии. Революция эта только начинается, но стремительно набирает темпы.

В основе нашей модели климатического прогноза [9] лежит сценарный метод, позволяющий по выбранному сценарию энергетического развития рассчитать динамику выбросов CO₂ в атмосферу и динамику вызванных ими изменений средней глобальной температуры атмосферы. Среди множества сценариев энергетического развития мы выбрали тот, который отвечает новой парадигме

энергопотребления, а она, в свою очередь, заключается в стабилизации душевого энергопотребления в XXI в. на определенном достаточно комфортном уровне. Этот процесс начался в 1970-х гг. после энергетического шока, вызванного нефтяным кризисом. Благодаря начавшемуся тогда процессу разработки и повсеместного внедрения энергосберегающих технологий, а также повышению энергоэффективности конечных потребителей в развитых странах наметилась тенденция уменьшения душевого потребления энергии и его стабилизации на более низком уровне.

Глобальное потепление, происходящее на наших глазах, вызвано главным образом антропогенным ростом концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере Земли. За последние 150 лет в результате индустриальной деятельности человека концентрация CO_2 в атмосфере возросла с доиндустриального естественного стационарного уровня в 280 ppm (parts per million) до 390 ppm в настоящее время, то есть на 40%. Это привело к повышению средней глобальной температуры примерно на $0,6^\circ\text{C}$ а с учетом естественных факторов на 1°C по сравнению с доиндустриальным уровнем [4, 10]. Каковы же допустимые пределы глобального потепления? По рекомендации видных ученых-климатологов всего мира еще в 1996 г. Европейским советом было принято решение о том, что «глобальная средняя температура доиндустриального уровня не должна быть превышена более чем на 2°C , и поэтому глобальные усилия, направленные на ограничение или сокращение выбросов, должны ориентироваться на концентрацию CO_2 в атмосфере, не превышающую 550 ppm» [10].

Лимит потепления, равный 2°C , был подтвержден ООН в декларации, принятой на Копенгагенской международной конференции по изменению климата в 2009 г. и уточнен в том смысле, что концентрация CO_2 в атмосфере не должна превышать 450–550 ppm, чего возможно достичь при сокращении среднего ежегодного прироста выбросов углерода, по меньшей мере до 3,3 Гт (сокращение вдвое по сравнению с уровнем 2000 г. — 6,61 Гт). Поскольку антропогенные выбросы огромных масс углерода (C) в виде CO_2 происходят при сжигании органических ископаемых топлив (угля, нефти и природного газа) в целях получения различных видов энергии, то очевидно, что надо рассматривать сценарии развития низкоуглеродной энергетики или энергоэкологического развития с минимальным объемом выбросов CO_2 . Международное энергетическое агентство (МЭА) рассмотрело множество сценариев энергетического развития и разработало, в частности, сценарий «Голубая карта» (Blue Map scenario), который ориентирован на снижение эмиссии CO_2 к 2050 г. на 50% по сравнению с 2005 г., на основе широкого освоения низкоуглеродных технологий [11]. Но осуществимо ли это? Ответ будет дан в конце данной статьи.

Ведущая роль энергетики в мировой экономике, безусловно, будет сохраняться и в XXI в. В XX столетии мировое ВВП (Y) фактически росло пропорционально объему вырабатываемой человечеством энергии (E), то есть $Y \sim E$, что легко можно показать. Большинство развитых стран имеют похожую структуру производства и потребления первичной энергии. Приблизительно 40% полной выработки энергии тра-

тится на промышленное производство, 25% — на транспортные средства всех видов и остальные 35% — на отопление, освещение, приготовление пищи. Разделение мира на развитые и развивающиеся страны заметно сказывается на количестве производимой энергии и характере ее распределения. В настоящее время $\frac{2}{3}$ энергии потребляется в промышленно развитых странах с населением несколько больше 1 млрд человек, $\frac{1}{3}$ — приходится на остальные 6 млрд жителей планеты.

В XX в. в мире произошло 15-кратное увеличение уровня потребления энергоресурсов при росте численности населения Земли в 3,8 раза. Конечно, представляет большой интерес сравнение роста населения с ростом потребления энергии как главного ресурса развития. Такое исследование с целью установления функциональной связи между глобальным потреблением энергии и ростом численности населения мира было предпринято Дж. Холдреном [12]. Он по-

казал, что суммарное потребление энергии E на всем протяжении XX в. было пропорционально квадрату численности населения Земли N :

$$E \sim N^2, \quad (1).$$

Практически все стороны жизни и деятельности человека связаны с использованием того или иного вида энергии. Рост энергопотребления приводил к повышению комфортности его жизнедеятельности, что, в свою очередь, положительно сказывалось на увеличении численности населения. Эти два фактора и привели к бурному росту мирового потребления и производства энергии в XX в. Растущая численность населения в мире вызывает повышение потребности в топливно-энергетических ресурсах, обеспечивающих современное индустриальное развитие и расширение производства продовольствия. В этой связи естественно возникает вопрос: сохранится или нет в XXI в. та квадратич-

Таблица 1. Уровень душевого энергопотребления в ведущих странах мира в XXI в., т у т. на человека

Страны	Душевое энергопотребление	
	наст. время	к середине века
Мир в целом	2,4	2,5
Страны с душевым энергопотреблением выше среднемирового	6,9	4,0
США	9,5	5,5
Россия	6,2	4,5
ЕС-Япония	5	3,5
Страны с душевым энергопотреблением ниже среднемирового	1	2,5
КНР	1,2	2,25
Индия	0,8	2,25

Таблица 2. Отношение душевого энергопотребления в странах мира

Годы	Развитых стран к развивающимся	Среднего по миру к развивающимся странам
1900	52	22,5
1930	27	10,9
1950	19,7	7,5
1980	17,9	6,1
2000	7,1	2,5

ная закономерность (1) развития энергопотребления, которая имела место в XX столетии? Прежде чем ответить на этот вопрос, рассмотрим основные характеристики энергопотребления.

Самым общим показателем, свидетельствующим об уровне потребления и потребностей, является потребление энергии на душу населения. Без достижения некоторого критического уровня потребления энергии невозможно достижение требуемого развития производительных сил и экономического благосостояния. Учитывая, что разные страны имеют в настоящее время неодинаковые уровни энергопотребления, можно отметить существенную региональную дифференциацию душевого энергопотребления (см. *табл. 1*).

Так, в развитых странах энергопотребление на душу населения в 2,5 раза выше, чем в среднем по миру. С другой стороны, в развивающихся странах душевое энергопотребление более чем в 2,5 раза ниже среднемирового потребления. Разрыв между странами мира в душевом энергопотреблении достигает почти 10-кратного уровня.

Вместе с тем оценка динамики мирового энергопотребления за последние 100 лет свидетельствует о постоянно

сокращающемся разрыве между душевым потреблением энергии в развитых и развивающихся странах. Так, если в начале XX в. этот разрыв был почти 52-кратным, то в конце столетия он стал 7-кратным (*табл. 2*). Причем для развивающихся стран характерна тенденция быстро сокращающегося разрыва фактического душевого потребления энергии относительно среднемирового. Если в начале XX в. этот разрыв был более чем 22-кратным, то в конце столетия он стал 2,5-кратным (см. *табл. 2*).

В фундаментальной книге [13] отмечается, что наблюдение за функцией распределения человечества по удельному энергопотреблению (q) показало, что существуют две группы людей, одна из которых тяготеет к низкому (*S-группа*), а вторая к высокому удельному энергопотреблению (*L-группа*). Оказалось, что эти группы довольно устойчивы и по относительной численности распределены в соотношении примерно 2:1. В то же время группа с меньшим удельным энергопотреблением весьма энергично преодолевает свое отставание. Для сравнения в книге представлены кривые распределения для 1965 и 2005 гг. и показано, что кривые 1965 г. дают средние значения $q_s \approx 0,2$ т н.э./чел.

и $q_L \approx 3$ т н.э./чел., а кривые 2005 г. — $q_S \approx 0,7$ т н.э./чел. и $q_L \approx 3,5$ т н.э./чел. Здесь q_S и q_L даны в тоннах нефтяного эквивалента (т у.т. = 1,4 т н.э.). Как видим, различие в удельном энергопотреблении между двумя группами за 40 лет сократилось примерно в 3 раза [13, с. 31].

Таким образом, динамика распределения ориентирована на выравнивание удельного энергопотребления между двумя группами людей. Это сопровождается наращиванием энергопотребления группой с его низким значением при небольшом увеличении для группы с высоким значением.

Данный вывод, как показано в книге [13, с. 32], справедлив для развитых и развивающихся стран. Наиболее существенный вывод состоит в том, что сокращение различий в удельном энергопотреблении между двумя группами стран с низким (развивающиеся страны) и высоким (развитые страны) уровнем энергопотребления — объективная тенденция современности.

При сравнении причин, приводящих к росту энергопотребления, становится очевидно, что определяющим является процесс, связанный с ростом экономики развивающихся стран. Если предположить, что указанная тенденция выравнивания сохранится на ближайшие десятилетия, то примерно в 2030–2035 гг. $q_S \cong q_L$. Если энергопотребление в развитых странах сохранится на современном уровне, тогда спрос на энергетические ресурсы может вырасти к этому моменту в 3 раза [3, с. 32] и достигнуть примерно 30 млрд т н.э., тогда как добыча органического топлива к 2030 г. прогнозируется в объеме около 13 млрд т н.э. Следует отметить, что за последние 30 лет XX в. мировое

потребление энергетических ресурсов выросло в 2 раза и сегодня превысило 10 млрд т н.э.

Отсюда вытекает вывод о том, что развитые страны непременно должны снижать энергопотребление и содействовать развивающимся странам в освоении энергосберегающих и энергоэффективных технологий, чтобы они к 2030 г. также сократили темпы роста энергопотребления с нынешних примерно 10% до единиц % в год. Только встречное движение развитых стран по снижению душевого энергопотребления способно удержать авангардные развивающиеся страны, осуществляющие масштабную индустриализацию, от неограниченного роста энергопотребления. Как будет показано далее, приемлемой нормой мирового душевого энергопотребления является примерно 1,8 т н.э. (2,5 т у.т.), то есть в 2 раза меньше фактического значения для развитых стран.

За последние 30 лет в мировой энергетике произошли значительные изменения, связанные прежде всего с переходом от экстенсивного развития, от энергетической эйфории к прагматической энергетической политике, основанной на повышении эффективности использования энергии и всемерной ее экономии. Поводом для этих изменений стали энергетические кризисы 1973 и 1979 гг., заметное истощение запасов ископаемых топлив и удорожание их добычи и, наконец, не в последнюю очередь — озабоченность по поводу ухудшения экологической ситуации как на суше, так и в атмосфере Земли. Так, начиная с 80-х гг. прошлого столетия фактор роста душевого потребления стал снижаться, постепенно замещаясь фактором повышения коэф-

фициента использования энергии. Таким образом, логика развития энергопотребления в XXI в. требует минимизации регионального разрыва и в первую очередь за счет существенного понижения душевого энергопотребления в развитых странах и необходимого повышения энергопотребления в развивающихся странах. Очевидно, что такие авангардные страны с динамично развивающимися рынками, как Китай и Индия, в XXI в. значительно повысят свое душевое энергопотребление. В целом ожидается, что развивающиеся страны повысят душевое энергопотребление до среднемирового уровня в 2,5 т у.т., обеспечивающего индустриализацию экономики при широком использовании энергосберегающих и энергоэффективных технологий.

Развитые страны после энергетического кризиса резко повысили эффективность использования энергии путем широкомасштабного использования энергосберегающих технологий. Фактическое снижение душевого потребления энергии в развитых странах нача-

лось уже в 1990-х гг. Это снижение будет продолжаться весь XXI век. Уже к середине XXI в., к концу грядущего шестого технологического уклада (2018–2050), душевое потребление энергии в развитых странах снизится до 40–45% и затем стабилизируется, выйдя на стационарные уровни, указанные в табл. 1. Последние должны стать нормативами на будущее для развитых стран. Они также отвечают обязательствам, взятым на себя развитыми странами на Копенгагенской конференции ООН по окружающей среде (2009). К тому же эксперты полагают, что уровень душевого энергопотребления выше 3,5 т у.т/год (2,5 т н.э., коэффициент пересчета равен 1,4) является весьма комфортным для граждан развитых стран.

Исследуя указанные тенденции в душевом энергопотреблении в различных странах мира, авторы работы [14] пришли к выводу, что в XXI в. среднемировое потребление энергии на душу населения Земли (*e*) уже к 2030 г. стабилизируется на уровне 2,6 ÷ 2,5 т у.т. на человека в год, как показано на рис. 1.

Рисунок 1. Прогноз мирового потребления энергии на душу населения (*e*)

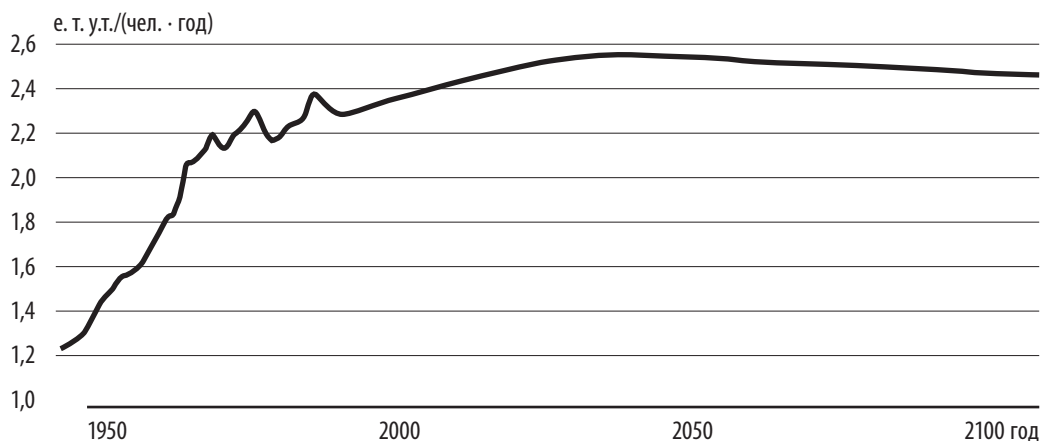
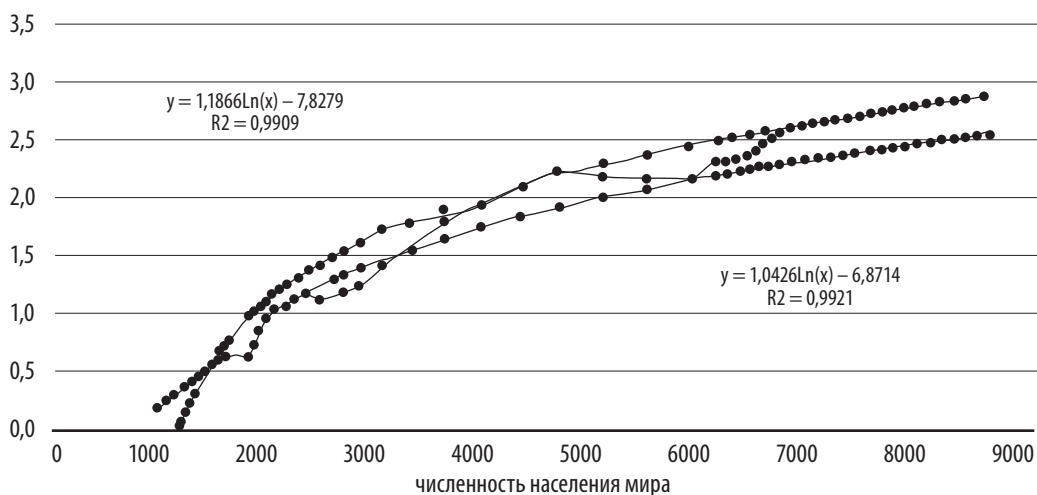


Рисунок 2. Зависимость мирового душевого потребления энергии (т у.т./чел.) от численности населения мира, млрд чел.



С другой стороны, исследуя динамику душевого потребления энергии в зависимости от численности населения мира, Ю.А. Плакиткин [15] также пришел к заключению, что в XXI в., душевое потребление энергии в мире стабилизируется и займет энергетическую «полку» на уровне примерно 2,5–2,8 т у.т. на человека в год, как показано на рис. 2. Это свидетельствует о том, что мы имеем дело с объективным процессом стабилизации душевого энергопотребления.

Следует отметить, что стабилизация среднемирового душевого потребления энергии на уровне 2,5 т у.т. в год возможна лишь при трех одновременно выполняемых условиях:

1) сокращение душевого потребления энергии в развитых странах на 40% с 6,9 т у.т./год до 4 т у.т./год;

2) увеличение примерно на 150% до среднемирового уровня в 2,5 т у.т./год душевого потребления энергии в развивающихся странах с 1 т у.т./год в настоящее время;

3) опережающие темпы роста эффективности использования потребляемой энергии.

Переход к режиму стабилизации душевого потребления энергии в мире в XXI в. назовем переходом к новой парадигме энергопотребления. Полагая справедливой тенденцию к стабилизации душевого потребления энергии во всех без исключения странах мира, отметим, что уровень стабилизации и сроки его достижения будут существенно различаться в разных странах. Итак, в соответствии с новой парадигмой энергопотребления в XXI в. мировые объемы производства энергии будут расти прямо пропорционально численности населения Земли:

$$E_w = 2,5 N \text{ (т у.т./год)}. \quad (2)$$

Таким образом, имея долгосрочный прогноз роста численности населения мира N , по формуле (2) мы легко сможем рассчитать прогноз мирового энергопотребления в XXI в.

Исходя из новой парадигмы потребления энергии, Ю. Плакиткин предложил модель душевого энергопотребления в XXI в. для различных стран, которая представлена в графической форме на рис. 3. Для реализации душевого энергопотребления по этой модели необходимо, чтобы эффективность использования потребляемой энергии, как утверждалось выше, росла опережающими темпами. Предполагается, что коэффициент использования потребляемой энергии будет увеличиваться

по логистической кривой, как показано на рис. 4. Коэффициент использования энергии отражает уровень технологического развития в энергетике. Все это справедливо как для развитых, так и для развивающихся стран с некоторым временным сдвигом, который будет постепенно уменьшаться. Благодаря этому душевое потребление энергии стабилизируется на уровне 2,5 т.у.т в год. А этого вполне достаточно для комфортного проживания человека в современных условиях.

Рисунок 3. Прогноз душевого потребления энергии в развитых и развивающихся странах, т.у.т./чел.

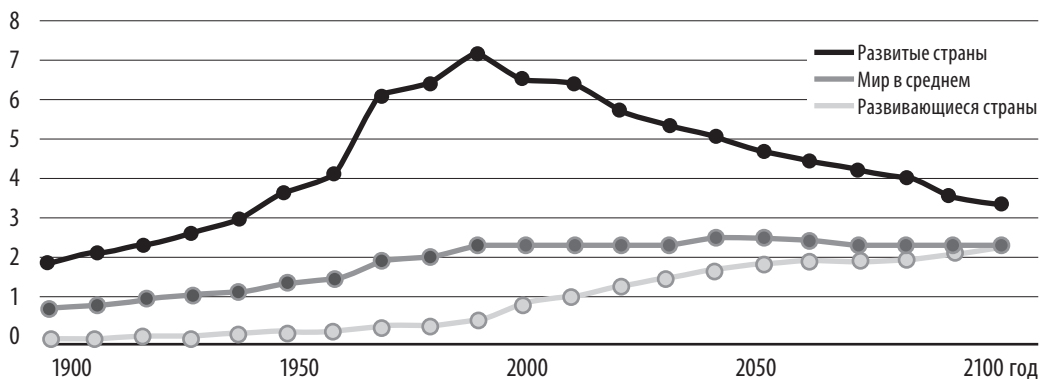


Рисунок 4. Прогноз коэффициента использования энергии в развитых странах, %

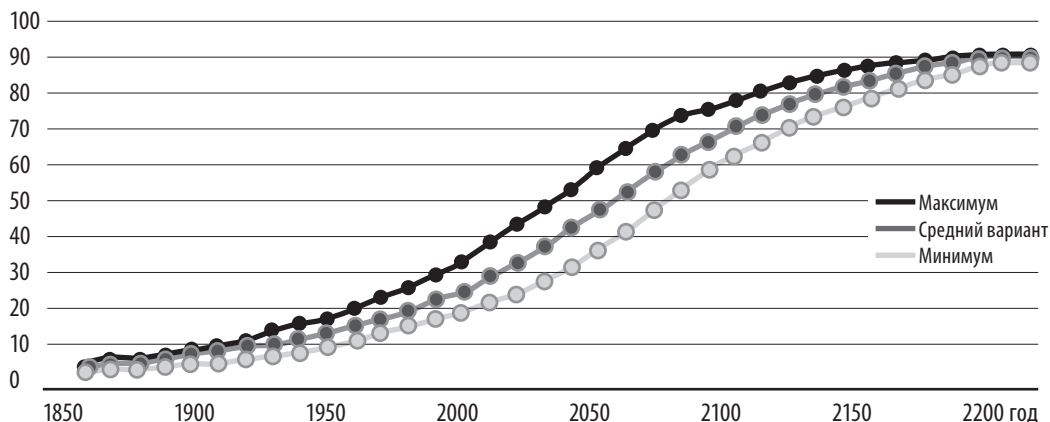


Рисунок 5. Различные сценарии развития динамики численности населения мира в XX–XXII вв., млрд человек

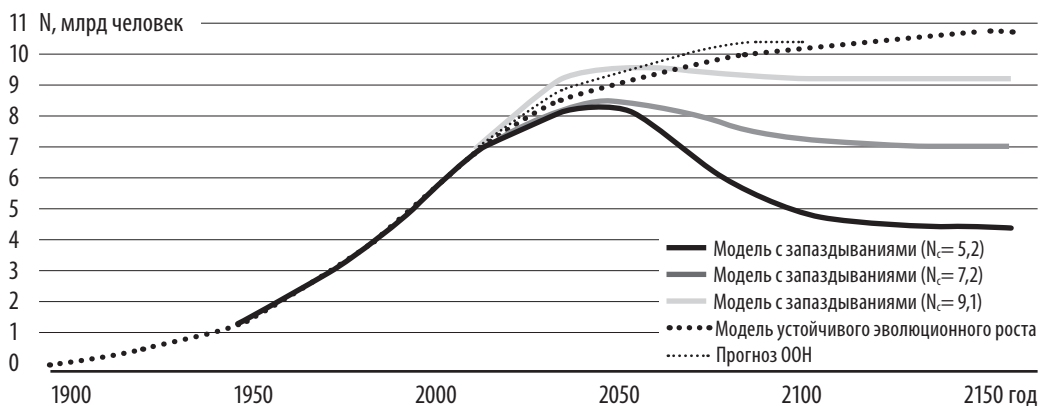


Рисунок 6. Потребление энергии в авангардных странах

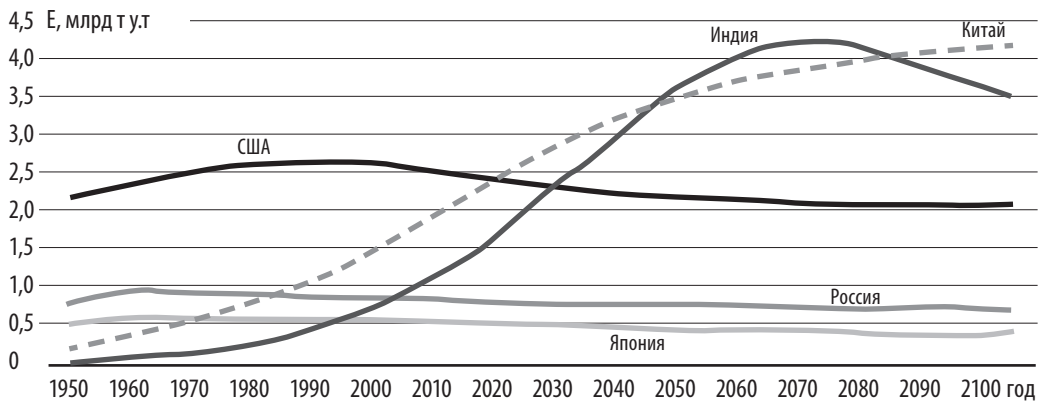
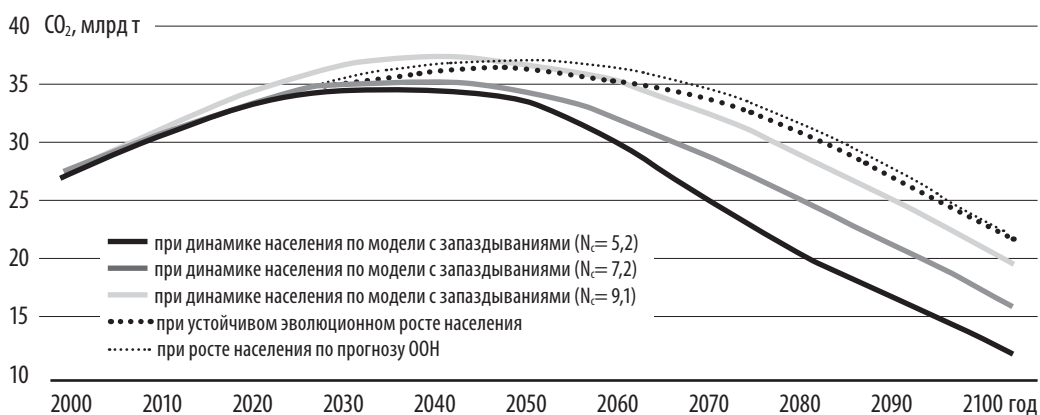


Рисунок 7. Динамика промышленных выбросов CO_2 в XXI в., млрд т



Описанные выше модели душевого энергопотребления для развитых и развивающихся стран в XXI в. с удовлетворительной точностью можно описать логистическими кривыми, характеризующими переход к новой парадигме энергопотребления.

1. Динамика энергопотребления E_d развивающихся стран (Китай, Индия, Бразилия и другие страны) описывается восходящей логистической кривой:

$$E_d = e_d N_d(T) = \frac{e_d^{(0)}(1 + \rho)N_d(T)}{1 + \rho \exp[-\vartheta(T - T_0)]}, \quad (3)$$

где e_d — душевое энергопотребление, т у.т.; $N_d(T)$ — численность населения в момент T ; ρ и ϑ постоянные параметры.

Учитывая, что $e_d^{\max} = e_d^{(0)}(1 + \rho) = 2,5$ т у.т. и $e_d^{(0)} \cong 1$ т у.т., легко получаем: $\rho = 1,5$ и $\vartheta = 0,044$; $T_0 = 2010$. В частности, для Китая — $e_d^{(0)} \cong 1,2$ т у.т.; $\rho = 1,08$; $\vartheta = 0,031$; а для Индии — $e_d^{(0)} \cong 0,8$ т у.т.; $\rho = 2,12$; $\vartheta = 0,037$;

2. Для развитых стран (США, страны ЕС, Япония и др.) динамика энергопотребления E_{hd} описывается нисходящей логистической кривой:

$$E_{hd} = \frac{e_{hd}^{(0)} N_{hd}[(T) 1 + \rho \{2 \exp[-\vartheta(T - T_0)] - 1\}]}{1 + \rho \exp[-\vartheta(T - T_0)]}. \quad (4)$$

Пользуясь данными табл. 1, легко находим конкретные значения параметров ρ и ϑ , полагая $T_0 = 2010$: для США — $e_{hd}^{(0)} = 9,5$ т у.т.; $\rho = 0,42$; $\vartheta = 0,03$; для ЕС и Японии — $e_{hd}^{(0)} = 5$ т у.т.; $\rho = 0,3$; $\vartheta = 0,032$; для России — $e_{hd}^{(0)} = 6,2$ т у.т.; $\rho = 0,274$; $\vartheta = 0,023$.

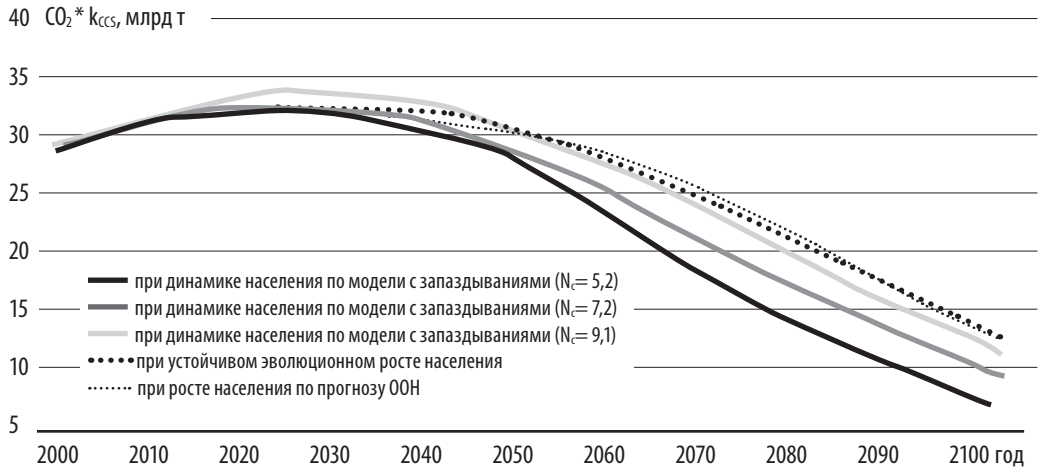
Таким образом, для расчета динамики энергопотребления в XXI в. для мира в целом (2), для развивающихся (3) и развитых (4) стран достаточно иметь дол-

госрочный прогноз соответствующей демографической динамики, которая играет ключевую роль. Она может быть рассчитана по математической модели «роста с возвратом и стабилизацией на стационарном уровне», разработанной в нашей работе [16]. Подробная методика расчета приводится в работе [17]. Прогнозные расчеты демографической динамики Мир-системы с помощью указанной модели, соответствующие различным стационарным уровням, представлены на рис. 5. Для сравнения, на этом же рисунке представлен прогноз ООН до 2100 г. [18]. Как видно из рисунка, прогноз ООН фактически совпадает с траекторией устойчивого эволюционного роста и является наиболее оптимистичным.

Далее, умножая на постоянный коэффициент 2,5 т у.т./чел.год, легко получаем динамику общемирового энергопотребления в XXI в. Нетрудно также рассчитать динамику энергопотребления в XXI в. для авангардных стран, пользуясь методикой, изложенной в работе [17]. Она представлена на рис. 6 [19]. Как видно из рисунка, при постепенном и плавном сокращении энергопотребления в развитых странах происходит стремительный рост потребления в развивающихся странах (Китай, Индия и др.), переживающих период индустриализации экономики.

Графики, описывающие динамику индустриальных выбросов углерода в виде углекислого газа (CO_2) на протяжении всего XXI в., представлены на рис. 7 [19]. Из рассмотрения рисунка видно, что при переходе к новой парадигме энергопотребления эмиссия углекислого газа (CO_2) в атмосферу достигает максимума в промежутке между 2035

Рисунок 8. Динамика промышленных выбросов CO_2 в XXI в., млрд т при использовании технологии CCS для улавливания и захоронения части CO_2



и 2045 гг., а затем идет на спад, уменьшаясь к концу столетия в 1,5–2 раза по сравнению с 2010 г.

Допустим, что часть CO_2 , выделяющегося при сжигании углеводородных топлив, улавливается и связывается с помощью специальной технологии (CCS) с целью дальнейшего захоронения, чтобы уменьшить выбросы CO_2 в атмосферу. Так, если сегодня начать активно внедрять технологии CCS в соответствии со сценарием «Голубая карта», то к 2050 г. прогнозируется сокращение выбросов в атмосферу на 19% [11]. Графики, описывающие выбросы углерода с учетом применения технологии CCS для связывания и захоронения части углерода, приведены на рис. 8 [19]. Как видно из рисунка, при использовании технологии улавливания и захоронения части CO_2 , максимум промышленных выбросов CO_2 приходится на середину 2020-х гг., а к концу столетия объемы выбросов CO_2 уменьшатся в 2,5 и 3 раза. Результаты, представленные на рис. 7

и 8, говорят также о том, что практически невозможно сократить объемы выбросов CO_2 вдвое к 2050 г., как это предусматривается в ряде сценариев МЭА [11]. Это достижимо только к концу столетия.

Графики, иллюстрирующие отклонения средней глобальной температуры T_g приземной атмосферы на протяжении всего XXI в., при динамике выбросов CO_2 , указанных на рис. 7 и 8, представлены на рис. 9 и 10 [19] соответственно.

Из рис. 9 и 10 видно, что отклонение средней глобальной температуры за XXI в. не превысит 0,9–1,2°C, а при использовании технологии CCS для улавливания и захоронения части CO_2 во все возрастающем масштабе средняя глобальная температура повысится на 0,7–0,9°C и стабилизируется на соответствующем уровне. Если учесть, что в течение предыдущих 150 лет средняя глобальная температура поднялась примерно на 1°C по сравнению с температурой в доиндустриальную эпоху, то

очевидно, что стабилизация душевого энергопотребления во всем мире, вкупе с широким использованием технологии CCS, позволяет гарантированно стабилизировать отклонения средней глобальной температуры на уровне, не превышающем допустимые 2°C ! Но для этого требуется, чтобы переход к новой парадигме душевого энергопотребления во всем мире с дифференци-

рованными нормативами (см. табл. 1), отвечающими обязательствам авангардных стран, взятым ими на себя на Копенгагенской международной конференции, был закреплен юридически международно-правовым документом. Необходимы также механизмы мониторинга и контроля за неукоснительным выполнением принятых перед международным сообществом обязательств.

Рисунок 9. Отклонения средней глобальной температуры у поверхности Земли в XXI в. от значения в 2000 г.

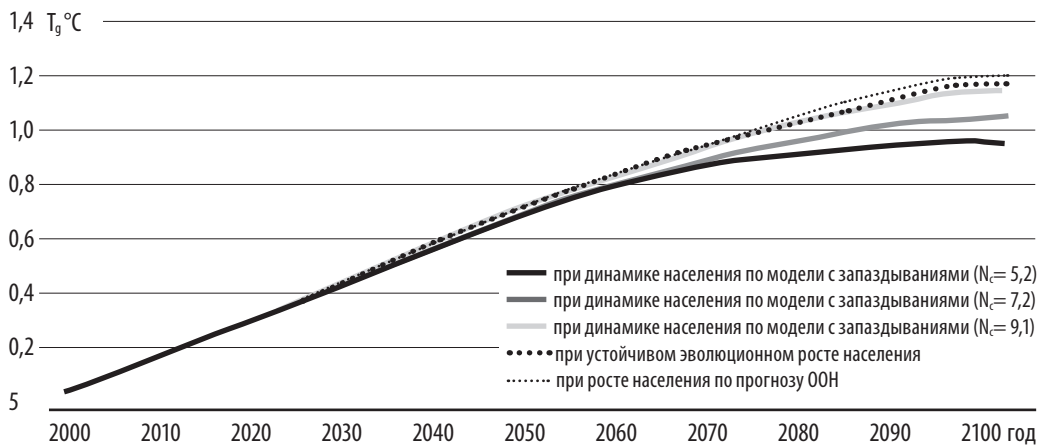
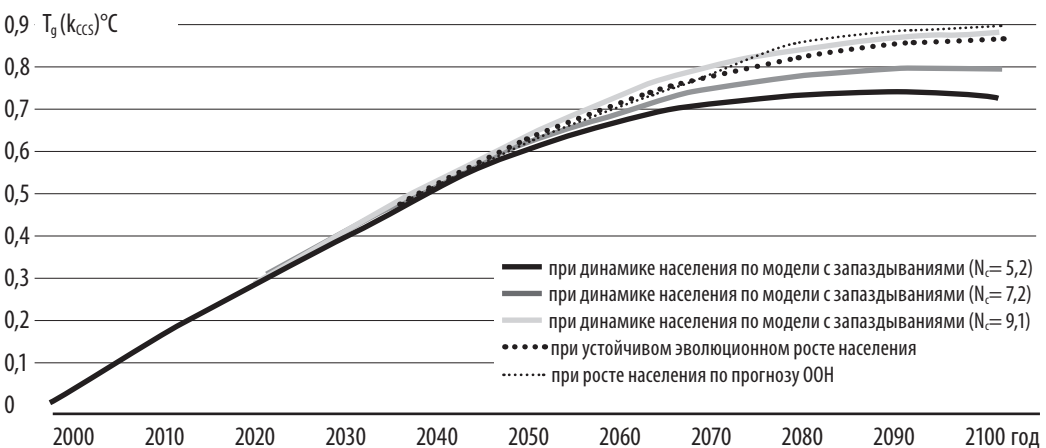


Рисунок 10. Отклонения средней глобальной температуры у поверхности Земли в XXI в. от значения в 2000 г. при использовании технологии CCS для улавливания и захоронения части CO_2



Энергоэкологическое развитие, суть которого в настоящей работе определена как переход к новой парадигме энергопотребления, связанной со стабилизацией душевого энергопотребления (3) — (4), требует все возрастающего объема инвестиций в разработку, усовершенствование и практическое использование технологий энергосбережения и повышения энергоэффективности, а также улавливания, связывания и захоронения части выбрасываемых в атмосферу парниковых газов. Выше мы уже приводили данные МЭА (IEA), представленные в докладе [11] и характеризующие инвестиционные расходы на осуществление сценария «Голубая карта»: до 750 млрд долларов в год к 2030 г. и свыше 1,6 трлн долларов в год с 2030 по 2050 г., тогда как в последние годы инвестиции в низкоуглеродные энергетические технологии в среднем составляли примерно 165 млрд долларов в год. В знаменитом докладе Стерна, подготовленном по заказу министерства финансов Великобритании, размер ежегодных инвестиций, необходимых для принятия мер по предотвращению изменения климата и адаптации к нему, оценивается в 1% мирового ВВП, в то время как цена «климатического бездействия» минимум в 5% мирового ВВП [20]. В Докладе о развитии человека 2007/2008 (ООН) [21] затраты на стабилизацию выбросов парниковых газов на уровне 450 ppm оцениваются в 1,6% годового мирового ВВП на период до 2030 г., что составляет примерно $\frac{2}{3}$ ежегодных расходов на военные нужды, тогда как ущерб мо-

жет достичь 5–10% мирового ВВП, если не удастся стабилизировать климат.

Можно приблизительно оценить, к какому замедлению темпов экономического роста приведет отвлечение части инвестиционных ресурсов на цели, связанные с обеспечением энергоэкологического развития. В первом десятилетии текущего столетия средние темпы мирового экономического роста составили примерно 4%. Для оценки возможного замедления темпов экономического роста воспользуемся весьма простой моделью роста Харрода-Домара, ориентированной на долгосрочный период и показывающей прямую связь между темпами роста инвестиций (I) и темпами роста ВВП (Y):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{1}{m} \times \frac{\Delta I}{I}, \quad m = \text{const.} \quad (5)$$

Данное соотношение справедливо в условиях равновесного роста, постоянства капиталовооруженности (K/Y) и нормы сбережений (s). Оно проверялось и подтверждалось многочисленными эконометрическими исследованиями. В частности, в работе [22] было показано, что в современных условиях значение коэффициента $m \cong 2$. Допустим, что на внедрение низкоуглеродных энергетических технологий направляется часть инвестиций, равная I_{EE} , тогда правую часть соотношения (5) можно преобразовать к виду:

$$\frac{\Delta I - I_{EE}}{mI} = \frac{\Delta I}{mI} - \frac{I_{EE}}{mI} = \frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\varepsilon Y}{msY} = \frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\varepsilon}{ms}, \quad (6)$$

где ε — доля ВВП, направляемая на развитие низкоуглеродной энергетики. Выше уже отмечалось, что в последние

годы на эти цели направляется примерно 165 млрд долларов, то есть приблизительно 0,25% мирового ВВП. Учитывая, что $s \cong 0,25$, из (6) получаем оценку замедления темпов экономического роста, равную $(0,0025/2 \times 0.25) \cong 0,005$, или 0,5%. Как видно, пока замедление незначительное. Каким же будет замедление темпов экономического роста, когда объем инвестиций возрастет до уровня в 750 млрд долларов? Подставляя в правую часть соотношения (6) соответствующее значение инвестиций в процентах ($\cong 1,12\%$ ВВП), получаем: $(0,012/2 \times 0.25) \cong 0,025$, или 2,5%, то есть существенное замедление. Таким образом, если объем ежегодных инвестиций на внедрение низкоуглеродных энергетических технологий поднять примерно в 5 раз, то средние темпы мирового экономического роста снизятся до 2% в год. Экономические потери, как видим, будут значительными, но зато резко уменьшится риск экологического кризиса, вызванного глобальным потеплением. Следует иметь в виду, что приведенные оценки характеризуют верхнюю границу ограничений, вызываемых мерами по стабилизации климата. Она может быть значительно снижена выбором оптимальной политики экономического регулирования выбросами CO_2 . Например, большинство экономистов соглашается с тем, что налог на выбросы углерода предпочтительнее по сравнению с системой ограничения и торговли квотами на выбросы. В работе [23] в контексте модели экономического роста со структурными сдвигами было показано, что политика введения налога на углерод и субсидирование продуктов с малым выбросом углерода в наименьшей сте-

пени сказывается на снижении выпуска продукции и занятости.

Заключение

1. С использованием метода сценарного долгосрочного прогнозирования глобального потепления показано, что возможна стабилизация климата Земли в требуемых пределах за счет перехода на новую парадигму энергопотребления. Новая парадигма энергопотребления сводится к стабилизации душевого энергопотребления во всех странах мира с различным дифференцированным нормативом для различных стран. Развитые страны, в соответствии с принятыми на себя обязательствами, постепенно снижают действующие нормативы на 40%. Развивающиеся страны обеспечивают умеренный рост энергопотребления до объективно необходимого среднемирового уровня.

Проведенные расчеты показывают, что за счет стабилизации среднемирового душевого энергопотребления на минимально приемлемом уровне в 2,5 т у.т. к 2030 г. можно достигнуть стабилизации климата и не допустить превышения предельной температуры глобального потепления в 2°C по сравнению с температурой атмосферы в доиндустриальную эпоху. Причем это утверждение справедливо даже тогда, когда достигается стационарный уровень численности населения мира вплоть до максимального уровня в 9,1 млрд человек.

2. Текущее десятилетие (2012–2020) призвано сыграть ключевую роль в запуске широкомасштабной программы освоения низкоуглеродных энергетических технологий.

ческих технологий, обеспечивающих минимальные выбросы CO_2 в атмосферу, а также технологий по улавливанию и захоронению части CO_2 (CCS). Это связано с тем, что необходимо добиться, чтобы эмиссия CO_2 достигла максимума в 2020–2030-е гг., затем начала устойчиво снижаться и к 2100 г. уменьшилась в 2–3 раза по сравнению с уровнем 2000 г. Только при этом условии можно стабилизировать климат Земли и не допустить повышения средней глобальной температуры атмосферы на $2^\circ C$ по сравнению с доиндустриальным значением, комфортным для жизни человека на Земле.

Поскольку суммарное энергопотребление развивающихся стран будет только расти и со временем значительно превзойдет энергопотребление развитых стран, последние должны активно передавать низкоуглеродные технологии развивающимся странам на основе их совместного использования при действенной схеме финансирования. Иначе стабилизация энергопотребления невозможна, так как около 100 развивающихся стран будут скорее всего продолжать развитие своей промышленности без оглядки на какие-либо ограничения, поскольку у них нет другого пути, чтобы избежать нищеты и голода.

3. Переход к ноосфере (В. Вернадский) лежит через коэволюцию человека и биосферы (Н. Моисеев). Для формирования коэволюции общества и природы требуется совместная согласованная деятельность мирового сообщества по выработке и неукоснительной реализации экологического императива, в частности энергоэкологической стратегии с твердыми нор-

мативами энергопотребления в XXI в. А это, в свою очередь, возможно только в случае достижения плодотворного партнерства цивилизаций, предлагаемого Ю. Яковцом.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2012.
2. Le Roy E. L'exigence idealiste et le fait d'evolution. Paris, 1927.
3. Федотов А.П. Глобалистика: Начала науки о современном мире. М.: Аспект Пресс, 2002.
4. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. М: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
5. Моисеев Н.Н. Быть или не быть человечеству? М., 1999.
6. Моисеев Н.Н. Проблема соответствия действий человека общим законам развития биосферы/Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. М.: Научный мир, 2002. С. 46–50.
7. Яковец Ю.В. Стратегия глобального устойчивого развития на базе партнерства цивилизаций. М.: МИСК, 2012.
8. Тарко А.М. Учение Н.Н. Моисеева о развитии биосферы и общества/Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. М.: Научный мир, 2002. С. 12–19.
9. Акаев А.А. Стабилизация климата Земли в XXI веке путем перехода к новой парадигме энергопотребления через партнерство цивилизаций // Партнерство цивилизаций, 2012. № 3. С. 52–65.

10. Рамсторф Ш., Шельнхубер Х.Й. Глобальное изменение климата. М.: ОГИ, 2009.
11. Holdren J. Population and the energy problem // Population and environment. // J. of Interdis Studies, 1991. №3.
12. Energy Technology Perspectives 2010 — Scenarios & Strategies to 2050. ETP 2010, IEA, 2010.
13. Велихов Е.П., Гагаринский А.Ю., Субботин С.А., Цибульский В.Ф. Эволюция энергетики в XXI веке. М.: ИздАт, 2008.
14. Клименко В.В., Клименко А.В., Андрейченко Т.Н., Довгалюк В.В., Микушина О.В., Терешин А.Г., Федоров М.В. Энергия, природа и климат. М.: Изд-во МЭИ, 1997.
15. Плакиткин Ю.А. Закономерности развития мировой энергетики и их влияние на энергетику России. М.: ИАИ Энергия, 2006.
16. Акаев А. А, Садовничий В.А. Математическая модель демографической динамики со стабилизацией численности населения мира вокруг стационарного уровня // ДАН, 2010. Т. 435. №3. С. 317–321.
17. Акаев А.А., Ануфриев И.Е., Акаева Б.А. Математическое моделирование мирового развития. Демография, экономика, энергетика, технологии/В кн.: Проекты и риски будущего. М.: КРАСАНД, 2011. С. 278–311.
18. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division Database. New York: United Nations, 2010. URL: <http://www.un.org/esa/population>
19. Акаев А.А. Стабилизация климата Земли в XXI веке путем стабилизации душевого энергопотребления. М.: Научный эксперт, 2012.
20. Stern. Review on the Economics of Climate Change, London, 2006.
21. Human Development Report 2007/2008. New York: UNDP, 2008.
22. Hayami Y. Development Economics from the Poverty to Wealth of Nations. Oxford, 1997. P. 37.
23. Mittnik S., Semmler W., Kato M. Samaan D. Employment and Output Effects of Climate Politics // «The Economics of Climate Change» conference at the New School hosted by SCEPA. New York: April, 2010.