
ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ: СТАНОВЛЕНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА М. И. БУДЫКО)

Розенберг Г. С.*

Обсуждаются основные проблемы сравнительно нового научного направления – глобальной экологии (потепление климата, сокращение биоразнообразия, рост численности населения, загрязнение, опустынивание и пр.). Особое внимание уделено взглядам академика М. И. Будыко, 100-летие со дня рождения которого отмечается в 2020 г. Под влиянием его работ сформировались представления о необходимых и достаточных условиях прогнозирования влияния деятельности человека на состояние биосферы (характере эволюции биосферы).

Ключевые слова: экология, биосфера, Геомерида, Гея, М. И. Будыко, устойчивое развитие.

The article discusses the main issues of a relatively new scientific field – global ecology (climate warming, reducing biodiversity, population growth, pollution, desertification, etc.). Particular attention is paid to the views of academician M. I. Budyko, whose 100th anniversary will be celebrated in 2020. His works inspired the ideas about the necessary and sufficient conditions for predicting the impact of human activity on the state of the biosphere (the nature of the biosphere evolution).

Keywords: ecology, biosphere, Geomerida, Gaia, Mikhail I. Budyko, sustainable development.

...Экологическая ситуация всегда была важнейшим фоном исторических событий. Теперь же, в эпоху глобального кризиса, который угрожает всей общепланетарной цивилизации, всему роду *Homo sapiens*, необходимы и новые общепланетарные стандарты <...> Человеку необходимо научиться согласовывать не только локальную, но и собственно глобальную деятельность с потребностями Природы, в установлении жестких рамок своего разви-

* Розенберг Геннадий Самуилович – д. б. н., профессор, член-корреспондент РАН, г. н. с. Института экологии Волжского бассейна РАН. E-mail: genarozenberg@yandex.ru.

тия, своей деятельности, их согласования с развитием остальной биосферы. Эти требования столь суровые, что их правомерно называть экологическим императивом.

Н. Н. Мусеев

Еще в 20–30-е гг. прошлого века наш великий соотечественник академик В. И. Вернадский разработал учение о биосфере [Вернадский 1926] и неоднократно подчеркивал, что активная деятельность человечества стала мощным геологическим и геохимическим фактором, который меняет лик всей Земли. В это же время было предложено еще одно понятие, сходное с понятием «биосфера», – «Геомерида»¹ [Беклемишев 1928]. И лишь через 50 лет естествоиспытатели перешли от «терминологических изысков» к конструктивным предложениям о структуре, целях и задачах формирующегося нового научного направления – глобальной экологии. Этому во многом способствовали работы британского инженера-химика и эколога Дж. Лавлока [Lovelock 1972; Lovelock, Margulis 1974; Лавлок 1993; кстати, в 2019 г. он отметил свое 100-летие!..] по концепции Геи² и монография (тогда еще члена-корреспондента АН СССР, но уже лауреата Ленинской премии) климатолога М. И. Будыко³ (1977). Последний сформулировал основы глобальной экологии (биосферологии⁴) как комплексной научной дисциплины, изучающей биосферу в целом, центральной проблемой которой являются механизмы круговорота веществ. Большой вклад в становление глобальной экологии внес академик К. Я. Кондратьев [1990; 1992; Марчук, Кондратьев 1992].

¹ В. Н. Беклемишев писал слово «геомерида» именно с заглавной буквы. Если быть педантичным, то этот термин впервые применил ботаник К. Д. Старынкевич в докладе в Обществе философских, исторических и социальных знаний при Таврическом университете (Симферополь, 1919 г.); правда, отдельной брошюрой этот доклад был издан в Праге значительно позже, через пять лет после смерти автора [Старынкевич 1931; см. также: Мирзоян 1990; 2007; Чайковский 2011; Соколов 2012].

² Само название «концепция Геи» было предложено нобелевским лауреатом по литературе Уильямом Голдингом (Sir William Gerald Golding, 1911–1993), с которым Лавлок часто прогуливался по живописным окрестностям деревни Бауэрчалк (Bowerchalke) недалеко от резонансно знаменитого после марта 2018 г. Солсбери (графство Уилтшир, Великобритания).

³ 20 января 2020 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося советского и российского геофизика, климатолога, академика РАН Михаила Ивановича Будыко. Прекрасно написанная и опубликованная на страницах журнала «Век глобализации» биография М. И. Будыко с подробным обзором его основных научных достижений [Лапенис 2011] освобождает меня от необходимости повторяться. Замечу лишь, что из биографических подробностей на меня произвели сильное впечатление способность Будыко к скорочтению и его воспоминания о встречах с Анной Ахматовой [Будыко 1990]. И естественно, в контексте данной публикации, тот факт, что Будыко стал одним из первых, кто почти полвека тому назад сделал акцент на антропогенном воздействии на климат и «смог “объяснить не только механизм изменений климата в геологическом прошлом, но и ряд связанных с ними закономерностей эволюции живых организмов” (этот результат был оформлен брошюрой [Будыко 1972]. – Г. Р.). Это позволило ему на международной конференции по климатологии, состоявшейся в 1971 году в Ленинграде, высказать мнение, что в ближайшие десятилетия начнется глобальное потепление, при котором в XXI веке температура воздуха вырастет на несколько градусов» [Тишков 2019].

⁴ Н. Ф. Реймерс [1994: 10] обозначил глобальную экологию как «экосферологию»: глобальная экология выходит за рамки биосферы, изучая всю экосферу планеты как космического тела; правда, этот термин не прижился.

Эта сравнительно молодая дисциплина призвана решать целый ряд научных проблем, главные из которых [Будыко 1984: 4]:

- изучать составляющие биосферы с целью их детального количественного описания (это же касается всех регионов земного шара);
- изучать круговорот главных видов минеральных, органических веществ и энергии для различных географических областей и биосферы в целом;
- строить числовые модели для каждого компонента биосферы (такие модели будут фундаментом для обоснования комплексной числовой модели всей биосферы);
- получать эмпирические материалы, характеризующие состояние биосферы в геологическом прошлом с целью выяснения закономерностей эволюции биосферы;
- применять числовые модели для прогнозирования антропогенных изменений биосферы, а также прогнозировать ее изменения в результате действия природных факторов для обоснования оптимальных путей хозяйствования;
- рассматривать методы воздействия на крупномасштабные процессы в биосфере с целью создания глобальной системы регулирования в интересах мирового сообщества.

Конечно, данные проблемы не исчерпывают всего многообразия задач, которые стоят перед биосферологией. Однако положительное решение хотя бы нескольких из них позволит уменьшить негативное антропогенное влияние на биосферу, а именно это и является практически значимой актуальной задачей глобальной экологии.

Детализируем вышеперечисленные глобальные экологические проблемы и рассмотрим некоторые из них, каждая из которых может уничтожить человечество.

Изменения климата (глобальное потепление). Новый «Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации» [Доклад... 2017: 4] начинается так: «Всемирный экономический форум (ВЭФ) опубликовал списки глобальных рисков на 2017 г.⁵ Первую позицию в пятерке главных глобальных рисков, ранжированных по вероятности, заняли экстремальные погодные явления. За ними следуют риски массовой вынужденной миграции, стихийные бедствия, крупные теракты и кража данных с сопутствующими видами мошенничества. В списке рисков, ранжированных по масштабу оказываемого воздействия, экстремальные погодные явления уступили лишь оружию массового поражения, опередив нехватку воды, крупные стихийные бедствия и неудачи в борьбе с изменением климата». Наиболее серьезную угрозу представляет глобальное потепление климата, которое вызывает активное таяние ледников, истончение морского арктического льда. В результате многие виды арктических животных, птиц и растений оказались на грани исчезновения. Дожди в низких и высоких широтах становятся более частыми и обильными, а в тропических и субтропических – напротив, климат становится более засушливым. Баланс в экосистемах нарушается, по всему миру отмечаются частые наводнения, засухи и ураганы.

Какова будет разница между ожидаемыми плюсами (например, потепление в Арктике, видимо, приведет к упрощению навигации по Северному морскому

⁵ См.: <http://reports.weforum.org/global-risks-2017/>. – Г. Р.

пути [Чумаков 2018: 57], а увеличение концентрации углекислоты в воздухе будет способствовать ускоренному росту растений, что повысит общую урожайность, – это совсем неплохо для нашей «северной» страны) и минусами потепления для России, сейчас сказать очень сложно. Сошлюсь еще раз на [Доклад... 2017], в котором подробно расписаны все ожидаемые (высоковероятные) негативные последствия (от воздействия на здоровье людей [повышение риска травматизма, болезней и преждевременной смертности из-за более интенсивных волн тепла, ураганов, наводнений и лесных пожаров; заболеваний, связанных с некачественными пищевыми продуктами и водой; трансмиссивных и иных инфекционных заболеваний; для психического здоровья, связанного с утратой трудоспособности и снижением производительности труда среди уязвимых групп населения], через повышение рисков в строительной отрасли [обеспечение долговечности конструкций зданий] и транспортной инфраструктуре [включая трубопроводный транспорт, особенно проходящий через водные преграды] до прогнозируемых изменений и рисков в энергетической инфраструктуре страны, промышленности, в водном, лесном [здесь сошлюсь на наше исследование «глобально-локального» масштаба – изменение продуктивности лесов Волжского бассейна в результате реализации сценария потепления климата: Kolomyts *et al.* 2012] и сельском хозяйстве [наиболее чувствительная к изменениям климата отрасль экономики⁶]). А вот разницу «в рублях» между плюсами и минусами потепления для России определить весьма сложно, поэтому в «Докладе...» ее просто нет.

В мировом масштабе сошлюсь на коллективную монографию «Global Ecology», вышедшую в 2010 г., и, в частности, на раздел [Cramer 2010], в котором на геологической шкале квазиравновесия между распределением экосистем и климата наблюдается, хотя и медленный, рост лесов, а также постепенное накопление органического вещества в почвах и торфяниках при реализации сценария потепления климата. Это позволило автору сделать шесть главных выводов [Ibid.: 361]:

- некоторые экосистемы могут временно получить выгоду (увеличение биопродуктивности; *резонный вопрос – а почему не устойчивости или какой-нибудь иной сложной характеристики сложной системы?*) от роста атмосферного CO₂ и/или связанного с этим потепления климата (некоторые из этих преимуществ будут наблюдаться и во второй половине XXI в.);
- наблюдаемые временные задержки в реагировании экосистем, как правило, означают больший риск разрушительных воздействий позже;
- многие воздействия на биосферу необратимы на шкале до тысячелетий (такие как исчезновение видов и органического вещества почв);
- экосистемы, подверженные изменению климата, уже в настоящее время находятся под существенным антропогенным давлением (нерациональное землепользование, загрязнение окружающей среды и пр.);
- возможны несколько вариантов смягчения последствий изменения климата (в частности, развитие производства биотоплива);

⁶ Например, по данным, которые приведены в: [Доклад... 2017: 54–55], можно для 24 территорий показать, что число случаев со значительным недобором зерна яровой пшеницы по двадцатилетиям 1961–1980 и 1995–2015 гг. возросло почти в 2 раза (с 23 до 54 случаев) при уменьшении посевных площадей в основных ареалах ее возделывания в 1,7 раза (с 24,5 до 14,1 млн га).

• биосфера продолжит оказывать основные экосистемные услуги для растущего человечества, если риски, связанные с изменением климата, будут сведены к гораздо более низкому уровню.

Познание локальных (топологических) и региональных механизмов устойчивости биосферы может внести существенный вклад в оценку экологических последствий глобального воздействия человека на климат. Речь идет, например, об изучении процессов биотической регуляции углеродного цикла в системе «почва – растительность – атмосфера». Этой проблеме посвящена обширная литература как в нашей стране, так и за рубежом, однако основное внимание чаще уделяется методикам определения углеродных пулов в различных компонентах экосистем, а также изучению «работы» углеродного цикла и современного содержания углерода в лесных, болотных и других экосистемах. Гораздо слабее освещены вопросы количественной оценки реакции различных биотических компонентов углеродного цикла конкретных экосистем на глобальные климатические изменения [см., например: Коломыц 2008; Kolomyts, Rozenberg 2009].

Сегодня все, что связано с проблемами изменения (потепления) климата, получает дополнительный экономико-политический окрас. «Появился и политический контекст, против которого неоднократно выступали ученые – участники МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата, созданная в 1988 г.; Нобелевская премия мира 2007 г. [Кокорин 2014]. – Г. Р.): “контекст укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата”. И вот главное в прогнозе: “пострадают около 100 развивающихся стран”. По сути, так и записано. Несмотря на то что для большинства из них даже многолетние тренды роста температуры не проявляются (скорости потепления в десятки раз ниже, чем, например, в Российской Арктике). Мол, они не смогут достаточно полно адаптироваться. А ориентировочно прямые затраты на адаптацию в мире в целом к 2050 году составят до 100 млрд долларов в год! Всего-то? В 6 раз меньше, чем текущий годовой бюджет США на вооружение» [Тишков 2019]. Или, как в 2005 г. заметил Тони Блэр, тогда премьер-министр Великобритании, «суровая правда о политике изменения климата заключается в том, что ни одна страна не хочет жертвовать своей экономикой для того, чтобы ответить на этот вызов» [цит. по: Чумаков 2018: 60].

Загрязнение Мирового океана. «Страшилки»? Нет, просто факт. На данный момент обнаружено пять огромных мусорных островов, которые дрейфуют в водах Тихого, Атлантического и Индийского океанов и создают огромные риски для всех их обитателей⁷. Только один «остров» в северной части Тихого океана площадью примерно в миллион квадратных километров (площадь Франции и Швеции) содержит более 100 млн т мусора... В данный момент пока не найдено эффективных путей выхода из этой ситуации.

Загрязнение воздуха. Жителей мегаполисов особенно волнует проблема загрязнения воздуха. Огромные объемы выхлопных газов, выбросов от предприятий окутывают города в толстый слой смога, дышать в котором порой становится просто невозможно. Отсюда многочисленные проблемы со здоровьем у взрослых и детей.

⁷ См.: https://ru.wikipedia.org/wiki/Большое_тихоокеанское_мусорное_пятно.

Истощение природных ресурсов – это выработка ископаемых до степени нерентабельности дальнейшей разработки. В настоящее время уровень потребления возобновляемых природных ресурсов начал превышать скорость их возобновления, а ограниченность запасов многих невозобновляемых видов ресурсов (например, ископаемого топлива) всегда была очевидной. Масштаб суммарного потребления всех базовых материалов в 2015 г. приблизился к 90 млрд т, что в 20 раз выше уровня 1900 г. [Грачев 2018]. Естественно, через загрязнение многократно возрастает и нагрузка на экосистемы. Но есть один ресурс, истощение которого будет фатальным для человечества, – это питьевая вода.

Недостаток питьевой воды. Если альтернатива нефти существует, то заменить воду ничем нельзя. Население засушливых регионов Земли уже сейчас остро страдает от недостатка питьевой воды. Кроме того, «антропогенное воздействие привело к резкому ухудшению качества вод большинства регионов, а в Поволжье, на Урале и в южных районах Сибири ситуация близка к катастрофической. Вода наряду с почвой стала носителем и аккумулятором всех загрязнений. И если учесть образное выражение В. И. Вернадского, что все природные воды, где бы они ни находились, тесно связаны между собой, то становится ясно, к каким необратимым последствиям может привести загрязнение водной среды. Какие бы совершенные технологии ни внедрялись, прямо или косвенно человек своей деятельностью будет влиять на воды суши» [Хубларян, Моисеенко 2009: 403]. И хотя водные ресурсы считаются возобновляемыми, до сих пор неясно, с какой скоростью идет этот процесс после их использования (в локальных территориях), что и создает водный дефицит. А он влечет бесконечные эпидемии, хронические заболевания, социальную напряженность, территориальные конфликты, миграцию и букет проблем, связанных с ней, которые сегодня испытывает на себе европейская цивилизация.

Уменьшение биоразнообразия. В природе все взаимосвязано, «*все связано со всем остальным*»⁸. Исчезновение одного вида вызывает нарушение работы всей экосистемы. Как наглядный пример можно привести кампанию по уничтожению воробьев в Китае («геноцид воробьев») в 1958–1960 гг. В результате был нарушен экологический баланс, и расплодившиеся насекомые уничтожили не только посевы, но и листву на деревьях. Это привело к масштабному голоду в стране и смерти более 30 млн человек.

Со школьной скамьи нам известна грустная история о том, что 1 сентября 1914 г. в зоопарке Цинциннати (штат Огайо) умерла Марта (кстати, так голубя называли в честь Марты Вашингтон, жены первого президента США) – последний представитель странствующей голубей (*Ectopistes migratorius*). Истребление этого вида является ярким примером нашего (*Homo sapiens*) неразумного (далеко «несапиенсного») поведения. Теперь 1 сентября – *День памяти видов, уничтоженных человеком*, – выпускаем книги, ставим памятники, обмениваемся чучелами. «Мы воздвигли памятник, чтобы ознаменовать похороны биологического вида. Этот памятник символизирует наше горе. Мы скорбим потому, что больше уже ни один человек не увидит, как стремительные фаланги победоносных птиц прола-

⁸ На это уточнение традиционного перевода первого закона-афоризма Б. Коммонера (1974) – все связано со всем (*everything is connected to everything else*) – мое внимание обратил профессор МГУ В. Н. Максимов.

гают путь весне в мартовских небесах и гонят побежденную зиму из всех лесов и прерий Висконсина» [Леопольд 1980: 93]. Надпись на бронзовой плите памятника странствующему голубю в Wyalusing State Park (открыт 11 мая 1947 г.), установленного Висконсинским орнитологическим обществом, гласит: «*This species became extinct through the avarice and thoughtlessness of man.* – Этот вид вымер из-за алчности (жадности) и бездумности человека». Нам полегчало?.. Не знаю, но мне сразу приходят на память строки-рефрен из песни А. Галича «Памяти Пастернака» (1968 г.):



Как гордимся мы, современники,
Что он умер в своей постели!..

Не буду подробно описывать другие главные глобальные экологические проблемы – объем журнальной публикации налагает свои ограничения. Только назову некоторые из них: **уничтожение тропических лесов** [Fearnside, Laurance 2004], **опустынивание** [Зонн и др. 2018], **разрушение озонового слоя** [Douglass *et al.* 2014], **перенаселение** [Ehrlich 1995; Розенберг и др. 1997; Капица 1999], **нарушение биосферного круговорота веществ и энергии** [Никаноров, Хоружая 2003; Бугаев 2010] и др.

Но на одной составляющей глобальной экологии следует остановиться чуть подробнее. Изучение этих и других глобальных экологических проблем необходимо для решения основной задачи глобальной экологии – **разработки моделей и прогнозов возможных изменений биосферы в будущем под влиянием деятельности человека**. Принятие решений без такого рода количественных оценок их последствий (долгосрочное хозяйственное планирование связано с большими капиталовложениями), скорее всего, будет мало- или совсем неэффективным (в силу сложности глобальных социо-эколого-экономических систем; СЭЭС [Розенберг 2011; Кудинова 2013; 2015; Костина 2015; Юрина 2017]). «Так как оценки касаются столь важных для человечества объектов, как биосфера и ее ресурсы, к ним следует подходить с предельной осмотрительностью. В данном случае лучше проявить максимальную осторожность, чем совершить непоправимую ошибку. В глобальной экологии человек выступает как фронтальной сапер, ошибающийся только лишь один раз...» [Реймерс 1994: 195].

Чуть раньше я уже публиковал обзор глобальных моделей динамики биосферы [Розенберг 2017]. В силу уникальности и сложности самого объекта исследования – биосферы – «расширением» экспериментирования со сложной системой становится эксперимент с моделью такой системы; «единственным инструментом глобалистики являются математические модели – модели процессов общепланетарного масштаба» [Моисеев 1984: 59]. В этом контексте первой такой глобальной моделью была модель круговорота веществ российско-французского математика В. А. Костицына (1883–1963), предложенная им еще в 1935 г., – 13 уравнений, более 30 коэффициентов [Костицын 1984].

Следующим, кто создал «знаковую» имитационную эколого-экономическую модель биосферы, стал американский системолог Дж. Форрестер (Jay Forrester; 1918–2016), который в 1971 г. опубликовал результаты моделирования изменений в биосфере и мировой экономике; модель была построена на основе разработанных им принципов системной динамики [Форрестер 1978]. Эта очень упрощенная модель содержит 5 блоков:

- население;
- капиталовложения (фонды);
- природные невозобновляемые ресурсы;
- доля фондов, вкладываемых в сельское хозяйство;
- уровень загрязнения среды.

Даже самые простые предположения, заложенные в основу этой, в общем-то, демонстрационной модели (разведанных природных ресурсов должно хватить на 250 лет развития человечества при сохранении темпов их использования на уровне 1970 г.), продемонстрировали, что рост потребления ресурсов в 1,5 раза за период с 1970 по 2000 г. из-за увеличения численности населения и капиталовложений ведет к ускоренному сокращению природных ресурсов и связанному с этим сокращению численности населения.

Следующая работа, которая вызвала еще больший интерес, вышла в свет через год – это был доклад Римскому клубу «Пределы роста», подготовленный группой американских и норвежских ученых во главе с Донеллой Медоуз [Meadows *et al.* 1972]. Далее, в полном соответствии с трилогией о мушкетерах Александра Дюма, появились книги «За пределами роста» [Meadows *et al.* 1992], «Пределы роста. 30 лет спустя» [Meadows *et al.* 2004] и «2052: глобальный прогноз на следующие сорок лет» [Randers 2012]. Научные дискуссии вокруг «Пределов роста» не утихают до сегодняшнего дня [Гвишиани 1988; Данилов-Данильян, Рейф 2015; Мокий 2015 и др.]. Не углубляясь в тонкости этих споров, приведу лишь две цитаты членов Римского клуба – немецкого экономиста Э. Пестеля (Eduard Kurt Christian Pestel; 1914–1988): «...хотя я и был... одним из первых критиков “Пределов роста”, меня вновь пленило содержание книги, но, может быть, еще больше – великолепный литературный стиль Донеллы Медоуз. Даже сейчас блестящее убедительное описание и интерпретация результатов исследовательского проекта, сделанные простым и понятным языком, произвели на меня не меньшее впечатление, так же, как и суровое откровенное признание многих недостатков работы» [Пестель 1988: 57] и отечественного философа и социолога, академика АН СССР (РАН) Д. М. Гвишиани (1928–2003): «У модели Медоуза было еще одно преимущество, которое многие критики едва ли не ставили ей в вину. Она отчетливо показала все недостатки, односторонность и предвзятость логических рассуждений. Можно с полной уверенностью сказать, что в другой форме анализ группы Медоуза не вызвал бы такой полемики, не породил бы ценнейших критических замечаний, существенных не только для оценки первого доклада Римскому клубу, но и для более глубокого понимания основных стратегий будущего научно-технического развития» [Гвишиани 1988: 17].

Нельзя не указать и на создание системы моделей взаимодействий процессов в биосфере и человеческой активности «Гея», которая была построена в СССР под руководством академика Н. Н. Моисеева [Александров, Моисеев 1984; Мо-

seev 1986]. На первом этапе была синтезирована модель взаимодействия процессов в атмосфере и в океане, влияющих на погоду и климат, – эти работы возглавил В. В. Александров при участии Г. Л. Стенчикова [Александров, Стенчиков 1984]. В дальнейшем в модель были включены блоки круговорота O_2 , CO_2 , растительность, фитопланктон, гумус почвы и пр. [Крапивин и др. 1982; Моисеев и др. 1985; Свирежев и др. 1986]. Вся биосфера была разделена на четыре блока: атмосфера, океан, суша-1 (на этой территории принимаются меры по снижению скорости загрязнений и использования природных ресурсов) и суша-2 (сохраняются современные тенденции воздействия на природу). В этой очень примитивной гетерогенности территории уже состоит отличие данной модели от моделей «форрестерского типа».

Эта модель позволила провести целый ряд экспериментов с целью оценки перспективности возможных управлений процессами воздействия на окружающую среду. Нельзя не упомянуть и о существенном «политическом эффекте» этой модели и последовавшего сравнения ее с «американским аналогом»: «Перед нами на ту же тему говорил руководитель Национального центра атмосферных исследований (США) профессор С. Шнайдер (Stephen H. Schneider, 1945–2010. – Г. Р.), который сообщил о результатах расчетов изменения климата на планете в первые двадцать дней после ядерной войны. Наши расчеты были выполнены на совершенно иных машинах, по другим программам, охватывали куда более длительный период и, главное, основывались на совершенно иной в методологическом отношении модели. Обе группы даже не знали о работах друг друга. И тем не менее, прогнозы на первые три недели неожиданно для самих их авторов оказались очень близки. Не только общие тенденции изменения климата Земли, но и средние температуры, и расположение зон с экстремальным похолоданием, и картина движения воздушных масс – все совпало буквально до деталей... В отличие от непосредственных факторов ядерного поражения факторы климатические носят глобальный характер. “Ядерная зима” и “ядерная ночь”, отсутствие света, пищи, пресной воды, отравление атмосферы токсичными газами затронут всю планету в равной степени. В этой войне не может быть не только победителей и побежденных, но даже нейтральных... Но запрет на применение ядерного оружия мало “вычислить”. Необходимо добиться, чтобы он из “модельного запрета” – граничного условия модели – превратился в абсолютный политический, нравственный, военный императив. И значит, просветительная функция науки оказывается едва ли не самой главной из ее функций... И после конференции их [ученых] усилия были направлены прежде всего на то, чтобы донести эти новые представления до осознания народов, политических и военных деятелей» [Александров, Моисеев 1984: 66–74]. Можно с полной уверенностью констатировать, что во многом именно эти исследования и дальнейшая работа по их «внедрению в головы» остановили угрозу развязывания ядерной войны в XX в., ускорив процесс политической разрядки и притормозив гонку вооружений.

Чтобы покончить с такого рода «политической экологией», приведу два высказывания:

- немецкого физика-теоретика, лауреата Нобелевской премии по физике 1932 г. В. Гейзенберга [1989: 121], которая, как мне кажется, весьма точно характеризует соотношение «ученый – общество» и «ученый – власть»: «Влияние науки на по-

литику стало много больше, чем оно было перед Второй мировой войной, и это обстоятельство налагает двойную ответственность на ученых... Ученый может или активно участвовать в управлении своей страной ввиду важности науки для общества (в этом случае он должен в конечном счете взять на себя ответственность за такие важные решения, которые выходят далеко за рамки решений, связанных с узким кругом исследовательской и университетской работы, к которой он привык до сих пор), или же он может отстраняться от всякого участия в решении политических вопросов. Потом он все же будет ответствен за ложные решения, которым он мог бы, пожалуй, воспрепятствовать, если бы он не жил спокойной жизнью кабинетного ученого. Очевидно, долг ученых – информировать свои правительства о совершенно невиданных ранее размерах разрушения, которые принесла бы война с применением термоядерного оружия»;

- и доктора философских наук А. Д. Иоселиани [2019: 73]: «...экология выступает в качестве новой формы гуманизма... Экологическая безопасность должна определять приоритеты экологической политики, выработать четкие принципы, средства и методы обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития через анализ и изучение всех детерминант, позволяющих прогнозировать будущее экологического развития и формировать новое экологическое мировоззрение».

Достаточно подробный обзор современных моделей биосферы и глобальных социо-эколого-экономических процессов можно найти в обзорных работах [Осипов, Лисичкин 2015; Verburg *et al.* 2016; Розенберг 2017; Сергеев, Кулеш 2017].

Завершая свое эссе о глобальной экологии, поводом для написания которого послужила юбилейная дата – 100 лет со дня рождения М. И. Будыко, – подчеркну следующее. Ни одна из проблем глобальной экологии не может быть решена в отдельности, изолированно. Мы имеем дело со сложной и глобальной СЭЭС в масштабе всей биосферы. Это полностью соответствует представлениям Б. Коммонера [1974: 32], который, поясняя свой широко известный четвертый экологический закон «*ничто не дается даром*» (см. выше сн. 8), писал: «Глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать: он может быть только отсрочен». Изучение и моделирование круговорота веществ (в силу невозможности постановки над СЭЭС биосферы традиционного эксперимента) необходимы для решения основной задачи глобальной экологии – разработки прогнозов возможных изменений биосферы в будущем под влиянием природных (в первую очередь климатических) и антропогенных воздействий. Это особенно актуально в свете тех социо-эколого-экономических проблем, которые встали перед человечеством на пути достижения им «устойчивого развития». И здесь я соглашусь с мнением А. А. Тишкова [2019]: «По прошествии многих десятилетий очень важна проверка совпадения прогнозов, выполненных географами в середине XX века, когда стал очевидным значительный антропогенный вклад в генезис изменений климата и окружающей среды. Прогнозы циклических автохтонных изменений глобального климата <...> и алармистские, по сути, предсказания изменений климата Будыко – все они сейчас требуют ревизии, эколого-географической экспертизы и исторической верификации».

Сегодня, возможно, еще рано говорить о синтезе «конструктивной ноосферологии» (или «теории ноосферогенеза», по Н. Н. Моисееву [1993: 173]), что позволило бы перейти от крупного философского обобщения В. И. Вернадского (футурологических представлений о «ноосфере вообще») к реально управляемой глобальной СЭЭС. «Эпоха натиска на природу закончилась или, во всяком случае, кончается. Необходимо повернуться лицом к человеку и спасти Землю от собственного усердия не по разуму. Сменилась сама цель развития. Еще недавно казалось, что достаточно человека накормить и сделать богатым. Сейчас же выяснилось, что для того, чтобы жить долго и не болеть, этого мало. Нужна еще благоприятная среда жизни. Иначе даже расходы на медицину, возрастающая экспоненциально, достигают парадоксальных величин. Обращение к человеку привело к новой форме антропоцентризма: экологическому антропоцентризму. Общество стало поворачиваться лицом к себе, к своему переустройству, а не к преобразованию природы. <...> Но завтра человечества уже в другом. Оно в гуманизации общества, его внутренней “экологизации”. Ведь сколько ни развивай наукоемкие производства, даже охвати этим процессом весь мир, люди окажутся в весьма затруднительном положении: компьютерами сыт, одет и обут не будешь. Хотя наукоемкое производство экологически менее опасно, чем другие формы промышленности, но цемент, металл и прочие продукты индустрии оно не “отменяет”, хотя и экономит» [Реймерс 1994: 217, 218]. Однако без фундаментальных исследований в «конструктивной ноосферологии» (таких как, например, *модель социально-экологического оптимума* для сохранения биосферных генофондов Ю. П. Алтухова [1983]) мы рискуем не найти «дорогу к Храму», что будет стоить человечеству слишком дорого.

Литература

- Александров В. В., Моисеев Н. Н. Ядерный конфликт глазами климатологов и математиков // Вестник АН СССР. 1984. № 11. С. 65–76.
- Александров В. В., Стенчиков Г. Л. О глобальных последствиях ядерной войны // Вычислительная математика и математическая физика. 1984. № 1. С. 140–143.
- Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. М. : Наука, 1983.
- Беклемишев В. Н. Организм и сообщество (к постановке проблемы индивидуальности в биоценологии) // Труды Биологического НИИ и биологической станции при Пермском университете. 1928. Вып. 2–3. С. 12–14.
- Бугаев А. Ф. Глобальная экология: концептуальные основы. Киев : СПД Павленко, 2010.
- Будыко М. И. Влияние человека на климат. Л. : Гидрометеиздат, 1972.
- Будыко М. И. Глобальная экология. М. : Мысль, 1977.
- Будыко М. И. Эволюция биосферы. Л. : Гидрометеиздат, 1984.
- Будыко М. И. Рассказы Ахматовой // Об Анне Ахматовой. Стихи, эссе, воспоминания, письма [Электронный ресурс]. Л. : Лениздат, 1990. С. 461–506. URL: <http://ahmatova.niv.ru/ahmatova/vospominaniya/budyko-rassказы-ahmatovoj.htm>.
- Вернадский В. И. Биосфера. Л. : НХТИ, 1926.
- Гвишиани Д. М. Вступительная статья / Э. Пестель // За пределами роста. М. : Прогресс, 1988. С. 4–28.

- Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М. : Наука, 1989.
- Грачев В. А. Истощение природных ресурсов. Курс лекций по «Глобальной экологии». 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://fgp.msu.ru/wp-content/uploads/2018/09/istoshchenie-prirodnyh-resursov.pdf>.
- Данилов-Данильян В. И., Рейф И. Е. За пределами роста. Компьютерная модель, всколыхнувшая мир // Наука и жизнь. 2015. № 10. С. 3–15.
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. СПб. : Росгидромет, 2017.
- Зонн И. С., Куст Г. С., Орловский Н. С., Ши Пей Чжун, Тянь Юй-Чжао. Пустыни и опустынивание: Энциклопедия. М. : Международные отношения, 2018.
- Иоселиани А. Д. Глобальная экология и экологическая безопасность: философское осмысление // Век глобализации. 2019. № 1. С. 68–74.
- Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. М. : Наука, 1999.
- Кокорин А. О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014.
- Коломыц Э. Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М. : Наука, 2008.
- Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. Л. : Гидрометеиздат, 1974.
- Кондратьев К. Я. Ключевые проблемы глобальной экологии // Итоги науки и техники ВИНТИ. Серия «Теоретические и общие вопросы географии». Т. 9. М. : ВИНТИ, 1990.
- Кондратьев К. Я. Глобальная экология и требования к данным наблюдений. СПб. : Наука, 1992.
- Костина Н. В. Анализ состояния и сценарии развития социо-эколого-экономических систем территорий разного масштаба с помощью экспертной информационной системы REGION. Тольятти : Кассандра, 2015.
- Костицын В. А. Эволюция атмосферы, биосферы и климата. М. : Наука, 1984.
- Крапивин В. Ф., Свирежев Ю. М., Тарко А. М. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. М. : Наука, 1982.
- Кудинова Г. Э. Устойчивое развитие экономико-экологических систем региона. Тольятти : Кассандра, 2013.
- Кудинова Г. Э. Устойчивое развитие и экомодернизация эколого-экономических систем региона бассейна крупной реки. Тольятти : Кассандра, 2015.
- Лавлок Д. Дни Вернадского: Предыстория Геи // Вестник РАН. 1993. № 12. С. 1134–1135.
- Лапенис А. Г. Выдающийся российский климатолог: памяти М. И. Будыко // Век глобализации. 2011. № 1. С. 182–189.
- Леопольд О. Календарь песчаного графства. М. : Мир, 1980.
- Марчук Г. И., Кондратьев К. Я. Приоритеты глобальной экологии. М. : Наука, 1992.
- Мирзоян Э. Н. Теория эволюции и концепция Геомериды (к 100-летию со дня рождения В. Н. Беклемишева) // Бюллетень МОИП. Сер. биол. 1990. № 7. С. 3–15.

- Мирзоян Э. Н. К истории глобальной экологии. Концепция Геомериды В. Н. Беклемишева. М. : Экол. центр ИИЕТ РАН. 2007. Вып. 1. С. 1–128.
- Моисеев Н. Н. Комментарии к «Эволюции биосферы» В. А. Костицына / В. А. Костицын // Эволюция атмосферы, биосферы и климата. М. : Наука, 1984. С. 46–96.
- Моисеев Н. Н. Восхождение к Разуму. Лекции по универсальному эволюционизму и его приложениям. М. : ИздАТ, 1993.
- Моисеев Н. Н., Александров В. В., Тарко А. М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. М. : Наука, 1985.
- Мокий В. С. Пределы роста. 40 лет спустя: трансдисциплинарное переосмысление // Universum: Общественные науки: электронный научный журнал. 2015. № 12(21). URL: <http://7universum.com/ru/social/archive/item/2861>.
- Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология: учеб. пособие. М. : ПРИОР, 2003.
- Осипов Г. В., Лисичкин В. А. Глобальные модели развития человечества: учеб. пособие. М. : Норма, Инфра-М, 2015.
- Пестель Э. За пределами роста. М. : Прогресс, 1988.
- Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М. : Журнал «Россия Молодая», 1994.
- Розенберг Г. С. Введение в теоретическую экологию. Тольятти : Кассандра, 2011.
- Розенберг Г. С. Глобальные модели динамики биосферы (к 100-летию со дня рождения Никиты Николаевича Моисеева) // Биосфера. 2017. Т. 9. № 2. С. 107–122.
- Розенберг Г. С., Краснощекоев Г. П., Гелашвили Д. Б. Мальтус, Циолковский, Котляков и проблемы устойчивого развития и народонаселения // Известия ДВО РАН. Сер. биол. 1997. № 2. С. 8–12.
- Свирижев Ю. М., Александров Г. А., Арманд А. Д. Математические модели экосистем. Экологические и демографические последствия ядерной войны. М. : Наука, 1986.
- Сергеев Ю. Н., Кулеш В. П. Проблемы циклического и стационарного развития цивилизации в глобальных моделях // Биосфера. 2017. № 9. С. 13–47.
- Соколов Б. С. Великие природные системы Земли: биосфера, геомерида, стратисфера // Биосфера. 2012. Т. 4. № 2. С. 126–130.
- Старынкевич К. Д. Строение жизни. Прага : POLITIKA, 1931.
- Тишков А. А. Насколько реальны прогнозы о глобальном потеплении. Алармисты от экологии заказывают сегодня музыку // Независимая газета. 2019. 11 ноября [Электронный ресурс]. URL: http://www.ng.ru/ng_energiya/2019-11-11/12_7723_climat.html.
- Форрестер Д. Мировая динамика. М. : Наука, 1978.
- Хубларян М. Г., Моисеенко Т. И. Качество воды // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 5. С. 403–410.
- Чайковский Ю. В. Откуда есть пошла русская Гея // Вестник РАН. 2011. Т. 81. С. 748–756.
- Чумаков А. Н. Глобальный мир: столкновение интересов. М. : Проспект, 2018.
- Юрина В. С. Устойчивое развитие и экологический аудит социо-эколого-экономических систем территориально-промышленных комплексов. Тольятти : Кассандра, 2017.

Cramer W. Global Change Impacts on the Biosphere // *Global Ecology: A Derivative of Encyclopedia of Ecology* / Ed. by S. E. Jorgensen, B. D. Fath. Amsterdam; Boston : Elsevier; Academy Press, 2010. Pp. 356–364.

Douglass A. R., Newman P. A., Solomon S. The Antarctic Ozone Hole: An Update // *Physics Today*. 2014. Vol. 67. No. 7. Pp. 42–48.

Ehrlich P. R. *The Population Bomb*. New York : Buccaneer Books (reprint edition), 1995.

Fearnside P. M., Laurance W. F. Tropical Deforestation and Greenhouse-gas Emissions // *Ecological Applications*. 2004. Vol. 14. No. 4. Pp. 982–986.

Kolomyts E. G., Rozenberg G. S. Forecasted Changes of Biological Cycle Carbon Balance in Temperate Forest Ecosystems under Global Warming // *International Journal of Ecological Economy Statistics*. 2009. Vol. 15. No. F09. Pp. 1–19.

Kolomyts E. G., Rozenberg G. S., Saksonov S. V., Sharaya L. S. *Forests of Volga River Basin under Global Warming (Landscape-Ecological Analysis and Prognosis)*. New York : Nova Science Publishers, Inc., 2012.

Lovelock J. E. Gaia as Seen through the Atmosphere // *Atmospheric Environment*. 1972. Vol. 6. No. 8. Pp. 579–580.

Lovelock J. E., Margulis L. Atmospheric Homeostasis by and for the Biosphere: the Gaia Hypothesis // *Tellus. Ser. A*. 1974. Vol. 26. No. 1–2. Pp. 2–10.

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J. *Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Toronto : McClelland & Stewart, 1992.

Meadows D. H., Randers J., Meadows D. L., Behrens III W. W. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. 1. Universe Books, 1972.

Meadows D. H., Randers J., Meadows D. L. *Limits to Growth. The 30-year Update*. White River Junction (VT): Chelsea Green Publishing Co., 2004.

Moiseev N. N. *Man, Nature and the Future of Civilization: "Nuclear Winter" and the Problem of a "Permissible Threshold"*. Moscow : Novosti Press Agency Publishing House, 1986.

Randers J. *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co, 2012.

Verburg P. H., Dearing J. A., Dyke J. G., Leeuw S., Seitzinger S., Steffene W., Syvitski J. Methods and Approaches to Modelling the Anthropocene // *Global Environmental Change*. 2016. Vol. 39. Pp. 328–340.