

ОЧЕРКИ БИОСФЕРОЛОГИИ

1. ВЫХОД ЕСТЬ: ПЕРЕХОД К УПРАВЛЯЕМОЙ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ ¹

А. В. ЯБЛОКОВ – д. биолог. н., проф., член-корр. РАН,
Институт биологии развития им Н.К. Кольцова РАН,
(г. Москва, Россия)

E-mail: alexey.ablokov@gmail.com

В. Ф. ЛЕВЧЕНКО – д. биолог. н.,
Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,
(г. Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: vflew@mail.wplus.net

А. С. КЕРЖЕНЦЕВ – д. биолог. н., проф.,
Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
(г. Пущино Московской области, Россия)

E-mail: kerzhent@rambler.ru

Развитие биосферы по природным (физико-химико-биологическим) закономерностям оказалось нарушенным появлением человека. Возникнув как один из вариантов движения материи к высшим формам самопознания, он вышел за пределы биологических закономерностей и стал оказывать такое давление на биосферу, при котором оказались под угрозой ее ряд жизнеобеспечивающих свойств. Став в антропоцене «геологической силой», человек пока недостаточно осознал в своей деятельности существо происходящих в биосфере под его давлением процессов. Цель статьи – привлечь внимание к эволюционной опасности растущего антропогенного давления, как для биосферы, так и для самого Человека.

Ключевые слова: биосфера, экологический кризис, функциональная экология, управляемая эволюция, антропоцен, ноосфера.

THE DECISION EXISTS: TRANSITION TO CONTROLLED EVOLUTION OF THE BIOSPHERE

ALEXEJ YABLOKOV – Doctor of Biology, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
Koltzov Institute of Developmental Biology of the Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)

VLADIMIR LEVCHENKO – Doctor of Biology,
Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry
of the Russian Academy of Sciences
(Saint-Petersburg, Russia)

¹ Авторами задуманы следующие очерки по биосферологии (названия – предварительные):

1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы.
2. Теоретические аспекты биосферологии, некоторые пути управления эволюцией биосферы.
3. Некоторые общие черты эволюции на разных уровнях организации жизни.

ANATOLIY KERZHENTSEV – Doctor of Biology, Professor,
Institute of Basic Biological Problems of the Russian Academy of Sciences
(Pushchino, Moscow region, Russia)

Humankind from Neolithic time uses the biosphere solely as a resource for own development (but doesn't describe it as a unit of life). Anthropocentric concept of the biosphere only as "the receptacle of life" and as inexhaustible resource is simplistic and inadequate. The biosphere is a sovereign unit of life that unites all living matter, including humans, in a common network - the "web of life". This web is existing physically on the planet in the form of inert (lifeless), half inert (ocean, soil, atmosphere) and living matter. It supports now "biosocial substance" on the planet, but may become the "intelligence sphere" i.e. noosphere.

Anthropocentric philosophy (which is based on the paradigm of Neolithic culture) leads to a global environmental crisis of the biosphere, because our technology for using non-renewable resources are violating the natural processes and destroying dynamical equilibrium in the biosphere.

One of the reasons of the ecological crisis is that living organisms of the biosphere can't use and remake many pollutant substances produced by modern humankind. Moreover, the humans change the ratio between main components of biosphere (producer – consumer – reductant). To restore the ruined by humankind the planetary ecosystem balance it is necessary to interrupt the pollution of environment as well as to return removed branches to the biosphere cycle.

If humankind will perform in the biosphere not only the consumer functions, but also reductant and producer ones, then it may turn from insouciant user into a "caring owner", the "brain" of the biosphere. Then mankind will undoubtedly require less energy and mineral resources, inefficient use of which (97–98 % becomes wastes) worsens essentially a life-supporting functions of the biosphere.

Already at the present level of knowledge the task of formulation of the system of principles (postulates), which concern the biosphere functioning is feasible. It can help in practical activity, detailing the directions of repair and reconstruction of disturbed and ruined natural ecosystems at local, regional and global levels. Apart it can be the theoretical justification of practical actions to restore the dynamic equilibrium of the biosphere. Our concept of "crisis management of the biosphere" overcomes methodological inconsistency of the popular concept of "sustainable development", in which the biosphere, as a unit of life, are not considered at all.

The development of the concept of "crisis management of the biosphere" allows us to formulate the paradigm of "controlled evolution of the biosphere" – a set of scientific conceptions and notions, which implies the accomplishment by humankind all basic ecological functions of live (producer – consumer – reductant) as well as restoring of natural biosphere balance for the flows of the matter.

The paradigm of controlled evolution of the biosphere leads to the creation of new human culture and seems to be a step in the development of the idea of the transition from the biosphere to the noosphere. It is possible this paradigm can become a leading paradigm of development of humankind for the foreseeable future.

Among the certain elements of this paradigm it may be emphasized (not in order of importance):

- creation of highly productive semi-natural ecosystems;*
- creation of new forms of living organisms;*
- transition "from monocultures to polycultures" in agriculture;*
- transition "from hunting to harvesting" as regards to exploitation of all living natural resources;*
- transition from the "struggle" with undesirable species to "manage" them;*
- expansion of the range of cultivated and domesticated species;*
- securely isolation of "eternal" pollutants;*
- protection of the human being from anthropogenic toxicants;*
- saving of the biodiversity.*

In the paradigm of controlled evolution of the biosphere, the humankind is considered not only as main object, but also as the subject of management. The humankind has to repair destroyed ecosystems and to elaborate the life-supporting technologies for biosphere and for itself. Then it will be the noosphere. Would this way be realized, it depends on first of all from the depth of understanding of the scale and consequences of the anthropogenic violation of natural biosphere processes, and secondly – from the ability to undertake collective efforts in the field of crisis management by the biosphere.

Keywords: biosphere, ecological crisis, functional ecology, controlled evolution, anthropocene, noosphere.

1. Введение

Всё современное естествознание является, по существу, исследованием биосферы – структур и функций живых, косных и биокосных систем, составляющих в совокупности жизнь в форме, реализованной на планете Земля. Исследование космоса тоже, по сути, базируется на закономерностях, обнаруженных при изучении биосферы. В то же время, за последние 60–70 лет в физических, химических, биологических исследованиях возобладали, в основном, утилитарные тенденции, ориентированные на практическую реализацию результатов научной деятельности (по краткосрочному принципу «живем здесь и сейчас»)¹. Человек стал меньше вглядываться в будущее, предпочитая обеспечение всё большего комфорта сегодня.

Настоящая статья – первый из серии очерков по проблемам исследования биосферы, которые, по мнению авторов, требуют широкого обсуждения. Авторы выступали с изложением своих взглядов на нескольких конференциях в России [Яблоков, Левченко, Керженцев, 2014].

Прежде чем обсуждать современное состояние биосферы и кризисные процессы, происходящие в ней, отметим, что мы разделяем систему взглядов, которую можно назвать биосферной (панбиосферной – [Левченко, 2011]) парадигмой: сумму теоретических представлений и идей, которые в том или ином виде постоянно присутствуют в работах В.И. Вернадского и его многочисленных последователей, и заключаются в том, что все известные нам живые организмы не существуют вне биосферы, а известная нам земная жизнь без биосферы невозможна. Её развитие, как и развитие и функционирование всей биосферы, неразрывно взаимосвязаны, при этом нет никаких свидетельств того, что биосфера как система исчезала, и потом вновь появлялась. Данная система взглядов также подразумевает, что происхождение жизни на Земле было сопряжено с формированием первичной протобиосферы, пригодной для существования протобионтов, но отнюдь не только с их гипотетическим появлением на планете в силу каких-либо земных естественных процессов или же вследствие панспермии.

2. Развитие биосферы до антропоцена

Изначально жизнь, видимо, развивалась в водной среде в благоприятных для биохимических реакций гидротермических условиях. В процессе эволюции «линия фронта» заселения суши перемещалась по градиенту убывания биохимического комфорта. Растекание первичных экосистем² по гидротермическому градиенту происходило под «давлением жизни» [Вернадский, 1927] с захва-

¹Можно указать две главные причины, по-видимому, прямо способствовавшие этому: коньюмеризация общества (например, превращение медицины – включая фарминдустрию и медтехнику – в коммерческую отрасль) и «обеспечение национальной безопасности» (включая создание оружия массового уничтожения – атомного, химического, биологического).

²Под «экосистемой» имеется ввиду элементарные структурно-функциональные единицы биосферы – биогеоценозы и их комплексы [Сукачев, 1964]. В функциональном отношении именно границы функционирования экосистемных круговоротов определяют границы самих экосистем [Левченко, 2011].

том и трансформацией первично непригодных для жизни пространств и ресурсов.

С освоением экосистемами Мирового океана и практически всей поверхности Земли, из пятнистой мозаики относительно слабо взаимодействующих экосистем возникла самая большая из возможных на Земле комплексная экосистема – биосфера, способная к саморегуляции.

Реконструкции основных путей развития биосферы до человека посвящены многие тысячи палеонтологических, палеоклиматических, геологических работ. Отметим лишь некоторые моменты.

Геохимическое «истощение» биосферы на протяжении архея и раннего протерозоя (в частности, в отношении ряда тяжелых металлов, вовлечённых в биокаталитические процессы) привело к изобретению древней жизнью гетеротрофии (поглощению живых организмов с их геохимическим содержанием) и сапротрофии (использованию отмершей биомассы). В итоге произошли постепенная специализация прокариот по типам питания (автотрофы, гетеротрофы, сапротрофы) и их последующее объединение в бактериальные маты.

Ещё одно замечательное изобретение последующей эволюции жизни – симбиоз прокариот, который привёл к возникновению эукариотной клетки. В процессе симбиотического (строго говоря, – мутуалистического) объединения, клеточные структуры одних клеток встраивались в другие клетки. Многие жизненные процессы в эукариотной клетке возникли на основе факультативных и облигатных симбиозов прокариотных микроорганизмов, взаимно зависимых от продуктов обмена друг друга [Маргулис, 1983]. Симбиоз решил также проблему защиты анаэробного механизма функционирования прокариот от агрессии кислорода появлением дополнительной мембранной оболочки [Заварзин, 2004]. Именно эукариоты стали главными строительными блоками для дальнейшей эволюции жизни, а также в процессе возникновения многоклеточных организмов. На рубеже венда и рифея произошел мегаэволюционный «переворот» древней жизни, приведший к доминированию – сначала в океанах – эукариот (обзор см. [Levchenko et al., 2012]).

Выход зелёных растений на сушу в начале фанерозоя¹ состоялся благодаря возникновению у них твёрдого лигнинно-целлюлозного скелета с водопроводящими каналами. Это позволило поднять фотосинтетический аппарат над земной поверхностью, а также обеспечить обводнение организма изнутри и доставку минеральных элементов из почвы в фотосинтезирующие органы.

Кооперация специализированных биотических сообществ (фитоценозов, зооценозов и педоценозов) приводит к созданию нового автономного единства – экосистемы, объединившей продуцентов, консументов и редуцентов единым циклом метаболизма. Компоненты экосистемы получают многие ресурсы жизнеобеспечения в виде отходов жизнедеятельности партнеров без дополнительных энергетических затрат на поиск ресурсов и их использование.

Эволюция биосферы в фанерозое до начала антропоцена шла, в целом, по пути увеличения степени замкнутости круговоротов веществ и минимизации их потерь не только в масштабе локальных экосистем, но и в масштабе региональных, континентальных и глобальных комплексов биосферы. В результате создания замкнутых (и управляемых самими экосистемами) круговоротов веществ уменьшался разброс условий внутренней среды экосистем, возрастала динамическая устойчивость экосистем в пространстве и времени. Таким обра-

¹Фанерозой – геологический эон, начавшийся с кембрия около 550 млн лет назад, и продолжающийся в наше время. Характеризуется бурным развитием жизни, вышедшей на сушу.

зом, в процессе эволюции биосферы на всех уровнях её организации неоднократно происходило становление и постоянно шло усиление экологического гомеостаза – динамической устойчивости в пространстве и времени путём поддержания относительного постоянства условий внутренней среды. Эта общая тенденция «гомеостазирования» биосферы включала неизбежные и постоянные флуктуации не только под влиянием внешних абиотических (космических и земных), но и биотических факторов, таких как изменение состава атмосферы, возникновение и развитие озонового слоя, накопление в земной коре карбонатов, возрастание интенсивности фотосинтеза и др. Количество углекислоты в атмосфере до антропоцена регулировалось в биосфере «быстрым» углеродным циклом, связанным с жизнедеятельностью организмов и относительно медленными геологическими процессами (в разное время углекислота с различной интенсивностью выделяется из недр и в то же время поглощается в виде углеродсодержащих пород). У каждой геологической эпохи было своё равновесное содержание углекислоты в атмосфере и другие характерные параметры круговорота вещества [Левченко, 2011]. Изменения концентрации углекислоты в фанерозое (для более ранних эпох данные отрывочны) совпадают с изменениями климата и сменой доминирующих всё более эффективных продуцентов (рис. 1).

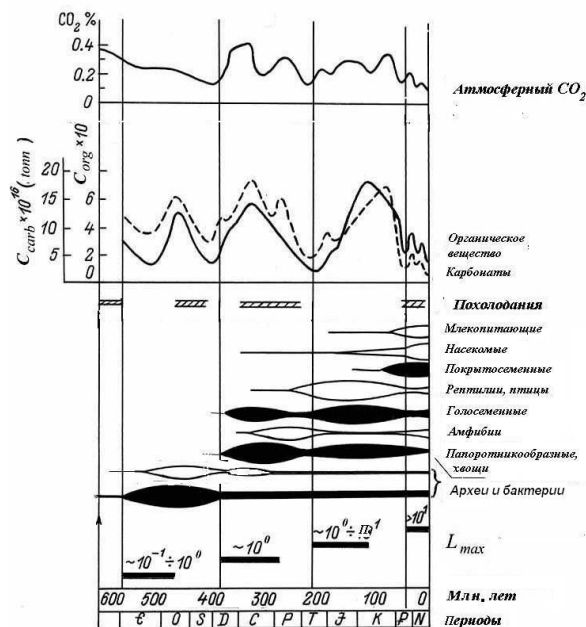


Рис.1. Некоторые черты развития биосферы в фанерозое до антропоцена: изменение температуры, концентрации атмосферного CO₂, темпов образования органики и накопления карбонатов, интенсивность фотосинтеза и развитие крупных таксонов наземных организмов. Циклы ≈ 200 млн. лет совпадают с периодом обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики (по [Левченко, 2004; Левченко, 2011]. CO₂ – по [Будько, 1984], карбонаты – по [Ронов, 1976], похолодания – по [Джон, 1982], фотосинтетический индекс (по аналогии со сходными современными экосистемами) – по [Федоров, Гильманов, 1980].

Известно, что в «устоявшихся» природных экосистемах упомянутые круговороты очень тонко настроены на конкретное сочетание сложившихся условий. Выход вещества из таких круговоротов (главным образом, в естественные геологические круговороты) компенсируется за счет внешних поступлений, в том числе из атмосферы, а также за счет приноса продуктов выветривания горных пород, метеоритных выпадений и т. п. Отметим также, что к началу антропоцена некоторые экосистемы достигли 90–99 % замкнутости круговоротов [Марчук, Кондратьев, 1992 и др.].

К антропоцену основные природные возможности создания более эффективных продуцентов (и, соответственно, продуцирующих много органики экосистем), по-видимому, были исчерпаны как на молекулярном уровне, в связи с возникновением максимально эффективных хлорофиллов, так и на уровне биогеоценозов – усложнением сообществ до практически полного перехвата солнечной энергии верхними «этажами» сложных растительных сообществ (например, в дождевых тропических лесах, где дефицит света в нижних ярусах компенсируется избытком CO₂). Впрочем, осталась возможность, связанная с малоизученным и, вероятно, весьма медленным процессом отбора более эффективных экосистем.

Возникновение человека произошло как естественный этап развития биосферы: к моменту его возникновения биосфера, по-видимому, достигла необходимой для этого сложности. Более простая биосфера неоднократно «подходила» к возникновению разума. Сначала это были попытки на морфофункциональной базе беспозвоночных (в воздушной среде – общественные насекомые, в водной – некоторые головоногие), позже – на базе позвоночных (в водной среде – некоторые китообразные, на суше – некоторые приматы). Во всех случаях до приматов, самопознание оказывалось позитивным экосистемным фактором, но возникающий первичный разум не трансформировал принципиально среду, в которой он возник, а обогащал и стабилизировал её.

Появление на планете человека кардинально изменило эволюционно-сложившиеся круговороты вещества, потоки энергии и информации в биосфере. Разум усилил физиологические возможности организма человека: в отличие от всех иных живых существ, человек стал изобретать и использовать множество инструментов и технологий, усиливающих и дополняющих возможности его тела. Это позволило человеку осваивать ресурсы, малодоступные или недоступные другим видам (включая ископаемые), и, как следствие, преодолеть препятствия для роста своей численности в виде ограниченности необходимых для этого ресурсов.

Тем не менее рост человеческой популяции неоднократно приводил к локальным кризисам (см. ниже пп. 6). Разумеется, целевой установки создания кризисов не было, было просто стремление к безопасности, жизненному комфорту и доминированию в условиях внутривидовой конкуренции. К настоящему времени освоение человеком новых ресурсов, а также избыточное использование имеющихся, привело не только к исчерпанию некоторых из них, но и к избытку отходов, что нарушило глобальный круговорот веществ и процесс саморегуляции биосферы.

Эти изменения угрожают жизнеобеспечивающим функциям биосферы (включая те, которые обеспечивают сохранение комфортного для земной жизни диапазона физико-химических условий на планете и поддержания биопродуктивности) и потому опасны и для самого человека.

3. Антропогенные изменения потоков вещества и потоков энергии в биосфере

Известно, что с функциональной точки зрения, биосферный круговорот вещества и движение потоков энергии поддерживаются благодаря возникновению в ходе эволюции Земли трофической системы продуцент (синтез сложных органических веществ из неорганических автотрофами и хемотрофами) – консумент (преобразование сложного органического «живого» вещества) – редуцент (разложение сложных органических веществ отмирающей биомассы) (рис. 2).

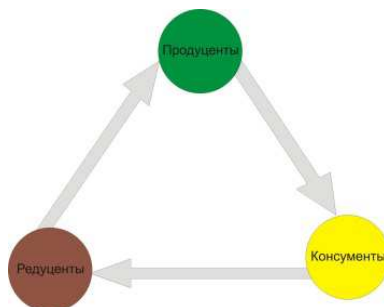


Рис. 2. Круговорот вещества в биосфере до антропоцена (по [Керженцев, 2006].
Продуценты используют для синтеза фитомассы минеральные элементы – отходы редуцентов. Фитомассу используют консументы для синтеза зоомассы. Отмершую биомассу продуцентов и консументов используют редуценты, и минеральные вещества снова попадают продуцентам.

Человек стал безоглядно трансформировать свою среду обитания, используя огонь, осуществляя окультуривание и одомашнивание растений и животных (неолитическая революция), меняя ландшафт и т. д., вплоть до высвобождения энергии атома. В результате роста численности и расширения потребностей человек «съел» значительную часть природной растительной и животной биомассы суши. При этом он на более чем трети поверхности суши нарушил нормальное функционирование экосистем: природные редуценты не могут эффективно работать в условиях изменённого антропогенным воздействием почвенного покрова, они не в состоянии утилизировать искусственную антропогенную продукцию. Фактически, человек создал новый класс вещества биосферы – *третичную продукцию* (в виде органических и неорганических отходов своей деятельности), которую не способны перерабатывать естественные редуценты. Из сказанного напрашивается очевидный вывод: для восстановления биосферного круговорота человек должен взять рециклинг третичной продукции на себя (см. ниже).

Обобщая известные данные, можно сказать, что человек, используя разум и изобретённые им технические средства, освоил те ресурсы и области пространства планеты, которые были доступны только некоторым специализированным формам организмов, а также научился использовать и те ресурсы, которые были недоступны другим видам. В результате, за последние 40–50 тыс. лет человек увеличил численность на несколько порядков и стал ведущим (вместе со своими сельскохозяйственными и домашними животными, численность которых достигает нескольких миллиардов) консументом Земли.

Кроме функции консумента человек в глобальном масштабе выполняет также и функции продуцента (посредством использования сельскохозяйственных растений). Но если деятельность человечества как продуцента, по-видимому, сопоставима с масштабами работы до-антропогенных продуцентов на освоенных территориях планеты, то деятельность человека-консумента серьёзно нарушает сложившиеся в ходе эволюции биосферы локальные и глобальные круговороты вещества и потоки энергии. Это происходит, по крайней мере, по четырём направлениям:

- снижение численностей популяций и, соответственно, массы естественных продуцентов (вырубка лесов и т. п.),
- снижение массы редуцентов (распашка и «запечатывание» почвы),
- увеличение массы консументов (рост биомассы человечества – около семи млрд человек плюс несколько млрд сельскохозяйственных и домашних животных, из которых крупного рогатого скота – около 1 млрд особей),
- использование минеральных ресурсов, ранее практически недоступных для живых организмов.

В итоге на огромных территориях и акваториях планеты оказался сломан механизм, поддерживающий естественный биотический круговорот, поскольку были резко нарушены обеспечивающие устойчивость динамические отношения между продуцентами, консументами и редуцентами (рис. 3).

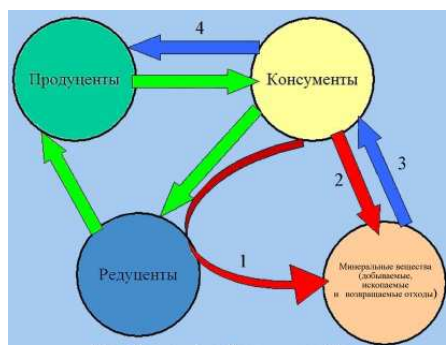


Рис. 3. Круговорот вещества в современной биосфере: зеленые стрелки – природный круговорот биомассы, 1 – «рикошет» антропогенной продукции от естественных редуцентов (связанный с неспособностью редуцентов утилизировать искусственную антропогенную продукцию), 2 – захораниваемая антропогенная продукция, 3 – добываемые ископаемые, 4 – антропогенные биофильные вещества, освобождённые из отходов в процессе рециклинга (по [Керженцев, 2006]).

Появление человека как вида, вырвавшегося из рамок биологических закономерностей, означает принципиальное изменение условий развития биосферы – над природными закономерностями (физико-химико-биологическими) постепенно начинают доминировать антропо-социальные.

Хотя открытый Вернадским [Вернадский, 1926], Леруа [Le Roy, 1927] и Тейяр де Шарденом [Тейяр де Шарден, 1987] переход к ноосфере выглядит возможным и закономерным продолжением глобальной эволюции материи, этот переход оказывается крайне болезненным для биосферы с уже обозначившимися катастрофическими последствиями не только для неё, но и для человечества.

4. Глобальный экологический кризис

Деятельность человека привела к современному *глобальному экологическому кризису*. Этот кризис биосферы определяется тысячекратно более быстрыми изменениями эволюционно сложившихся параметров круговоротов вещества, потоков энергии и информации (как суммы генетических кодов и их осуществлений) в последние полтора столетия, чем это бывало в прошлые эпохи развития биосферы.

Ниже перечислены некоторые важные и переплетающиеся между собой по проявлениям и последствиям составляющие этого кризиса.

1. Сокращение биоразнообразия.

Любой биологический вид – уникальный и неповторимый результат биологической эволюции. Происходящее сейчас под влиянием человека необратимое сокращение «суммы жизни» [Дарвин, 1991] в биосфере является одним из самых главных негативных последствий деятельности человека. Периоды сокращения биоразнообразия в прошлом растягивались на миллионы лет, сохраняя адаптационные возможности экосистем и «подстегивая» биологическую эволюцию. Сейчас происходит катастрофический обрыв множества эволюционных стволов, исчезает генетический материал, наработанный природой за миллиарды лет эволюции жизни. По расчётам, *ежедневно* исчезает порядка 100–200 видов, и в XXI веке исчезнут 50–80 % всех видов живых существ, существовавших до начала промышленной революции. Это на два порядка выше, чем во время нескольких прошлых эпох массового вымирания видов, и на три порядка выше, чем «базовый» естественный темп вымирания. Основная причина антропогенного вымирания видов – разрушение местообитаний. Так, за последние 200 лет уничтожена половина тропических лесов (на площади ≈ 8 млн км²); при сохранении современного темпа их вырубки к 2030 г. останется только 10 % тропических лесов. Вымирание видов и исчезновение популяций происходит в результате сокращения числа особей большинства видов – за последние сорок лет численность наземных животных (не одомашненных и не синантропов), по некоторым подсчетам, сократилась на 40 %, а обитателей пресноводных водоемов – на 75 %.

Сохранение биоразнообразия исключительно важно, поскольку именно популяционно-видовой уровень организации живого (через множество связей и превращений) лежит в основе биосферной организации жизни. На этом уровне происходит реализация едва ли не главного специфического свойства живого – конвариантной редупликации (воспроизведения с изменением), с последующим распространением оказавшихся более приспособленных к данным условиям особей и популяций.

2. Нарушение естественных биогеохимических циклов

В результате масштабных выбросов в атмосферу (в первую очередь – углекислоты и метана) и сбросов промышленных отходов изменились естественные биогеохимические циклы (углерода, азота и др.), нарушен круговорот воды.

Масштабы антропогенной фиксации азота из атмосферы многократно превысили уровень естественной азотфиксации растениями и микроорганизмами. Концентрация соединений фосфора в пресноводных водоемах мира увеличилась за последние 50 лет на 75 %.

В аграрных экосистемах степень замкнутости круговорота веществ составляет около 60 %. Полностью компенсировать потери 40 % вещества в таких экосистемах путем внесения минеральных (азот, фосфор, калий и др.) удобрений не удастся, и поэтому аграрные экосистемы деградируют (внесение удобрений сравнимо с благотворительной похлёбкой, которая утоляет голод, но не решает проблемы обнищания). Степень замкнутости урбанизированных экосистем (парки, зелёные зоны, городские водоемы)¹ составляет 10–40 %, поскольку листовой опад и другие растительные остатки обычно не перерабатываются самой системой, а вывозятся в виде разнообразных отходов. С биологической точки зрения, такие урбанизированные системы – кратковременные стохастические сообщества, но не экосистемы в исходном смысле понятия.

В целом, аграрные и урбанизированные экосистемы, в отличие от природных, не способны к эффективной саморегуляции, поэтому регулировать их должен человек.

Нарушение геохимических циклов происходит не только за счёт выбросов в атмосферу и сбросов в гидро- и литосферу. При сжигании угля, сланцев, нефти и газа в среду в огромных количествах поступают десятки химических элементов и соединений (включая тяжёлые металлы, углерод, азот, серу, йод). Вместе с минеральными удобрениями в среду поступает большое количество различных токсичных химических элементов (включая кадмий, мышьяк, медь, свинец, ртуть, цинк), оказывающих негативное воздействие на биоту и человека. Всё это меняет геохимический ландшафт не только на урбанизированных и сельскохозяйственных территориях, но и на соседних с ними территориях естественных экосистем. Обширные геохимические аномалии создаются при орошении и мелиорации: с поливными и дренажными водами на дневную поверхность ежегодно поступают миллионы тонн различных солей, которые резко изменяют геохимическую обстановку больших территорий [Лапенис, 2004; Глазовская, Касимов, 1989]. Обширные геохимические аномалии возникают вокруг всех территорий добывающих минеральное сырьё предприятий (хвостохранилищ, терриконов, горных отвалов).

3. Антропогенное загрязнение биосферы

Физическое антропогенное загрязнение биосферы определяется растущей плотностью электромагнитных полей (сотовая и радио-связь, телевидение, радиолокация, токи высокой и сверхвысокой частот, инфракрасное, световое и тепловое загрязнение и др.), ионизирующего излучения, а также загрязнением атмосферы взвешенными мелкими (меньше 10 мкм) пылевидными частицами и сажей. Физическим загрязнением является и замусоривание биосферы (см. ниже).

Химическое антропогенное загрязнение биосферы определяется появлением в биосфере благодаря деятельности человека несвойственных ей химических веществ или известных химических веществ в необычно большом количестве и формах. В 2011 г. в мире производилось в промышленных масштабах около 250 тыс. различных химических веществ, значительная часть которых, в конце концов, попадает в атмосферу, гидросферу и почвы. Большинство этих веществ – ксенобиотики, токсикологически не изучены, однако ясно, что безопасных для среды ксенобиотиков быть не может. Основными по массе (еже-

¹Под урбанизированными экосистемами иногда понимают также и сами города как таковые с их сложным хозяйством, перерабатывающим гигантские массы природных ресурсов в отходы.

годно десятки и сотни млн тонн) загрязняющими биосферу веществами являются оксид углерода, диоксид серы, сероводород и сероуглерод, оксиды азота, соединения фтора и хлора. Только в атмосферу ежегодно выбрасывается около 40 млрд тонн загрязняющих веществ – т. е. больше 6 тонн/чел./год (на 3–4 порядка больше природных вулканических выбросов). Концентрация CO_2 в результате антропогенных выбросов в 2013–2014 гг. достигла максимума за последние 800 тыс. лет (возможно – за 20 млн лет).

В результате деятельности человека в миллионах и сотнях тысяч тонн попадают в биосферу углеводороды, соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди. Опасны и вторичные загрязнители, такие как, например, озон, возникающий в атмосфере городов в результате фотохимических процессов с участием диоксида азота и летучих органических соединений.

Многие «глобальные» поллютанты распространяются от места их выброса по всей биосфере (ряд стойких органических загрязнителей, некоторые радионуклиды, например, криптон-85, радиоактивный йод, радиоуглерод, тритий, и др.). К ним относятся также и многие «вечные» поллютанты, существующие в опасном для живого состоянии десятилетия и даже столетия (некоторые хлорорганические пестициды, диоксины, фураны). Практически «вечными» поллютантами являются такие радионуклиды, как плутоний, америций, цезий и стронций. Из-за антропогенных выбросов радиоактивных веществ средняя фоновая радиоактивность на поверхности Земли впервые за последние сотни миллионов лет (!) стала расти (рис.4 и рис.5).

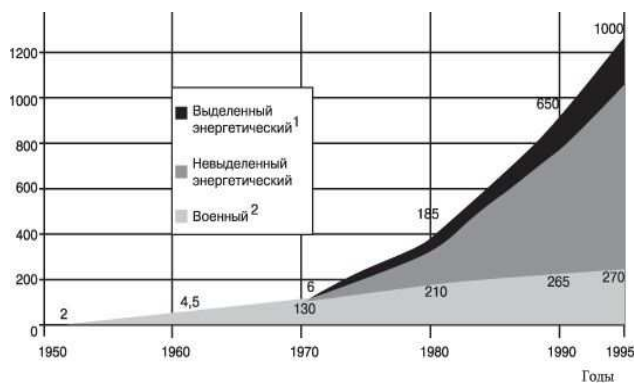


Рис. 4. Динамика накопления антропогенного плутония (тонн), 1950–1995 гг. к 2010 г. в атомных реакторах наработано около 2 000 т плутония (≈ 300 мг/чел). До начала антропоцена на планете было не более 100 кг примордиального (оставшегося от периода возникновения Земли) и радиогенного (вследствие естественного распада урана) естественного плутония (Кузнецов, 2003).

В результате загрязнений меняются природные химические свойства воды (в том числе увеличивается кислотность Мирового океана по причине поглощения им углекислого газа). Особую опасность представляет загрязнение среды пестицидами – веществами, специально вносимыми для уничтожения нежелательных видов, и оказывающими неизбежное негативное воздействие на другие виды, а также загрязнение среды веществами, нарушающими иммунитет и тератогенами – органическими соединениями, которые нарушают нормальное эмбриональное развитие. Детальные анализы обнаруживают в

крови любого человека (даже новорожденных) уловимые количества нескольких сот чуждых химических соединений.

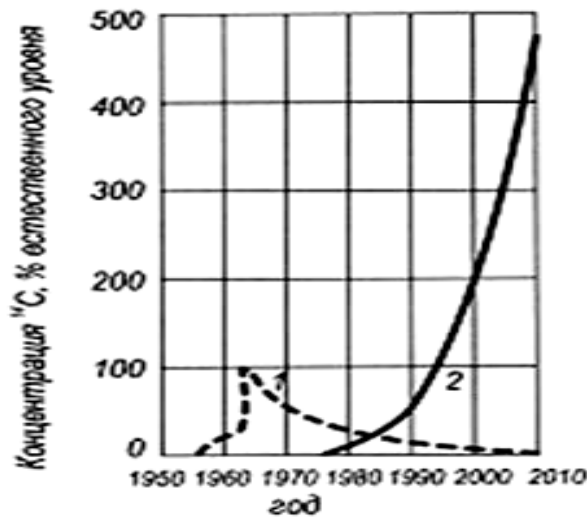


Рис. 5. Динамика роста средней концентрации радиоуглерода (C-14) в атмосфере планеты (% от естественного уровня). Пунктир — радиоуглерод от испытаний ядерного оружия, сплошная линия — радиоуглерод от работы атомной промышленности (Рублевский, Голенетский, Кырдин, 1979).

Биологическое загрязнение — загрязнение биосферы патогенными формами бактерий, грибов, вирусов и их токсинами, а также появление в экосистемах чуждых организмов в результате намеренной или случайной инвазии, а также специальной селекции диких форм.

Для снижения уровня загрязнения биосферы приняты десятки международных соглашений и тысячи национальных регламентов. Однако неуклонное увеличение масштабов загрязнения, постоянное расширение его спектра и лавинообразное увеличение числа химических продуктов с неизвестными токсикологическими свойствами свидетельствуют о неэффективности всех принятых мер контроля, порождая сомнения в принципиальной возможности его организации в биосферном масштабе. Единичные исключения (среди них: снижение выброса озонразрушающих веществ и применения ДДТ, сокращение уровня свинцового и ртутного загрязнения) лишь подчеркивают общую неспособность мирового сообщества взять под контроль непрерывно растущее загрязнение биосферы, хотя бы ограничив распространение «глобальных» и «вечных» поллютантов.

4. Антропогенное изменение лика планеты

Масштабы перемещения минеральных веществ в результате деятельности человека сопоставимы с природными (ежегодно из геосферы извлекается более 100 млрд тонн минеральных веществ — 14 тонн/год/чел., — из которых 97–98 % превращается в отходы). Из-за водной и ветровой эрозии почв перемещаются примерно такие же объемы минеральных веществ. Зарегулирован сток половины речных систем планеты. Общая площадь 60 тыс. водохранилищ мира превышает 1 млн км² (0,7 % суши). При этом ежегодно сооружается ещё

около 500 новых водохранилищ. Создание водохранилищ изменило природу прилегающих территорий на площади не менее 1,5 % территории суши.

В мире не уменьшается, а растёт количество отходов производства и потребления, захораниваемых на суше и в океане. Из минерального сырья, вовлекаемого в мировое промышленное производство (20–40 тонн/чел./ год), не менее половины (по некоторым оценкам – до 98 %), превращаются в отходы. Потребление минерального сырья растёт в мире на 3–5 % в год.

По оценкам ООН, около 30 % поверхности суши подверглись экологической деградации вследствие деятельности человека (опустынивание, обезлесивание, эрозия, запечатывание почв, использование поверхности планеты для 65 млн км автодорог, 1,5 млн км железных дорог, 30 тыс. аэропортов, 2,5 млн городов и пр.), а около 60 % экосистем суши существенно нарушены.

5. Антропогенное изменение климата и расширение пространства природно-антропогенных катастроф

Антропогенное изменение климата – одно из проявлений глобального экологического кризиса. На фоне вековых и других природных изменений климата, вырубка лесов и выбросы парниковых газов (в первую очередь, углекислого газа и метана в результате сжигания ископаемого топлива и развития животноводства) стали главными причинами глобального потепления: средняя температура воздуха у поверхности Земли увеличилась с 1750 г. на 0,7°C (рис. 6).

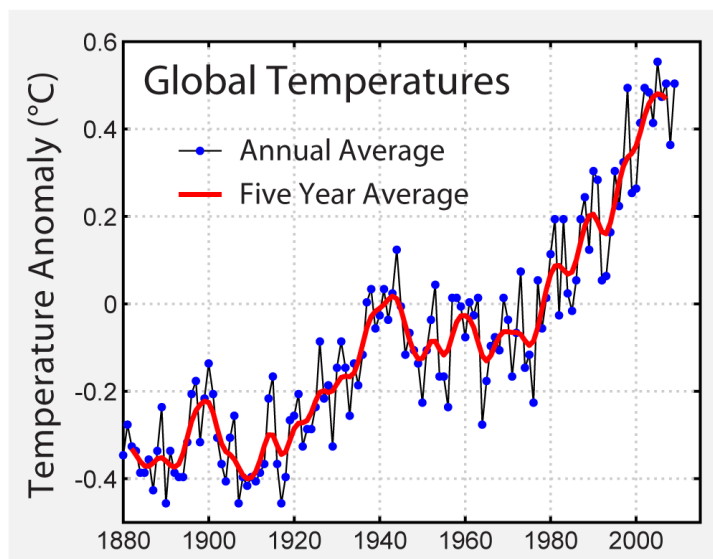


Рис. 6. Изменение средней температуры поверхности Земли в период 1880–2010 гг. (по https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5#mediaviewer/File:Instrumental_Temperature_Record.png).

Считается [ClimateChange 2014] что критическим для сохранения привычной нам биосферы станет превышение средней температуры поверхности планеты на 2°C. Пока усилия мирового сообщества по сокращению выбросов

парниковых газов оказываются недостаточно эффективными, и не исключён рост температуры к середине XXI века на 4–5°, что будет катастрофическим для цивилизации и биосферы.

Число и интенсивность разрушительных ураганов и других опасных атмосферных явлений в последние десятилетия заметно возросли. На *рис. 7* один из примеров.

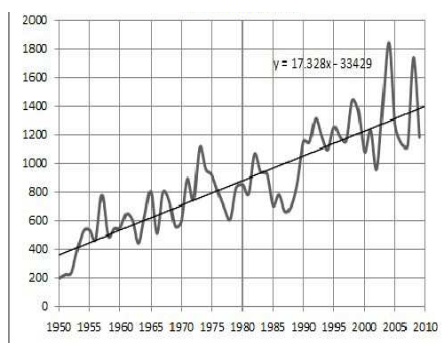


Рис.7. Число торнадо в США (по [Roper, 2013]) за последние 60 лет.

По-видимому, правы те, кто считает причиной возрастания числа опасных атмосферных явлений происходящие антропогенные изменения климата (повышение температур → увеличение испарения океана → увеличение турбулентности атмосферы). К этому надо добавить, что еще в 1984 г. был предсказан рост подобных явлений как результат увеличения электропроводности атмосферы в связи с постоянными выбросами атомной промышленностью мира больших количеств криптона-85 (*рис. 8*).

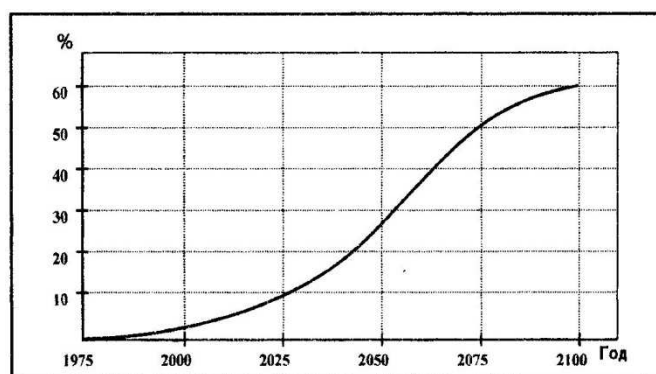


Рис. 8. Прогноз изменения электропроводности земной атмосферы в результате выбросов криптона-85 предприятиями ядерно-топливного цикла (% от уровня 1980 г. при условии дочернобыльского темпа развития атомной энергетики) [Легасов, Кузьмин, Черноплеков, 1984].

6. Разрушение экосистемы Мирового океана

Ежегодно в Мировой океан со сточными водами поступает до 320 млн. тонн соединений железа, 22 млн тонн фосфора, 2,3 млн тонн свинца, до 10 млн тонн нефтепродуктов и до 10 млн тонн пластикового мусора. В некоторых акваториях масса пластикового мусора, находящегося на поверхности и в толще

воды («мусорные поля», содержащие до 14 тыс. плавающих кусков пластикового мусора на км²), кратно выше биомассы планктона. К 2014 г. число «мёртвых зон» – акваторий с погибшим бентосом и планктоном в результате выноса токсических веществ с суши, – достигло 600, и это число растёт. Пластиковый мусор также опускается и на дно и, разрушаясь, попадает в живые организмы. На одном км² дна Сев. Атлантики находится, в среднем, около 200 пластиковых объектов. В Сев. Пацифике в каждой крупной пелагической рыбе содержится, в среднем, 2,1 пластиковых частиц размером больше 1 мм. В каждой третьей рыбе у берегов Англии обнаружены «микрошарики» (размером менее 1 мм) пластика. За последнее столетие океан потерял около 40 % фитопланктона в результате закисления, вызванного поглощением избытка углекислого газа в атмосфере. Число крупных рыб в океане сократилось на 90 %. Численность 30–40 % популяций морских промысловых рыб опасно снизилась. По расчётам, около 400 тыс. морских млекопитающих (китов, дельфинов, тюленей) гибнут ежегодно только в результате загрязнения океана пластиковым мусором. В рыболовных сетях (в вилле прилова) гибнет ежегодно ещё около 300 тыс. китов, дельфинов и тюленей.

5. Саморазрушение человечества из-за роста генетического груза

Во множестве экспериментов с лабораторными животными и растениями показано, что химические и физические факторы увеличивают частоту всех мутаций (генеративных и соматических, нейтральных, положительных и отрицательных). В естественных популяциях животных и растений возникающие под влиянием мутагенных факторов отрицательные мутации, понижающие жизнеспособность, быстро удаляются в процессе естественного отбора. При отсутствии (или малой интенсивности) естественного отбора в популяциях человека мутации, незначительно понижающие жизнеспособность, не удаляются, а накапливаются [Crow, 1997]. Есть много данных по локальному росту частоты хромосомных aberrаций в популяциях человека при химическом и радиационном загрязнении среды обитания (табл. 1).

Таблица 1. Уровень хромосомных aberrаций в крови человека [Бочков, 2003]

годы	Клеток с aberrациями, %
1971–1973	1,66 ± 0,51
1994–1996	2,49 ± 0,15

Накопление такого «генетического груза» [Holdane, 1932] в популяциях человека до последнего времени не привлекало особенного внимания с общих позиций. В отличие от того, что происходит с живой природой (утрача биоразнообразия), с человеком, казалось, всё в порядке: растёт продолжительность жизни и увеличивается численность. Но рост средней продолжительности жизни происходит за счёт лучшего питания и медицины, то есть социальной части биосоциальной сущности человека, как продукта биологической эволюции. Биологическая же часть нашей сущности должна находиться в напряжённом состоянии – из-за уровня физического и химического загрязнения нашей среды обитания. Есть основания предполагать, что резервы человеческого организма переносить антропогенное (во многом эволюционно «незнакомое»

для биологических существ) загрязнение исчерпаны, и в популяциях человека уже начался рост генетического груза.

Физические и химические факторы среды, кроме генотоксического влияния, нарушают процессы в онтогенезе. Теоретически ясное разделение эффектов изменения онтогенеза под влиянием сбоя в генетической программе (генетический груз в узком смысле слова) и эффектов прямого нарушения процессов онтогенеза токсическим влиянием среды (например, воздействием тератогенов), практически крайне сложно, если возможно вообще. Поэтому логично ввести операциональное определение генетического груза как «накопление негативных генетических и эпи-генетических изменений онтогенезов в популяциях», либо перейти к понятию «*популяционный груз*». В таком смысле популяционный груз включает как косвенное (через изменение генетических управляющих систем), так и прямое (в т. ч. токсическое) влияние физических и химических факторов окружающей среды на онтогенез.

В табл. 2 объединены наблюдения и оценки некоторых параметров репродукции человека.

Снижение среднего числа сперматозоидов у молодых людей за последние десятилетия надёжно установлено для многих стран (в последние десятилетия в США число сперматозоидов снижается на 1 % в год, в Западной Европе – на 2,5 % в год). Хотя для других, включённых в таблицу показателей, похожей статистики нет, общая динамика этих показателей за последнее столетие, совпадающая с ростом загрязнения среды, позволяет предполагать реальность существенного увеличения популяционного груза человека. Обобщая данные табл. 2 можно сказать, что популяционный груз в середине прошлого века, выраженный в репродукционных показателях, составлял 11 % погибших от числа зарегистрированных беременностей и 5 % новорождённых с врождёнными пороками развития (ВПР), в наше время он составляет, соответственно 15 % и 7 %, а к середине XXI в. он может составить, соответственно, 65 % и 40 %.

Таблица 2. Что было, есть и, вероятно, будет с репродукцией человека
[Никитин, 2005; и др.]

Показатель	Середина XX в.	Начало XXI в.	Середина XXI в. (прогноз)
Число сперматозоидов в (млн. / мл)	80–120	50–70	20–50
Спонтанные аборт (% от зарегистрированных беременностей)	~10	~15	20–30
Мертворождения	~1	~1	3–5
Живорождения (% от зарегистрированных беременностей)	~ 89	~ 84	65–77
Крупных ВПР* (% новорожденных)	~ 2	~ 3	5–10
Всех ВПР (% новорожденных)	~ 5	~ 7	30–40

* ВПР – врожденные пороки развития. Их известно несколько тысяч, но медицинской статистикой разных стран учитывается 19–26 самых крупных.

Косвенными доказательствами роста популяционного груза в популяциях человека служит и общий рост числа онкологических заболеваний и психических отклонений в человеческих популяциях. Наглядными свидетельствами роста популяционного груза под влиянием загрязнения среды могут служить также данные по тотальному ухудшению здоровья на более загрязнённых территориях по сравнению с менее загрязнёнными соседними (при сходстве социально-экономического и физико-географического окружения).

Ещё одним косвенным доказательством роста популяционного груза может рассматриваться ошибка демографов по прогнозам численности человечества. Демографы середины XX в. предсказывали, что к началу XXI в. нас будет 8–9 млрд, но оказалось шесть млрд. Это не ошибка прогноза, а цена преждевременной гибели людей от химического и радиационного загрязнения, рост влияния которого не был учтён в прогнозах ООН.

Современные демографы более осторожно прогнозируют динамику численности: по одному из вариантов прогноза ООН (который в свете изложенного выше представляется более реалистичным по сравнению с другими) во второй половине XXI в. произойдёт заметное сокращение численности людей (рис. 9).

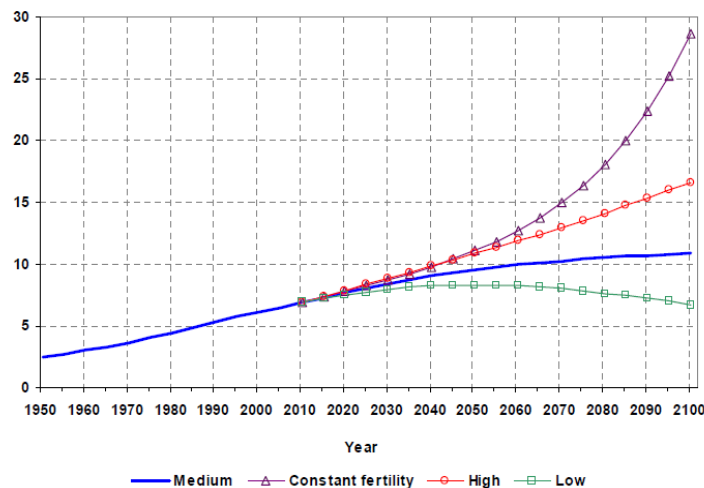


Рис. 9. Динамика численности человечества 1950–2012 гг. (млрд человек) и варианты прогноза ООН с учётом разной фертильности до 2100 г. (World, 2013).

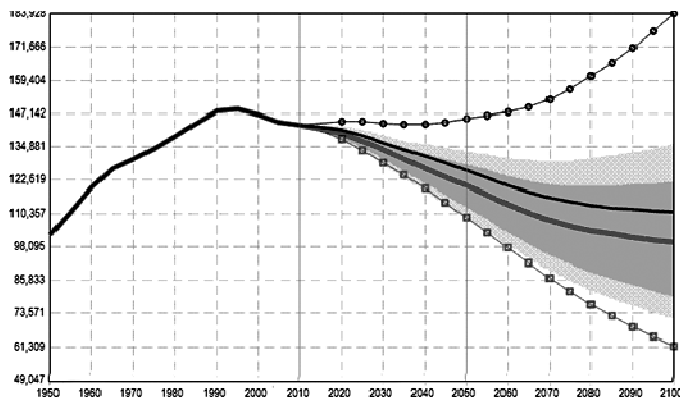


Рис. 10. Динамика численности населения Российской Федерации 1950–2012 гг. (млн человек) и варианты прогноза ООН (с учетом разной фертильности) до 2100 г. [World, 2013].

Нет сомнения, что даже этот весьма пессимистический вариант прогноза ООН в недостаточной степени учитывает уже сейчас проявляющиеся негативные тенденции в параметрах репродукции, которые должны усиливаться как под влиянием глобальных и вечных загрязнителей, так и по причине разрушения жизнеобеспечивающих систем биосферы и значительного ухудшения условий окружающей среды человека. Несколько более реалистичным, хотя и трагичным, выглядит вариант прогноза ООН для России (рис. 10).

Если кратко обрисованная выше гипотеза о росте популяционного груза человека под влиянием ухудшения условий окружающей среды справедлива, то, тогда получается, что человек сам поставил своё существование под угрозу.

6. Пути выхода из биосферного кризиса

Выживание человека на планете в течение нескольких ближайших поколений будет критически зависеть от его способностей осознать и переломить тенденции сокращения жизнеобеспечивающих систем биосферы и роста популяционного груза.

В прошлом человек преодолевал возникавшие локальные экологические кризисы, изменяя существующие и создавая новые способы получения необходимых ресурсов. В истории человечества был, по крайней мере, один глобальный (в масштабах тогдашней Ойкумены) кризис, когда численно растущее население съело большинство доступных для добычи и охоты пищевых ресурсов, что привело к гибели плейстоценовой мегафауны. Фактически, это событие было растянуто во времени, представляя собой множество локальных кризисов, где каждое племя съело или распугало в своём ареале крупных животных, которые сохранились в итоге в недоступных человеку регионах. Выход был найден переходом от промысла к хозяйствованию. Этот переход был назван «неолитической революцией» [Childe, 1936], и заключался в распространении новых способов получения необходимых ресурсов с использованием земледелия и животноводства на основе искусственного отбора. Племена, не сумевшие перестроиться, видимо, вымерли. Позднее произошёл региональный кризис Ближнего Востока в связи с упадком орошаемого земледелия вследствие вторичного засоления и заболачивания орошаемых почв. Этот кризис завершился освоением богарного земледелия и массовым заселением Европы. Найденный выход из каждого кризиса вначале увеличивал лимит численности популяции, но затем приводил к новому кризису [Гумилев, 1990].

Однако, если в случае локальных кризисов у человека была возможность искать и находить более подходящие для своего существования условия, например, перемещаясь на другие территории, то в случае глобального кризиса такая возможность практически отсутствует, особенно, если учесть огромную численность современной человеческой популяции, уже занявшей почти все доступные места на планете. Глобальный кризис характеризуется чрезвычайно быстрой деградацией жизнеобеспечивающих механизмов биосферы, что уже сейчас в некоторых регионах приводит к падению производства биопродукции, в т. ч. сельскохозяйственной. Например, по данным ФАО, мировые потери почвенных ресурсов вследствие их отчуждения, загрязнения и деградации достигли 20 млн га в год. При таких темпах через 50 лет потери составят 1 млрд га при наличии в современном сельском хозяйстве 1,5 млрд га. Уже только из этого следует, что оптимистический прогноз об удвоении населения планеты через 50 лет не сбудется по причине недостатка пищи.

Тенденции получения от природы как можно большего количества ресурсов сохранились до сих пор, и это указывает на то, что в основе парадигмы современного развития цивилизации лежит парадигма неолитической культуры, которая, в сущности, и привела к глобальному экологическому кризису. Для выхода из него человеку придется кардинально менять образ жизни и отношение к природе.

В преддверии неизбежных качественных изменений функционирования биосферы и её отдельных компонентов перед человеком вырисовываются два пути:

- либо жить по принципу «живём один раз» и «пусть будет, что будет» (психологической основой такой философии является нежелание платить за нанесённый биосфере ущерб и вкладывать средства в профилактику дальнейших негативных воздействий на нее; научнообразные вариации такой философии – модные в последние годы разговоры с общим брендом «устойчивое развитие», под которым разные авторы обсуждают порой совершенно различные проблемы, чаще всего локального характера);
- либо, заботясь о природе и потомках, что-то целенаправленно предпринимать, чтобы смягчить последствия недостаточно контролируемого развития цивилизации и не допустить дальнейшего ухудшения биосферной ситуации.

К действию по второму направлению призывают практически все крупные ученые, этому посвящено множество аналитических разработок, начиная со знаменитых «Пределов роста» [Medows et al., 1972], и кончая Пятым докладом Международной группы экспертов ООН по изменению климата [Climate Change 2014]. Но любые призывы к активным действиям против антропогенного ухудшения состояния биосферы логически ведут к необходимости отказа от расслабляющих, направленных на решение сиюминутных задач, версий концепции «устойчивого развития» [Our common future, 1987]. По сути, в сложившейся ситуации требуется разработка какой-то другой, более общей организующей и направляющей концепции, в рамках которой неуправляемый рост потребления материальных ресурсов уже невозможен.

Таким новым подходом могла бы стать концепция «кризисного управления» биосферой. Мы полагаем, что сохранение и поддержание жизнеобеспечивающих функций биосферы возможно лишь при восстановлении эволюционно-сложившегося к началу антропоцена биосферного круговорота веществ, определяющего приемлемый для человека, как биологического существа, диапазон изменений физико-химических параметров среды обитания.

Ради собственного спасения, человек должен сохранить тот минимальный объём естественных экосистем, который гарантирует сохранение жизнеобеспечивающих качеств биосферы (поддержание приемлемого качественного состава атмосферы, гидросферы и педосферы).

Минимально-необходимые размеры этого «неприкосновенного запаса», его распределение по планете и другие особенности этих жизнеобеспечивающих природных пространств предстоит ещё выяснить. Но уже сейчас очевидно, что для поддержания жизни на планете недостаточно работы экосистем существующей глобальной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ – разного рода заказников, заповедников, национальных и природных парков), занимающих пока около 12 % суши и 0,7 % океана. Это, по-видимому, в два – три раза меньше необходимого для сохранения всей биосферы в «рабочем»

состоянии. Показательно, что антропогенные «мёртвые зоны» (см. выше) в Мировом океане сейчас занимают большие площади, чем все охраняемые акватории. Надо учесть и непрерывную деградацию самих ООПТ в силу неизбежного загрязнения их глобальными и вечными поллютантами. Так что, в случае дальнейшей глобальной деградации среды, ООПТ будут деградировать и перестанут выполнять свои жизнеподдерживающие функции.

Обычно прогнозы антропогенных изменений здоровья человека и биосферы исходят из молчаливо принимаемого положения, что эти изменения будут плавными. Однако это далеко не очевидное предположение, особенно учитывая работы по теории систем, в которых обсуждаются скачкообразные изменения свойств сложных систем с обратными связями в случае воздействий, интенсивность которых превышает некоторый критический порог. Предпринимались попытки приложить эти идеи и к биологическим объектам [Жирмунский, Кузьмин, Яблоков, 1981 и мн. др.], что вызвало множество споров. Не вдаваясь в детали, отметим, что сложная самосохраняющаяся саморегулирующаяся система может функционировать лишь в ограниченном диапазоне условий, выход за пределы которого ведет либо к её гибели, либо к перестройке, обычно сопровождаемой упрощением [Реймерс, Яблоков, 1982]. С этой точки зрения скачкообразное, сравнительно быстрое, качественное изменение условий на планете (в сочетании с иными, в т. ч. демографическими изменениями) вследствие глобального экологического кризиса выглядит вполне вероятным событием.

Попытаемся теперь, основываясь на изложенном, эскизно описать основные положения предлагаемого нами подхода.

Для сохранения сложившихся и привычных для людей природных условий на большей части планеты требуются принципиально новые подходы, новая философия и этика взаимоотношений человека и «дикой» природы (см. напр., [Каттон, 2006]). Антропоцентрическое представление о биосфере только как о «вместилище жизни» и неисчерпаемом ресурсе – упрощённое и недостаточное. Биосфера – суверенная единица жизни, объединяющая всё живое, включая человека, в единую сеть – «паутину жизни» [Капра, 2002]. Эта паутина, физически существующая на планете в виде косного (неживого), биокосного (океан, почва, атмосфера) и живого вещества, порождает «биосоциальное вещество», которое могло бы стать «сферой разума» – ноосферой [Вернадский, 1926; Le Roy, 1927; Тейяр де Шарден, 1987].

Для восстановления планетарного баланса в системе «продуцент–консумент–редуцент», как отдельных частей, так и всей биосферы, человеку в настоящее время необходимо научиться выполнять в первую очередь функцию редуцента с целью очистки планеты от огромного количества отходов своей деятельности. Для этого он должен научиться преобразовывать отходы в простейшие соединения, доступные для использования другими живыми организмами. Необходим рециклинг антропогенной продукции для возвращения в биосферный круговорот изъятых из него веществ.

Человеку следует также расширить производство первичного органического вещества – усилить свою роль продуцента – рис. 11. В настоящее время человечество использует избыточное количество биоресурсов, минеральных ресурсов и энергии только потому, что человек не ушел от парадигм неолитического времени и относится к биосфере исключительно как к неисчерпаемому источнику благ для собственного развития, но не как к жизнеобеспечивающей и суверенной единице жизни.

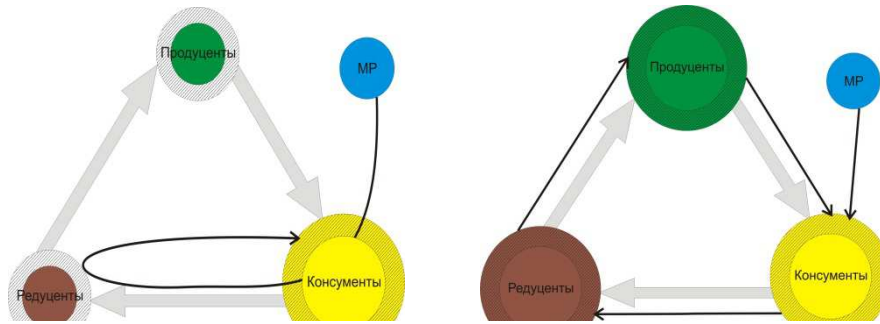


Рис. 11. Круговорот вещества в биосфере с природными и антропогенными потоками вещества (два ряда стрелок). Антропогенный рециклинг высвобождает биофильные вещества для искусственного повышения массы продуцентов, а вещества, не нужные продуцентам и недоступные редуцентам (шлаки), отправляет в литосферу – в цикл «большого» геологического круговорота.

Если человек будет более широко выполнять в биосфере не только функции консумента (что он в основном сейчас и делает), но и две другие базовые экологические функции – редуцента и продуцента, он из стихийного потребителя превратится в разумного участника, а со временем – в «мозг» биосферы. Если ему это удастся, он сможет ослабить ресурсно-потребительское давление на неё, ослабить им же созданное в ней напряжение (см. раздел о глобальном экологическом кризисе выше) и облегчить переход к ноосфере.

Схематически обозначенный выше подход может быть положен в основу концепции «кризисного управления эволюцией биосферы». Эта концепция, по-видимому, сможет преодолеть методологическую несостоятельность ряда версий концепции «устойчивого развития», в рамках которых биосфера, как единица жизни, вообще не рассматривается [Левченко, 2011].

Для реализации этого подхода необходима работа (принципиально осуществимая уже при современном уровне знаний) по формулировке системы постулатов, конкретизирующих пути ремонта и воссоздания нарушенных человеком природных экосистем на локальном, региональном и глобальном уровнях [Yablokov, Ostroumov, 1991 и мн. др.], а также расширенное обоснование практических действий по восстановлению динамического равновесия биосферы и её экологического гомеостаза.

Концепция «кризисного управления эволюцией биосферы» базируется на совокупности научных представлений и понятий, обосновывающих возможность осуществления человеком всех трёх базовых экологических функций живого – продуцент, консумент, редуцент, – соотношение между которыми было нарушено вследствие стихийного развития цивилизации на основе парадигм, характерных для неолитической культуры. Наш подход к дальнейшему развитию человечества, как нетрудно видеть, принципиально отличается от неолитической парадигмы, поскольку подразумевает осознанное участие человека в судьбе всей земной жизни. Мы назвали это парадигмой *управляемой эволюции биосферы*. Эта парадигма представляется развитием идей В.И. Вернадского о переходе от биосферы к ноосфере.

Понятие «управляемая эволюция» было введено Н.И. Вавиловым по отношению к созданию человеком культурных растений [Вавилов, 1926] и логично может быть расширено до управления эволюцией всей биосферы. Не

исключено, что парадигма управляемой эволюции может стать ведущей парадигмой развития человечества на обозримое будущее. С другой стороны, эту парадигму можно рассматривать как альтернативное продолжение концепции, названной «человек и биосфера», которая была сформулирована в конце 50-х – начале 60-х гг. и послужила идеологической основой для создания концепции «устойчивого развития».

Дальнейшая разработка с детализацией отдельных положений концепции и парадигмы управляемой эволюции биосферы потребует участия специалистов практически всех научных дисциплин. Среди отдельных направлений такой работы видятся, в частности, следующие (не в порядке важности):

- создание полуприродных высокопродуктивных экосистем;
- создание новых форм живых организмов (например, более эффективных редуцентов, способных перерабатывать стойкие хлорорганические соединения типа ДДТ, ПХБ и другие);
- создание технологий, полностью исключаящих случайное распространение искусственно созданных биологических форм (например, включением в их геном специальных «генов смерти»);
- переход от монокультур к поликультурам в сельском хозяйстве;
- переход от промысла к хозяйствованию по отношению ко всем добываемым (промышленным) живым природным ресурсам;
- отказ от «борьбы» с нежелательными видами в пользу «управления» их численностью (и, соответственно, сокращение объёмов ксенобиотиков, направленно вносимых для этой борьбы в окружающую среду);
- создание эффективных технологий, позволяющих ограничивать проникновение в экосистемы нежелательных вселенцев;
- существенное расширение спектра окультуренных и одомашненных видов растений и животных;
- надёжная изоляция «вечных» поллютантов (например, решение проблемы захоронения высокоактивных радиоактивных отходов);
- защита генофонда человека и других живых существ от генотоксических веществ;
- спасение биоразнообразия;
- разработка новых материалов для быта, транспорта, промышленности на основе органических веществ, которые могут быть утилизированы естественными или специально созданными редуцентами;
- постепенный отказ от широкого использования металлов и энергозатратной металлургии;
- снижение энергопотребления за счет использования более экономичных технологий;
- дизайн¹ антропосферы – создание эстетически приемлемых и функционально-удобных антропогенных ландшафтов.

Всё перечисленное потребует огромных, но окупаемых в будущем финансовых затрат.

В парадигме управляемой эволюции биосферы человек является и главным объектом, и субъектом управления. Он должен ремонтировать нарушен-

¹Дизайн в широком смысле – это создание красивых и функционально-удобных форм искусственных компонентов среды человека, рассматриваемых в единстве с их пользователями. К ним, в частности, относятся одежды, жилища, рукотворный ландшафт, оружие, инструменты и иные технические приспособления.

ные им же экосистемы и разрабатывать технологии, способствующие осуществлению жизнеобеспечивающих функций биосферы. Когда человек научится управлять биосферой, то он превратится в Человека, а биосфера станет ноосферой. Окажется ли этот путь реализованным в ходе эволюции биосферы, или же эволюция пойдет по пути самоосвобождения биосферы от человечества [Lovelock, 1991], как «ошибочного зигзага» глобальной эволюции, зависит в немалой степени от глубины осознания масштабов и последствий нарушения человеком естественных биосферных процессов, и способности предпринимать коллективные усилия в области кризисного управления развитием биосферы.

7. Заключение

Концепция перехода к кризисному управлению развитием биосферы может рассматриваться как логическое развитие концепции перехода к ноосфере. Пока, к сожалению, предпосылок того, что этот путь будет реализованным, меньше, чем предпосылок для слабо контролируемого развития по модели «бизнес как обычно». Рост популяционного груза человека как «зарвавшегося» вида-монополиста показывает, что биосфера вполне может избавиться от него, как «ошибочного» зигзага эволюции. Основываясь на вышеизложенном, можно предположить, что к 80-м гг. XXI в. (три поколения – социо-биологически оправданный масштаб «заглядывания» в будущее) рождение здорового ребенка будет редкостью.

Восстановление динамического равновесия биосферы, нарушенного деятельностью человека возможно только в том случае, если на этом сконцентрировать интеллектуальную и технологическую мощь всего человечества. Пока же человек в биосфере ведёт себя по модели «лягушки в теплой воде»¹.

Сумеет ли Человек создать гармоничную социально-экологическую систему глобального масштаба – ноосферу и научится ли поддерживать её динамическое равновесие? Сможет ли изменить философию и образ жизни и избавиться от синдрома «покорителя природы»? С теоретической точки зрения это возможно. Но с социально-политической точки зрения это маловероятно без какого-то катастрофического посыла, ведь до последнего времени узко понимаемые задачи обеспечения «национальной безопасности» всегда оказывались выше общечеловеческих.



Литература

- Бочков, 2003 – Бочков Н.П. Экологическая генетика человека // Экологическая генетика – 2003. – Том I (0). – С. 16–21.
- Будько, 1984 – Будько М.И. Эволюция биосферы. –Л.: Гидрометеоиздат, 1984. –488 с.
- Вавилов, 1926 – Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений //Тр. по прикл. ботан. и селекции. – 1926. – том 16. – № 2. –248 с.
- Вернадский, 1926 – Вернадский В.И. Биосфера. Ч. 1–2. –Л.: Научхимтехиздат, 1926. – 146 с.
- Вернадский, 1927 – Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. –М.: Наука, 1989. –261 с.

¹ Модель «лягушки в теплой воде»: если опустить лягушку в таз с горячей водой, то она может, обожженная, рывком выпрыгнуть из таза. Но если лягушку опустить в таз с холодной водой и нагревать постепенно, она замечает опасность слишком поздно, когда у нее уже нет сил, чтобы выпрыгнуть.

- Глазовская, Касимов, 1989 –Глазовская М.А., Касимов Н.С. (ред).* Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды. –М.: Наука, 1989. –264 с.
- Гумилев, 1990 – Гумилев Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. –Л.: Гидрометеиздат, 1990. –526 с.
- Дарвин, 1991 –Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора. – Л.: Наука, 1991. –540 с.
- Джон, 1982 – Джон Б. (ред.).* Зимы нашей планеты. –М.: Мир, 1982. –289 с.
- Жирмунский, Кузьмин, Яблоков, 1981 –Жирмунский А.В., Кузьмин В.И., Яблоков А.В.* Критические уровни развития популяционных систем // Журн. общ. биол. – 1981. – Том XLII. – № 1. – С. 19–37.
- Заварзин, 2004 – Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. –М.: Наука, 2004. –348 с.
- Капра, 2002 – Капра Ф. (Capra F., 1996).* Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем. –М.: Гелиос, 2002. –336 с.
- Каттон, 2006 – Каттон У.Р.* Конец техноутопии. Исследование экологических причин коллапса западной цивилизации. –К.: ЭкоПраво, 2006. –256 с.
- Керженцев, 2006 – Керженцев А.С.* Функциональная экология. –М.: Наука, 2006. –259 с.
- Кузнецов, 2003 –Кузнецов В.М.* Ядерная опасность. – М.:ЭПИцентр, 2003. –462 с.
- Лапенис, 2004 – Лапенис А.Г.* Принцип биогеохимической селекции организмов // Рассеянные элементы в бореальных лесах. –М.: Наука, 2004. –С. 293–300.
- Левченко, 2004 –Левченко В.Ф.* Эволюция биосферы до и после происхождения человека. –СПб.: Наука, 2004. –168 с.
- Левченко, 2011 –Левченко В.Ф.* Три этапа эволюции жизни на Земле. –Lamberet Academic Publishing, Germany, 2011. – 184 с.
- Легасов, Кузьмин, Черноплеков, 1984 –Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплеков А.Н.* Влияние энергетики на климат // Изв. АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана. – 1984. –Том 20. – № 11. –С. 1089–1103.
- Маргулис, 1983 –Маргулис Л.* Роль симбиоза в эволюции клетки. –М.: Мир, 1983. – 352 с.
- Марчук, Кондратьев, 1992 – Марчук Г.И., Кондратьев К.Я.* Приоритеты глобальной экологии. –М.: Наука, 1992. –264 с.
- Никитин, 2005 – Никитин А.И.* Вредные факторы среды и репродуктивная система человека. Ответственность перед будущими поколениями. –СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2005. –214 с.
- Реймерс, Яблоков, 1982 – Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы: справочное издание. –М.: Наука, 1982. –145 с.
- Ронов, 1976 –Ронов А.Б.* Вулканизм, карбонатакопление, жизнь // Геохимия. – 1976. – Том 8. –С. 1252–1277.
- Рублевский, Голенетский, Кьрдин, 1979 –Рублевский В.П., Голенетский С.П., Кьрдин Г.С.* Радиоактивный углерод в биосфере. –М.:Атомиздат, 1979. –150 с.
- Сукачѳ, 1964 –Сукачѳ В.Н.* Биогеоценоз как выражение взаимодействия живой и неживой природы на поверхности Земли: соотношение понятий «биогеоценоз», «экосистема», «географический ландшафт» и «фация»// Основы лесной биогеоценологии/ ред. Сукачев В.Н., Дылис Н.В. –М.: Наука, 1964. – С. 5–49.
- Тейяр де Шарден, 1987 – ТейярдеШарденП.* Феномен человека. –М.: Наука, 1987. –242 с.
- Федоров, Гильманов, 1980 –Федоров В.Д., Гильманов Т.Г.* Экология. –М.:Изд-во Моск. ун-та, 1980. –464 с.
- Яблоков, Левченко, Керженцев, 2014 –Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С.* Переход к управляемой эволюции биосферы // Наука в России. – 2014. – № 4. – С. 48–54
- Childe, 1936 – Childe G.* Man Makes Himself. – N.Y. OxfordUniversitypress, 1936. –244 p.
- ClimateChange 2014 – ClimateChange 2014: Impacts, AdaptationandVulnerability // IPCC, 2014 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_syr_headlines_en.pdf.

-
- Crow*, 1997 – *Crow J.F.* The high spontaneous mutation rate: Is it a health risk? // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1997. Vol. 94. – pp. 8380–8386.
- Holdane*, 1932 – *Haldane J.B.S.* The Causes of Evolution. – Longmans, Green & Co., L., 1932. – 222 p.
- Le Roy*, 1927 – *Le Roy E.* L'exigence idealiste et le fait d'evolution. – Paris, 1927.
- Levchenko et al.*, 2012 – *Levchenko V.F.*, *Kazansky A.B.*, *Sabirov M.A.*, *Semenova E.M.* Early Biosphere: Origin and Evolution // *The Biosphere* / N. Ishwaran (Ed.). – InTech, 2012. – Pp. 1–32 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.intechopen.com/books/the-biosphere/early-biosphere-origin-and-evolution>
- Lovelock*, 1991 – *Lovelock J.E.* Gaia: The practical science of planetary medicine. – Gaia book Lmd, 1991. – 192 p.
- Meadows et al.*, 1972 – *Meadows D.H.*, *Meadows D.L.*, *Rangers J.*, *Behrens W.W.* III. Limits to Growth. – N.Y. Universe Books, 1972. – 205 p.
- Our common future, 1987 – Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development. – Oxford Univ. Press. 1987. – 416 p.
- Roper*, 2013 – *Roper L.D.* Extreme weather: tornadoes [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.roperld.com/science/extremeweather-tornadoes.htm> (as seen December 19, 2014).
- World, 2013 – World Population Prospects: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables. – UN DESA, Population Division, Working Paper, 2013. No. ESA/P/WP.227 [Electronic resource]. – Mode of access: http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_%20KEY%20FINDINGS.pdf
- Yablokov, Ostroumov*, 1991 – *Yablokov A.V.*, *Ostroumov S.A.* Conservation of Living Nature and Resources: Problems, Trends and Prospects. – Berlin, Springer Verl., 1991. – 271 p.



References

- Bochkov N.P.* Ekologicheskaya genetika cheloveka [The ecological genetics of human] // *Ekol. genet.* – 2003. – tom I (0). – Pp. 16–21.
- Budyko M.I.* Evolyutsiya biosfery [The Biosphere Evolution]. – Leningrad, 1984.
- Vavilov N.I.* Tsentry proishozhdeniya kul'turnyh rasteniy [The centres of cultivated plants origin] // *Tr. po prikl. botan. i selektsii.* – 1926. – Vol. 16. – № 2.
- Vernadskiy V.I.* Biosfera [The Biosphere]. Ch. 1–2. – Leningrad, 1926.
- Vernadskiy V.I.* Biosfera i noosfera [The Biosphere and the Noosphere]. – Moscow, 1989.
- Glazovskaya M.A.*, *Kasimov N.S.* (red). Landshaftno-geohimicheskie osnovy fonovogo monitoringa prirodnoy sredy [The landscape-geochemical basis for background monitoring of natural environment]. – Moscow, 1989.
- Gumilev L.N.* Etnogenez i biosfera Zemli [The ethnogenesis and Earth biosphere]. – Leningrad, 1990.
- Darvin Ch.* Proishozhdenie vidov putem estestvennogo otbora [The Origin of Species by Means of Natural Selection]. Leningrad, 1991.
- Jonh B.* (ed.). [Our planet winters] *Zimy nashey planety.* – Moscow, 1982.
- Zhirmunskiy A.V.*, *Kuz'min V.I.*, *Yablokov A.V.* Kriticheskie urovni razvitiya populyatsionnyh sistem [The critical levels of population systems evolution] // *Zhurn. obsch. biol.* – 1981. – Vol. XLII. – № 1. – Pp. 19–37.
- Zavarzin G.A.* Lektsii po prirodovedcheskoy mikrobiologii [The nature studies microbiology lectures]. – Moscow, 2004.
- Kapra F.* Pautina zhizni. Novoe nauchnoe ponimanie zhivyh sistem [The spiderweb of life. The new scientific comprehension of living systems]. – Moscow, 2002.
- Katton U.R.* Konets tehnoutopii. Issledovanie ekologicheskikh prichin kollapsa zapadnoy tsivilizatsii [The end of Technoutopia. The research of ecological reasons of Western Civilization collapse]. – Kiev, 2006.
- Kerzhentsev A.S.* Funktsional'naya ekologiya [The functional ecology]. – Moscow, 2006.
- Kuznetsov V.M.* Yadernaya opasnost' [The nuclear danger]. – Moscow, 2003.

- Lapenis A.G.* Printsip biogeohimicheskoy selektsii organizmov [The Principle of biogeochemical selection of organisms] In: Rasseyyannye elementy v boreal'nyh lesah [Scattered elements in the boreal woods]. – Moscow, 2004.
- Levchenko V.F.* Evolyutsiya biosfery do i posle proishozhdeniya cheloveka [The Evolution of Biosphere before and after Human origin]. – Saint Petersburg, 2004.
- Levchenko V.F.* Tri etapa evolyutsii zhizni na Zemle [Three stages of human evolution on the Earth]. – Lambert Academic Publishing, Germany, 2011.
- Legasov V.A., Kuz'min I.I., Chernoplekov A.N.* Vliyanie energetiki na klimat [The influence of energetics on climate] // Izv. AN SSSR, ser. «Fizika atmosfery i okeana». – 1984. – Vol. 20. – № 11. – Pp. 1089–1103.
- Margulis L.* Rol' simbioza v evolyutsii kletki [The role of symbiosis at cell evolution]. – Moscow, 1983.
- Marchuk G.I., Kondrat'ev K.Ya.* Prioritety global'noy ekologii [The priorities of global ecology]. – Moscow, 1992.
- Nikitin A.I.* Vrednye faktory sredy i reproduktivnaya sistema cheloveka. Otvetstvennost' perez buduschimi pokoleniyami [The pestiferous factors of environment and reproductive system of human. The responsibility towards future generations]. – Saint Petersburg, 2005.
- Reymers N.F., Yablokov A.V.* Slovar' terminov i ponyatiy, svyazannyh s ohranoy zhivoy prirody: spravochnoe izdanie [The dictionary of terms and notions concerned with wildlife protection: reference book]. – Moscow, 1982.
- Ronov A.B.* Vulkanizm, karbonatnakoplenie, zhizn' [The volcanicity, accumulation of carbonates, life] // Geohimiya, 1976, vol. 8. – pp. 1252–1277.
- Rublevskiy V.P., Golenetskiy S.P., Kyrdin G.S.* Radioaktivnyy uglerod v biosfere [The radioactive carbon at biosphere]. – Moscow, 1979.
- Sukachev V.N.* Biogeotsenoz kak vyrazhenie vzaimodeystviya zhivoy i nezshivoy prirody na poverhnosti Zemli: sootnoshenie ponyatiy «biogeotsenoz», «ekosistema», «geograficheskiy landshaft» i «fatsiya» [Biogeocenose as expression of non-living and living natures interoperation at the Earth surface: correlation of «biogeocenose», «ecosystem», «geographic landscape» and «facie» notions]. In: Osnovy lesnoy biogeotsenologii / ed. Sukachev V.N., Dylis N.V. – Moscow, 1979.
- Teilhard de Chardin P.* Fenomen cheloveka [The Phenomenon of Man]. – Moscow, 1987.
- Fedorov V.D., Gil'manov T.G.* Ekologiya [The Ecology]. – Moscow, 1980.
- Yablokov A.V., Levchenko V.F., Kerzhentsev A.S.* Perehod k upravlyaemoy evolyutsii biosfery [Transition to Controlled Evolution of the Biosphere] // Nauka v Rossii [Science in Russia]. – 2014. – № 4. – Pp. 48–54.
- Childe G.* Man Makes Himself. – N.Y. Oxford University press, 1936.
- Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability // IPCC, 2014 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/ar5_syr_headlines_en.pdf.
- Crow J.F.* The high spontaneous mutation rate: Is it a health risk? // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1997. Vol. 94. –pp. 8380–8386.
- Haldane J.B.S.* The Causes of Evolution. – Longmans, Green & Co., L., 1932.
- Le Roy E.* L'exigence idealiste et le fait d'evolution. – Paris, 1927.
- Levchenko V.F., Kazansky A.B., Sabirov M.A., Semenova E.M.* Early Biosphere: Origin and Evolution // The Biosphere / N. Ishwaran (Ed.). – InTech, 2012. – Pp. 1–32 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.intechopen.com/books/the-biosphere/early-biosphere-origin-and-evolution>
- Lovelock J.E.* Gaia: The practical science of planetary medicine. – Gaia book Lmd, 1991.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Rangers J., Behrens W.W.* III. Limits to Growth. – N.Y. Universe Books, 1972.
- Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development. – Oxford Univ. Press. 1987. – 416 p.
- Roper L.D.* Extreme weather: tornadoes [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.roperld.com/science/extremeweather-tornadoes.htm> (as seen December 19, 2014).

World Population Prospects: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables. –UN DESA, Population Division, Working Paper, 2013. No. ESA/P/WP.227 [Electronic resource]. – Mode of access:
http://esa.un.org/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_%20KEY%20FINDINGS.pdf
Yablokov A.V., Ostroumov S.A. Conservation of Living Nature and Resources: Problems, Trends and Prospects. –Berlin, Springer Verl., 1991.

